



Piano Operativo Comune di Carrara

Aggiornamento del quadro conoscitivo geologico
del Piano Strutturale ai sensi del DPGR 53/R del 25/10/2011

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Nicoletta Migliorini

GARANTE DELL'INFORMAZIONE E DELLA PARTECIPAZIONE

Giovanni Iozzi

Il nuovo scenario di pericolosità geologica e sismica del Comune di Carrara

RELAZIONE TECNICA

URBANISTICA

Roberto Vezzosi - Capogruppo

Riccardo Luca Breschi

Fabio Nardini

Stefania Rizzotti

Luca Gherardi

Andrea Giraldi

Martina Romeo

Massimo Tofanelli

GEOLOGIA

Andrea Piccinini

Alberto Tomei

IDRAULICA

Andrea Benvenuti

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA

Antonella Grazzini

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO GEOMORFOLOGICO.....	4
2.1	CARTA GEOMORFOLOGICA.....	8
2.1.1	Caratteristiche morfologiche generali.....	8
2.1.2	Elementi geologici.....	14
2.1.3	Analisi delle forme e dei depositi quaternari.....	15
3.	PERICOLOSITA' GEOLOGICA	39
3.1	Quadro normativo di riferimento per la pericolosità geologica ed indirizzi tecnici per la valutazione degli aspetti geomorfologici	40
3.1.1	Pericolosità geologica secondo il 53/R.....	40
3.1.2	Pericolosità geomorfologica secondo il PAI	43
3.2	Pericolosità geologica del Piano Strutturale del Comune di Carrara aggiornato secondo il 53/R	45
3.2.1	Metodologia utilizzata per la definizione della pericolosità geologica del territorio comunale.....	46
3.2.1.1.	Definizione delle classi di pericolosità geologica.....	48
3.2.1.2.	Definizione dei criteri previsionali.....	54
3.2.1.3.	Definizione dei criteri cartografici utilizzati per la delimitazione delle aree a diversa pericolosità geologica.....	55
3.3.	Coerenza e rapporto di corrispondenza tra le classi di pericolosità geologica del DPGR.53/R e quelle di pericolosità geomorfologica del PAI Toscana Nord e del PAI Fiume Magra.....	65
3.4	Distribuzione della pericolosità geologica su scala comunale	65
4.	PERICOLOSITA' SISMICA.....	66

CARTOGRAFIA FUORI TESTO:

CARTA GEOMORFOLOGICA DELL'INTERO TERRITORIO COMUNALE:

7 tavole - Tav.1 gm/Tav.7 gm (scala 1:5.000);

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DELL'INTERO TERRITORIO COMUNALE:

7 tavole - Tav.1 pg/Tav.7 pg (scala 1:5.000);

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA - TAVOLA DI SINTESI:

1 tavola (scala 1:15.000);

CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

4 tavole - Tav1.ps/Tav4.ps (scala 1:5.000).

ELABORATI GRAFICI IN RELAZIONE:

Fig.3.4: Distribuzione dei debris flows attivi nei bacini estrattivi di Carrara (censimento al 31/10/2015 - scala 1:15.000);

Fig.3.15: Estensione dei ravaneti nei bacini estrattivi di Carrara (censimento al 31/10/2015 - scala 1:20.000).

APPENDICE

Schede degli interventi sui ravaneti

1. INTRODUZIONE

Per mandato dell'Amministrazione Comunale di Carrara, nell'ambito dell'incarico ricevuto relativo al servizio di redazione del nuovo Piano Operativo Comunale (POC) di cui alla Legge Regionale Toscana n°65 del 10/11/2014 (con riferimento al contratto datato 6/10/2014 n° repertorio 12512, raccolta n°137, e successiva sua modifica del 10/08/2016 tra il Comune di Carrara e l'Arch. Vezzosi Roberto in qualità di Capogruppo mandatario del Raggruppamento Temporaneo di Professionisti aggiudicatario del bando pubblico), è stato predisposto un aggiornamento del quadro conoscitivo geomorfologico dell'intero territorio comunale finalizzato alla stesura della nuova Carta della Pericolosità geologica ai sensi del DPGR n° 53/R del 25/10/2011. Successivamente, con Determinazione n°6 del 30/03/2015 del Dirigente Urbanistica e SUAP, è stato affidato l'incarico per la realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica sul territorio comunale ai sensi della Del. GRT n°971/2013 anche in virtù del contributo regionale di cui all'Ordinanza CDPC n° 52/13 essendo il Comune di Carrara inserito nella specifica graduatoria dei comuni ammissibili a finanziamento.

Il presente studio aggiorna il quadro conoscitivo del Piano Strutturale comunale (PS) vigente (con Delibera di Consiglio Comunale n°28 del 16/03/2012 è stata approvata la Variante generale al Piano Strutturale; tale variante è stata poi pubblicata sul BURT n°22 del 30/05/2012, data a partire dalla quale lo strumento è divenuto efficace) ed è propedeutico alla formazione del nuovo POC del Comune di Carrara ai sensi della LR n°65/2014.

Occorre ricordare che il quadro geomorfologico di riferimento (e di conseguenza la carta della pericolosità ad esso associata) del PS vigente descrive il quadro del territorio così come si presentava alla data del dicembre 2009 (il PS vigente è stato adottato con Delibera di Consiglio Comunale n°113 del 11/12/2009 ai sensi del precedente regolamento in materia di indagini geologiche DPGR 26/R del 27/04/2007).

Dalla fine del 2009 ad oggi il territorio del Comune di Carrara è stato interessato da numerosi eventi pluviometrici significativi tra i quali si ricordano quelli del Dicembre/Gennaio 2010, gli eventi estremi del 31 Ottobre/1 Novembre 2010 e del Novembre 2012 (11-12 e 27-28 Novembre) e da ultimo le piogge del Novembre 2014 (ordinanza sindacale n°603/14) che hanno prodotto, nel complesso, un numero elevato di dissesti in diverse parti del territorio comunale.

In ordine ai dissesti di cui sopra, il Comune di Carrara ha disposto, con proprie ordinanze del Sindaco, misure cautelari su alcune aree del territorio comunale (ordinanza n°800 del 15/12/2011 e successiva ordinanza n°399 del 14/09/2015 che sostituisce ed integra la precedente) in applicazione al Decreto del Presidente della Giunta Regionale Toscana n°199 del 10/10/2010.

L'aggiornamento della pericolosità sismica del territorio è stato necessario in virtù delle direttive regionali (DPGR.n.53R/2011 "Regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R. n.51/2005 in materia di indagini geologiche") che prevedono, come supporto agli strumenti urbanistici, la reda-

zione obbligatoria di uno studio di microzonazione di **livello 1** cosiddetto “pesante”, dove ai contenuti dello studio di primo livello degli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” (ICMS) si aggiungono rilievi sul terreno consistenti in misure di microtremore (HVSR) realizzate in luoghi specifici per integrare l’informazione, sostanzialmente bibliografica, con una valutazione qualitativa delle frequenze fondamentali dei depositi sedimentari e delle amplificazioni attese del moto sismico. La carta della pericolosità sismica prevista dal DPGR. 53/R/11 si costruisce, infatti, a partire dalla carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) che rappresentano l’esito finale dello studio di MS.

Nei capitoli successivi si illustrano quindi i criteri e la metodologia adottata per giungere al nuovo scenario di pericolosità geologica e sismica del territorio carrarese.

2. AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO GEOMORFOLOGICO

Nel presente lavoro i depositi e le coperture quaternarie (frane, falde di detrito, detrito di versante, ravaneti, discariche ecc...) sono state analizzate e studiate attraverso un rilievo geomorfologico di dettaglio che aggiorna e sostituisce quello esistente (contenuto nelle carte geomorfologiche di corredo al PS vigente del 2012). Tale rilievo, contiene tutti i processi geomorfologici utili per la definizione della pericolosità geologica sull’intero territorio comunale. 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 e dall’ufficio tecnico regionale del Genio Civile 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 eseguendo un’analisi accurata degli studi esistenti, di seguito elencati in ordine alla loro data di pubblicazione:

- *“Studio idraulico del Torrente Carrione con analisi dei possibili interventi per la mitigazione del rischio - relazione intermedia 3: Esigenza di ulteriori interventi nella parte montana del bacino - 15 marzo 2016”*, lavoro redatto, su incarico della Regione Toscana, dal Dipartimento di Ingegneria civile, chimica e ambientale dell’Università di Genova (DICCA) a firma del Prof. Ing. G. Seminara, Prof. Ing. M. Colombini, Prof. Ing. R. Berardi, Dott. Ing. B. Federici e Dott. Ing. R. Luchi. Tale studio è stato approvato con DGRT n°676 del 12/07/2016;
- *“Geomorphological and neotectonic map of the apuan alps, Tuscany, Italy scala 1:50.000 - anno pubblicazione 2015”*, lavoro redatto da C. Baroni, P. Pieruccini, M. Bini, M. Coltorti, P.L. Fantozzi, G. Guidobaldi, D. Mannini, A. Ribolini & M.C. Salvatore pubblicato nel 2015 sul vol. 38 (pp. 201-227) della rivista Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria;

- *“Continuum Geologico della Regione Toscana in scala 1:10.000 - marzo 2012”* (e documento collegato *“Descrizione Struttura dati degli shapefiles del continuum territoriale geologico della Regione toscana alla 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 - marzo 2012”*. Dati tratti dal progetto Carta geologica toscana e carte geotematiche collegate; anche in questo caso i corpi di frana risultano sottorappresentati;
- *“Geomorphological map and raised-relief model of the Carrara marble basins, Tuscany, Italy scala 1:10.000 - anno pubblicazione 2010”*, lavoro redatto dai geologi C. Baroni, A. Ribolini, G. Bruschi e P. Mannucci pubblicato nel 2010 sul vol. 33 (pp. 233-243) della rivista Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria che descrive i processi geomorfologici in atto presenti nei bacini estrattivi sulla base dei riscontri sul campo compiuti dagli autori fino all'anno 2007 e grazie all'utilizzo dell'ortofoto Terraltaly 1998-1999. Il lavoro, relativo alla sola area dei bacini estrattivi, grazie a rilevamenti geomorfologici di dettaglio e ad analisi sedimentologiche e stratigrafiche condotte sui ravaneti, fornisce un censimento al 2007 relativo ai debris flows presenti nei quattro bacini estrattivi e suddivide i ravaneti in quattro unità stratigrafiche distinte in base alla loro classazione granulometrica;
- *“Indagini geologico-tecniche di corredo alla Variante generale al PS del 2009”* redatte, ai sensi della DPGR 26/R del 27/04/2007, dai geologi del Comune di Carrara A. Criscuolo, L. Bellini e G. Bruschi con particolare riferimento alle tavole G1a e G1b (Carta della area a pericolosità geomorfologica - scala 1:10.000), Relazione geologica (settembre 2009) e Relazione geologica integrativa (febbraio 2012). Trattasi degli elaborati di corredo al PS vigente adottato con DCC n°113 del 11/12/2009 e successivamente approvato con DCC n°28 del 16/03/2012;
- *“Linee guida per l'analisi di dati interferometrici satellitari in aree soggette a dissesti idrogeologici – versione 1.0 – dicembre 2009”* lavoro redatto dal MATTM nell'ambito del Piano straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A) Lotto 2;
- *“Pericolosità geomorfologica all'interno dei bacini marmiferi di Miseglia e Colonnata. Aggiornamento dei bacini marmiferi di Pescina Boccanaglia e Torano - novembre 2008”*, lavoro redatto dai geologi A. Criscuolo e L. Bellini del Settore Marmo del Comune di Carrara funzionale all'aggiornamento della pericolosità geomorfologica del PAI;
- *“Indagini e verifiche idrogeologiche delle aree interessate da movimenti franosi all'interno dei bacini marmiferi - gennaio 2005*, lavoro redatto dai geologi A. Criscuolo e L. Bellini del Settore Marmo del Comune di Carrara in ottemperanza della DGRT n°1077 del 20/10/2003 *“Misure cautelari a seguito degli eventi calamitosi nei giorni 23 e 24 settembre 2003 nella provincia di Massa Carrara...”* e dell'ordinanza commissariale A/7 del

28/07/2004. Tale studio è poi diventato parte integrante del quadro conoscitivo del PS vigente;

- *“Indagini idro-geo-lito-morfologiche di supporto alla variante al Regolamento Urbanistico - agosto 2004”* indagini, elaborati e relazione relativi a parte del Comune di Carrara redatti ai sensi della DCRT n°94 del 12/02/1985 dal geologo C.A. Turba di corredo alla variante al RU adottata con DCC n°54 del 06/08/2004. Tale studio è poi diventato parte integrante del quadro conoscitivo del PS vigente;
- *“Evento alluvionale del 23 settembre 2003 - Indagini e verifiche idrogeologiche per la perimetrazione delle aree interessate da movimenti franosi - 31 maggio 2004”*; *Verifica e conseguente adeguamento delle classi di pericolosità contenute nello strumento urbanistico vigente ai sensi della DGRT n°1077/2003 - 31 maggio 2004*. Carte geomorfologiche ed elaborati di revisione della pericolosità (prodotti in scala 1:5.000) oltre che relazioni tecniche prodotte a seguito dell'alluvione del settembre 2003 redatte dal geologo C.A. Turba;
- *“Evento alluvionale del 23 settembre 2003 - Perimetrazione delle aree interessate da movimenti franosi ai sensi della DGRT n°1077/2003 - gennaio 2004*. Censimento dei fenomeni franosi in scala 1:2.000 dei dissesti prodotti a seguito dell'alluvione del settembre 2003 redatto dal geologo C.A. Turba;
- *“Indagine geologico-tecnica ai sensi della LR n°21 del 17704/1984 di supporto al PS/97 ratificato con delibera CC n°2 del 23/01/1997 e successivamente approvato con decreto Giunta della Regione Toscana n°82 del 12/05/1997 - maggio 1997*, indagini, elaborati e relazione redatti ai sensi della DCRT n°94 del 12/02/1985 dai geologi R. Capaccioli e F. Dumas sull'intero territorio comunale. Tale studio è poi diventato parte integrante del quadro conoscitivo del PS vigente;
- *“Ricerche sul carsismo delle Alpi Apuane - 1981”* articolo pubblicato nella rivista Studi e Ricerche di Geografia (di P.R. Federici, A. Spazzafumo, G.M. Casoli, D. Strenta, M. Dini e F. Palagi) che descrive alcune forme carsiche presenti nel paese di Bergiola Foscilina.

Per l'inquadramento del territorio e la sua descrizione geologica e geomorfologica di carattere generale, nella presente relazione, si farà riferimento quindi anche ad informazioni estratte dagli studi e pubblicazioni disponibili di cui sopra.

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 Carrara o dalla Regione Toscana (vedi elenco di cui sopra) 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 e lo studio di ortofoto del 2007, 2009, 2010 e 2013 ha consentito un'analisi di dettaglio dei fenomeni franosi prodotti dai recenti eventi pluviometrici estremi con particolare riferimento agli eventi alluvionali dell'autunno 2010 e del novembre 2012;
4. aereofoto interpretazione dell'asta del Torrente Carrione mediante foto aeree del 1937 e del 1971; tale attività ha permesso l'acquisizione di una serie di informazioni utili alla descrizione di alcune forme fluviali relitte (superfici di terrazzo, orli di scarpata obliterate da modificazioni antropiche e porzioni di alveo abbandonate artificialmente presenti nella parte bassa del bacino idrografico del T. Carrione);
5. interpretazione e verifica delle forme su base LIDAR anni 2008 e 2012;
6. utilizzo di tecniche GIS per l'analisi, su base LIDAR, delle direzioni più probabili di deflusso superficiale delle acque meteoriche e analisi delle criticità correlate all'acclività dei versanti;
7. verifica degli elementi geomorfologici presenti all'interno dei bacini estrattivi mediante analisi dell'immagine satellitare datata 31/10/2015.

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 Carrara il DTM Lidar utilizzato ha una cella 1 m x 1 m.

L' utilizzo dei dati di cui sopra ha permesso di ottenere 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 di Carrara è stato suddiviso in 7 tavole alla scala 1:5.000.

Nel complesso lo studio ha prodotto n° 19 Tavole di seguito elencate:

- **Carta Geomorfologica dell'intero territorio comunale:** 7 tavole (scala 1:5.000);
- **Carta della Pericolosità geologica dell'intero territorio comunale:** 7 tavole (scala 1:5.000);
- **Carta della Pericolosità geologica - tavola di sintesi:** 1 tavola (scala 1:15.000).
- **Carta della Pericolosità sismica:** 4 tavole (scala 1:5.000);

2.1 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 Torrente Carrione, e suoi affluenti, che rappresenta l'asta idrica più importante del Comune di Carrara.

La legenda utilizzata nella cartografia è derivata in gran parte da studi già condotti ed approvati dall'Ufficio Tecnico del Genio Civile all'interno del territorio dell'Autorità di Bacino Toscana Nord ed è stata aggiornata ed integrata sulla base delle specifiche forme riscontrate all'interno del territorio del Comune di Carrara.

La legenda illustra circa 60 elementi geomorfologici riscontrati nel territorio comunale suddivisi tra forme poligonali (33), lineari (19) e puntuali (7).

2.1.1 Caratteristiche morfologiche generali

La morfologia del territorio carrarese si presenta con caratteristiche ben definite e diverse tra loro man mano che si procede da mare verso monti.

Nel territorio comunale si possono individuare tre zone ben distinte per caratteristiche morfologiche e geomorfologiche:

1. **Zona della pianura**, costituita da depositi alluvionali e marini ed estesa dal mare fin quasi alla città di Carrara. Tale zona può a sua volta suddividersi in due aree, una più a sud che si estende dal mare sino ad oltre la Via Aurelia, comprendendo anche Fossone, Turigliano e Nazzano e una a nord di quest'ultima che include tutta la fascia intravalliva

(valli del Torrente Carrione e dei principali affluenti) che comprende la conca morfologica della Città di Carrara e il territorio che collega quest'area alla sottostante pianura costiera, fino alla località di S. Antonio;

2. **Zona della collina**, caratterizzata da una morfologia dolce, dove predominano coperture detritiche costituite da materiali di natura prevalentemente argillosa e sabbiosa correlabili alle Unità liguri e toscane. E' delimitabile verso monte dal Torrente di Gragnana e dal Canale del Rio, che scende dalla zona della "Foce", e da una linea immaginaria che congiunge queste due aste idriche passando attraverso la città di Carrara;

3. **Zona della montagna**, che comprende i massicci calcarei che caratterizzano tutto l'anfiteatro delle Alpi Apuane (limitatamente al Comune di Carrara) con vette irte ed aguzze che raggiungono con il Monte Sagro una quota di 1749 metri. Questa zona è costituita per la maggior parte dal complesso dei Grezzoni e dei Marmi. Il paesaggio si presenta aspro, i versanti molto ripidi con pendenze quasi sempre superiori al 100% e la vegetazione scarsa o inesistente.

Zona della pianura

L'area della piana costiera che identifica la porzione sud della zona della pianura, comprende tutta quella parte di territorio che dalle località di Fossone, a Nord Ovest, e di Nazzano, a Sud Est, passando per la località di Turigliano si estende sino alla fascia costiera.

Si può distinguere un'alta pianura caratterizzata dalla presenza dei depositi alluvionali ghiaiosi del Torrente Carrione, cui lateralmente, in località Fossone, si sovrappongono dei depositi limosi, una zona intermedia in cui alle ghiaie succedono le sabbie marine e quindi la zona costiera caratterizzata da sabbie recenti ed attuali.

Tutte queste zone sono fortemente antropizzate per la presenza di centri urbani ormai talmente estesi da intersecarsi l'uno con l'altro.

Il più antico agglomerato è quello di Avenza, originariamente approdo costiero, che è stato nel tempo interrato e che attualmente si trova a meno di due chilometri dalla costa. Questo centro ha conosciuto negli ultimi decenni un notevole sviluppo urbanistico che lo ha esteso fino a congiungerlo, praticamente, con Marina di Carrara, che è l'altro grande agglomerato urbano della costa sviluppatosi intorno al porto commerciale.

Quando l'urbanizzazione del territorio non aveva ancora obliterato l'originaria morfologia, l'alta pianura era caratterizzata dalla conoide del Torrente Carrione, il cui bordo estremo è ubicato all'incirca in corrispondenza della frazione di Avenza.

A valle di essa era invece presente una fitta rete di canali e di fossi che servivano a regimare verso il bacino marino le acque di esondazione del T. Carrione e delle altre aste idriche che scendono dalle colline soprastanti.

Di questi fossi e canali molti sono stati eliminati, coperti o interrati per l'urbanizzazione del territorio, e rimangono ancora funzionanti quasi esclusivamente quelli che interessano le aree poste a confine con il Comune di Ortonovo (Fossone Basso e Battilana), dove in superficie sono presenti dei terreni scarsamente permeabili.

Tutta la pianura è caratterizzata da una modesta pendenza verso mare, che aumenta solo in corrispondenza della parte frontale della conoide del T. Carrione.

Dal punto di vista dell'uso del suolo la pianura, oltre ai due grandi centri sopra menzionati e ad altri minori, è solo in parte dedicata all'agricoltura, soprattutto nelle località di Fossone, Battilana e Battilanino, mentre nella zona pedemontana, lungo il corso del T. Carrione e verso il confine con il Comune di Massa, sono presenti importanti insediamenti sia industriali che artigianali.

Gli interventi umani di rimodellamento della morfologia più significativi, in questa zona, sono rappresentati dai rilevati per l'autostrada A12 Genova-Livorno, dai rilevati della ferrovia Genova-Pisa, dai rilevati costruiti per la realizzazione della ex ferrovia marmifera e dai principali rilevati stradali tra i quali via A. Bertoloni (un tempo tracciato della ex ferrovia marmifera) e viale XX Settembre.

Come accennato in premessa, nella zona della pianura si può includere anche tutta la fascia intravalliva che comprende la conca della Città di Carrara e il territorio che collega quest'area alla pianura costiera, fino alla località di S. Antonio, punto di progressivo allargamento della valle formata dal T. Carrione.

Alla confluenza tra il T. Carrione, il Torrente Torano, il Fosso di Gragnana, il Fosso Belvedere del Rio e il Canale del Rio, si è formata un'ampia spianata alluvionale che, in epoche passate, aveva uno spessore assai più rilevante e che è stata successivamente erosa dai medesimi corsi d'acqua che l'avevano formata, fino ad assumere l'aspetto odierno.

La zona di pianura si incunea quindi tra le colline seguendo, verso monte, l'alveo del T. Carrione. Questa parte di territorio si estende lateralmente al corso d'acqua per distanze variabili da poche decine ad alcune centinaia di metri fino a giungere nell'ampia conca in cui è situata appunto la città di Carrara.

Genesi evolutiva della zona della pianura

Sotto il profilo paleogeografico, la zona di Carrara e i suoi interni sono strettamente legati alla storia evolutiva di questa parte di Appennino settentrionale subendo tutte le fasi di modificazione della rete idrografica che si è formata durante l'evoluzione del territorio a seguito dei successivi eventi tettonici.

Fino al Pleistocene inferiore, infatti, questa parte di territorio è stata probabilmente interessata da una trasformazione morfologica legata esclusivamente a fattori tettonici mentre, a partire dalla fine del Pleistocene medio, hanno assunto importanza sempre maggiore le variazioni morfologiche dovute alla dinamica esogena (clima).

La situazione attuale è il prodotto dell'ultimo grande evento climatico verificatosi e cioè il periodo glaciale conosciuto come "*Würm*" che ha messo in gioco, in conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai, una grande quantità d'acqua che ha eroso e trasportato a valle enormi masse di detriti.

La deposizione è avvenuta lungo tutte le incisioni esistenti a monte sino allo sbocco nell'ampia conca di Carrara nella quale sono ancora presenti notevoli spessori di materiali detritici cementati, come nella zona dell'Ospedale.

I depositi alluvionali sono infatti caratterizzati da ghiaie e presentano vari gradi di cementazione, fino a veri e propri conglomerati, dato che nel tempo le acque percolanti nel terreno, favorite da un clima più freddo, hanno potuto legare anche in maniera consistente i ciottoli con un cemento calcareo.

Il fatto che si rinvengano strati di conglomerato separati da strati di ghiaia sciolta, indica quindi un alternarsi di periodi freddi con periodi più caldi.

L'accrescimento dei depositi è avvenuta quindi, verosimilmente, dal Pleistocene (fasi Würmiane) sino alle fasi climatiche più umide dell'Olocene dopo le quali, la diminuita piovosità e un generale aumento delle temperature, ha interrotto la fase deposizionale e i corsi d'acqua hanno inciso i propri sedimenti praticando prima un profondo solco al loro interno e quindi asportandoli quasi completamente.

In molti casi le alluvioni del Torrente Carrione sono state ricoperte da quelle delle aste idriche minori come nella zona di Carrara Est o di Bonascola.

Le stesse considerazioni sono valide anche per il tratto intravallivo fino alla località di S. Antonio, dove ai depositi alluvionali ghiaiosi sono intercalati e/o sovrapposti anche materiali più fini derivanti dallo smantellamento delle colline circostanti.

Dalla zona di S. Antonio, la valle del T. Carrione, tende ad aprirsi e da quel punto l'aspetto morfologico più importante diventa il cono di deiezione di detta asta idrica che presenta la caratteristica forma a ventaglio ed è reinciso dal fiume stesso, con andamento sinuoso, nella parte mediana.

L'ampio cono di deiezione si sviluppa verso mare con pendenza uniforme e si raccorda alla pianura costiera in corrispondenza di un gradino morfologico, non sempre rilevabile, che presenta la sua culminazione massima all'incirca all'altezza di Villa Ceci; da quel punto si estende in destra idrografica fino alla zona di Baudone e, in sinistra, fino all'area di Morlungo.

In corrispondenza di questo limite i depositi alluvionali antichi sono sostituiti da più recenti sedimenti marini costieri caratterizzati da limi e sabbie di deposizione lagunare salmastra.

Anche la conoide del T. Carrione è formata da materiali ghiaiosi alluvionali che si sono depositi nel Pleistocene medio-superiore (fasi Würmiane) fino alle fasi climatiche più umide dell'Olocene; in seguito, con la trasgressione denominata Versiliana, vi è stata la massima avanzata del bacino marino che ha avuto il suo culmine circa 7.000 anni fa (BP) e che ha eroso il cono sino

all'attuale falesia morta emergente dai depositi palustri o marini costieri posizionata in località "La Grotta" ad una quota variabile dai 3 ai 5.0 metri s.l.m.

Successivamente l'aumentato apporto terrigeno ha alimentato la linea di riva spostandola progressivamente verso Ovest anche se il livello del mare, alla fine dell'ultima glaciazione, a causa dello scioglimento dei ghiacciai, è continuato, mediamente, a salire.

Nell'Olocene, cambiate le condizioni climatiche, il fiume ha inciso i propri sedimenti praticando un profondo solco al loro interno e dando luogo anche alla presenza di tratti meandriiformi.

Mentre avvenivano questi cambiamenti morfologici, si sono deposte, intersecandosi e sovrapponendosi ai materiali fluviali, delle alluvioni formate anch'esse da un'associazione eterogenea di ghiaie, sabbie, limi e argille, originatesi dallo smantellamento delle colline che bordano la pianura di Carrara e che sono state trasportate a valle dai vari corsi d'acqua che solcano detti rilievi.

Con la diminuzione del trasporto solido del T. Carrione e l'approfondimento del suo corso all'interno delle alluvioni terrazzate, il deposito dei materiali fini ha avuto il sopravvento per cui nella parte alta della pianura, al di sopra delle ghiaie, affiorano con potenze variabili da poche decine di centimetri ad alcuni metri.

La pendenza della conoide, che ha un asse longitudinale allineato all'incirca secondo la direzione Nord Est - Sud Ovest, è modesta, dato che la sua culminazione è posta a quota 40 metri s.l.m. in località S. Antonio ed il bordo più esterno, attualmente visibile, si trova a circa 2500 metri di distanza ad una quota di circa 5.0 metri s.l.m.

Tutta la pianura risulta ampiamente urbanizzata e l'azione antropica ha dato luogo ad uno spianamento ed un livellamento delle quote originali che ha mascherato il limite tra cono e depositi marini o di colmata e determinato alcune peculiari forme del paesaggio.

L'intensa urbanizzazione della zona ha quasi completamente cancellato le tracce dell'antica morfologia della conoide del T. Carrione, anticamente caratterizzato da terrazzi degradanti verso mare.

Zona della collina

I rilievi collinari principali sono situati in destra ed in sinistra idrografica del Torrente Carrione e si estendono dalla pianura costiera fino ai primi contrafforti calcarei delle Alpi Apuane.

In destra idrografica del Carrione le colline possono essere delimitate nel modo seguente: a Nord Est dal corso del Torrente di Gragnana, a Sud Est dalla zona intravalliva formata dal Carrione e dal corso delle aste idriche minori che scendono da questi versanti, a Sud Ovest dalla pianura costiera e a Nord Ovest dal limite di confine con il Comune di Ortonovo.

In sinistra idrografica del Carrione: a Nord Est dal corso del Canale del Rio, a Sud Est dalla linea di confine con il Comune di Massa, a Sud Ovest dalla pianura costiera e a Nord Ovest dalla zona intravalliva formata dal Carrione e dal corso delle aste idriche minori che scendono da questi versanti.

Lungo le pendici collinari dei rilievi posti in destra idrografica del Carrione, sono presenti le frazioni di Fontia e Sorignano, mentre in sinistra non vi sono nuclei abitati significativi.

Le viabilità, a parte quelle che conducono ai suddetti centri, sono sempre di modeste dimensioni, spesso in terra battuta, e quasi sempre sono prive di opere di regimazione idraulica.

I versanti hanno generalmente una morfologia a terrazzi che non sempre sono adeguatamente mantenuti.

Nelle vicinanze dei nuclei abitati situati nelle zone pedecollinari, come Fossola o Bonascola, e più in generale nelle pendici dei rilievi che sovrastano la zona di pianura, sono presenti ampie coltivazioni della vite.

Dove non vi è coltivazione il suolo è occupato da un'estesa copertura vegetale costituita quasi sempre da un bosco misto, in forte stato di abbandono, che si è sovrapposto all'originaria coltura di castagni.

Zona della montagna

La zona montana, che comprende il territorio sito a nord della città di Carrara, è caratterizzata da una morfologia con catene montuose sottili, acuminata e con profilo frastagliato, versanti con elevati valori di acclività e balze e "tecchie" sia naturali sia di origine antropica. Dal punto di vista geologico la zona così individuata può essere suddivisa in due sottozone: una caratterizzata dall'affioramento di litotipi carbonatici, metamorfici e non (Grezzoni, Marmi, Calcari selciferi, Calcare Cavernoso, Calcare a Rhaetavicula, Calcare Massiccio, Calcare ad Angulati, Calcare Rosso Ammonitivo, Calcare Selcifero non metamorfico); una dall'affioramento di litotipi scistosi riferibili all'Unità di Massa ed ai litotipi non carbonatici riferibili ancora alla Falda Toscana.

Tali differenze geologiche si ripercuotono fortemente sulla attitudine all'erodibilità delle sottozone così individuate. Nella prima sottozona, priva quasi completamente di vegetazione di alto fusto, si concentra la quasi totalità della millenaria attività estrattiva del materiale estrattivo. Come noto, l'attività di escavazione ha prodotto, nel tempo, un'intensa modificazione dell'assetto geomorfologico, con la creazione di numerosissime "tecchie" artificiali e di estesi depositi detritici artificiali (ravaneti). I versanti non direttamente interessati dall'attività estrattiva sono soggetti a rimodellamento per azione degli agenti atmosferici, il cui prodotto è costituito da pietraie più o meno estese (falde di detrito).

La rete idrografica superficiale risulta molto limitata, data la natura carbonatica del substrato che favorisce l'infiltrazione delle acque meteoriche piuttosto che il loro ruscellamento in superficie. Ciò sta all'origine del fatto che solo di rado sono presenti valli profondamente incise ad opera di un corso d'acqua.

La seconda sottozona, pur caratterizzata da forti valori di acclività, da creste sottili e da quote spesso superiori ai mille metri, è ricoperta da vegetazione di alto fusto attecchita sulla coltre di alterazione del substrato. Infatti, dove la stratificazione dei diversi litotipi è disposta rispetto al

versante in modo da favorirne l'erosione, si formano spesse e vaste aree detritiche eluvio-colluviali che riducono localmente l'acclività del pendio consentendo la formazione di un suolo.

2.1.2 Elementi geologici

La geologia del territorio comunale di Carrara si inquadra nella geologia generale delle Alpi Apuane e dell'Appennino Settentrionale.

L'area Apuana mostra un'elevata complessità, sia per la varietà delle formazioni geologiche presenti, sia per la genesi dell'assetto strutturale.

La carta geologica utilizzata come base per questo lavoro, per l'analisi delle unità litostratigrafiche pre quaternarie, è quella del "*Continuum Geologico*" della Regione Toscana (edizione marzo 2012) che si basa sulla cartografia, verificata e corretta, del progetto "CARG". I dati contenuti sono quindi aggiornati alle ultime conoscenze acquisite sulle diverse formazioni geologiche ed i relativi rapporti stratigrafici. Per quanto riguarda i depositi quaternari invece, in considerazione dei rilievi condotti sul campo oltre che delle informazioni desunte dalle indagini geognostiche disponibili, è stato condotto un rilievo ex novo che ha consentito di cartografare i seguenti depositi:

Depositi quaternari

Depositi alluvionali attuali (b)

Depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione attraverso processi fluviali ordinari, composti prevalentemente da ghiaie, ciottoli, sabbie limose e/o limi sabbiosi;

Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (bna)

Depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa o limo-argillosa e/o depositi sciolti di sabbie, limi e argille (Olocene);

Depositi alluvionali terrazzati di vario ordine prevalentemente ghiaiosi (bnb)

Depositi sciolti eterometrici di ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa e/o limo argillosa e/o depositi alluvionali cementati (conglomerati) e reinciisi (Pleistocene Medio-Superiore);

Depositi sabbiosi eolici di spiaggia (da)

Sabbie di ambiente costiero, delle dune e dei cordoni litoranei. Sabbie medie e fini che localmente possono presentarsi da debolmente limose a limose con modeste lenti di limo (Olocene);

Depositi alluvionali antichi (dct)

Depositi fluviali cementati e terrazzati, depositi di conoide alluvionale cementati e reinciisi (Olocene-Pleistocene?);

Depositi colluviali pedemontani (dc)

Si tratta di una struttura morfologica derivante dall'accumulo di sedimenti fluviali allo sbocco nelle zone di pianura. Depositi alluvionali intercalati a detriti eluvio-colluviali costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie nelle zone apicali e limi argillo-sabbiosi nelle zone distali. Possibile

presenza di banchi di argilla limosa in spessori da metrici a decametrici (bacini di sedimentazione delle aree pedecollinari). Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale. (Olocene);

Depositi fini alluvionali eterogenei di ambiente fociivo e di stagno retrodunale, legati alla dinamica fluviale (dl)

Limi argillo-sabbiosi e/o argille limose prevalenti sovrastanti e/o intercalati a depositi ghiaiosi alluvionali o a depositi sabbiosi di origine marina. Presenza di lenti sottili di argilla spesso associata a frazioni sabbiose ricche di sostanza organica (ex zone costiere depresse retrodunali) e di terreni eterogenei di colmata. Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale.

(Olocene);

Depositi palustri o di stagno costiero (e3a)

Depositi fini costituiti da limi, limi sabbiosi e sabbie limose con abbondante frazione organica quali frustoli carboniosi. Presenza di livelli torbosi e di terreni eterogenei di colmata. Elevata variabilità stratigrafica sia orizzontale che verticale (Olocene);

Sabbie di spiaggia recenti ed attuali (g2a)

Sabbie litorali granulometricamente poco assortite.

I depositi quaternari oggetto di revisione, rispetto al continuum geologico, sono contenuti nella carta geomorfologica allegata mentre le aree in cui il substrato roccioso risulta affiorante o sub-affiorante non presentano alcuna colorazione o segno particolare.

Visto il carattere essenzialmente applicativo del presente lavoro, per gli eventuali approfondimenti relativi all'evoluzione geologica dell'area o alla descrizione delle varie unità litostratigrafiche pre quaternarie ivi esistenti si rimanda alla vasta bibliografia esistente sull'argomento.

2.1.3 Analisi delle forme e dei depositi quaternari

Di seguito si elencano le forme descritte nella carta geomorfologica prodotta nel presente studio, soffermandosi sulla descrizione di alcune forme o processi geomorfologici di interesse e/o ritenuti particolarmente significativi per il territorio esaminato. 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), 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 territorio comunale è caratterizzato dalla presenza di numerosi fenomeni gravitativi di diversa tipologia e stato di attività. La forte energia del rilievo, l'approfondimento fluviale, l'assetto giaciturale, le caratteristiche litotecniche del substrato, l'uso del suolo, l'attività estrattiva e la carenza diffusa di opere di regimazione idraulica sono tra i principali fattori predisponenti il dissesto dell'area.

Nella carta geomorfologica, per ciascuna delle tipologie di frana descritte sono state distinte, su base esperta, 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 presunte inattive sono state quindi classificate come frane quiescenti anche in considerazione del fatto che, generalmente, i fattori fisici e geomorfologici che contribuiscono allo sviluppo delle dinamiche gravitative sono tutt'ora presenti. La valutazione dello stato di attività di alcuni fenomeni franosi è stata condotta attraverso l'analisi dei dati PS (*Persistent Scatterers* o *Permanent Scatterers*) nei casi in cui la copertura dei dati interferometrici satellitari rendeva possibile l'applicazione della matrice di attività dei fenomeni franosi a partire da dati radar satellitari acquisiti dai satelliti ERS1/2 ed ENVISAT (Linee guida MATTM, 2009).

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 dalla varietà dei contesti morfologici 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 del movimento individuato si osservano corone associate a 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. In genere, nelle frane più antiche di grosse dimensioni, l'originario corpo di frana risulta suddiviso in più fenomeni gravitativi, caratterizzati da una diversa tipologia di movimento (Fig.3.1). Tale fenomeno è imputabile all'azione erosiva operata dal reticolo idrografico impostatosi sul corpo di frana originario. Data la presenza di rotture di pendio associate al movimento, in corrispondenza o in adiacenza di queste forme si sono impostati alcuni centri abitati del settore montano. Un esempio è rappresentato dal paese di Gragnana e da una parte dell'abitato di Noceto (Fig. 3.1).

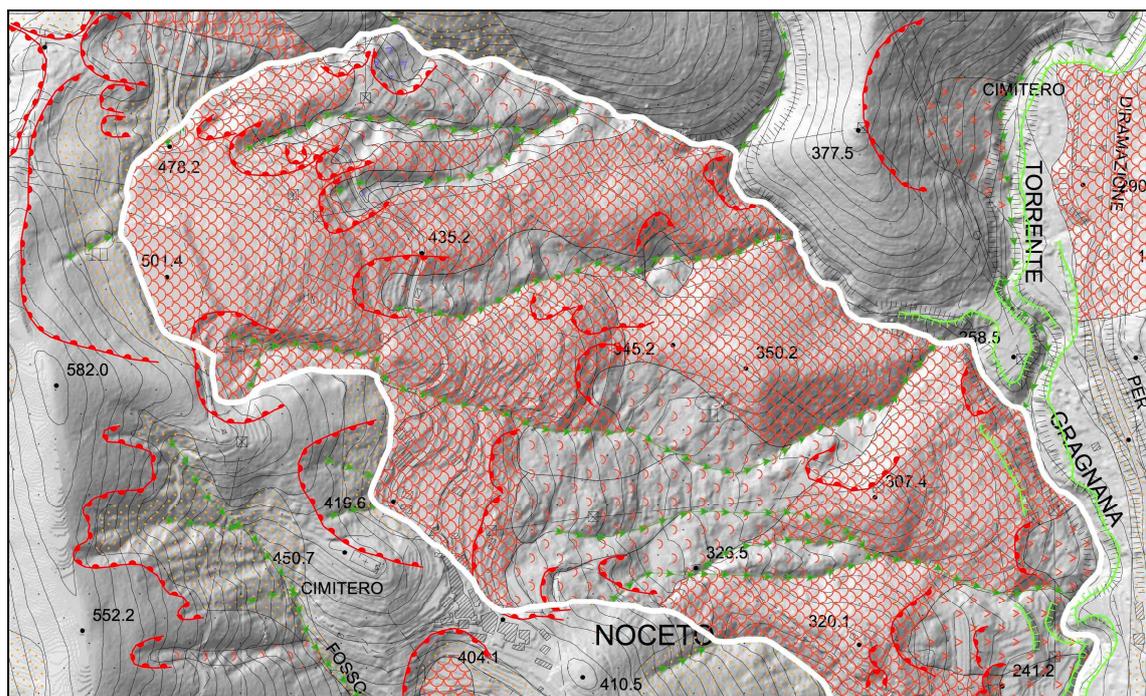


Fig. 3.1. Estratto della carta geomorfologica (sovrapposta su base lidar) con evidenziato (bordo bianco) l'esteso corpo della frana complessa presente in località Noceto che presenta segni recenti di riattivazione nella porzione settentrionale

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. Questo tipo di frana si manifesta allorché il superamento della resistenza al taglio dei materiali avviene lungo superfici preesistenti (contatto fra copertura e substrato) o di neoformazione, in corrispondenza di discontinuità granulometrico tessiturali presenti all'interno della copertura detritica.

Nei casi censiti, gli scorrimenti hanno interessato soprattutto la copertura detritica ed in misura minore tale dissesto è avvenuto in corrispondenza del contatto con il sottostante substrato roccioso. In molti casi, inoltre, le frane di scorrimento osservate risultano posizionate in corrispondenza del reticolo idrografico minore interessato da erosioni spondali o incisioni prodotte dal ruscellamento concentrato delle acque.

Frane di colamento (a1coa, a1coq) e corpi di colata da trasporto in massa di detrito (debris flows) (a1dfa)

I colamenti costituiscono la tipologia di dissesto gravitativo più rappresentata all'interno del territorio comunale sia in termini numerici che per superficie areale occupata dagli stessi (Tab. 3.2, Fig. 3.7, Fig. 3.8).

I colamenti censiti nel territorio comunale possono ricondursi a tre principali gruppi tipologici che si differenziano per età, genesi e dimensioni:

a) colate di terra che interessano le coperture detritiche superficiali del tipo "soil slip" e/o "mudflows";

- b) antiche frane di colamento correlabili a processi morfogenetici di età olocenica;
- c) corpi di colata da trasporto in massa di detrito noti come “*debris flows*” circoscritti ai ravaneti dei bacini estrattivi che per estensione, numero e intensità meritano una trattazione specifica (vedi paragrafo successivo).

Nel primo gruppo ricadono colate di 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. La maggior parte di tali dissesti si attiva seguendo cinematismi di tipo complesso che da scorrimenti traslativi di terra e detrito evolvono rapidamente in colate di terra e detrito (motivo per cui alcuni autori annoverano questi fenomeni nelle frane complesse vedi Dott. Geol. C.A.Turba variante RU 2004).

Sono generalmente di dimensioni molto limitate ma hanno una velocità di evoluzione molto rapida. Si tratta generalmente di movimenti di terreno superficiale prevalentemente lineari, con rapporto larghezza/lunghezza molto inferiore ad 1, che interessano e/o hanno interessato la copertura detritica, talora fino al substrato. In alcuni casi i movimenti gravitativi interessano anche la roccia in posto alterata e fratturata. Gli spessori di terreno coinvolti, generalmente, variano da poche decine di centimetri fino a 1.5-2.0 metri.

Tali dissesti sono conosciuti in letteratura come “*soil slip*” e/o “*mudflows*” 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-limosa presente. In corrispondenza dei versanti e dei fondovalle abitati costituiscono un forte fattore di rischio anche perché spesso le modificazioni antropiche (terrazzamenti, edilizia, rete viaria ecc..) e dell'idrografia superficiale ne favoriscono l'insorgere. Tali fenomeni risultano molto frequenti all'interno delle unità litostratigrafiche appartenenti al Dominio Toscano con particolare riferimento alla formazione del Macigno ed in subordine a quella della Scaglia Toscana. Risultano meno presenti sui versanti dove affiorano le litologie argillitiche correlate al Dominio Ligure.

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

Al secondo gruppo appartiene una serie di colamenti antichi, alcuni riferibili, probabilmente, alle fasi più umide dell'Olocene. Sono censite frane di colamento di dimensioni talvolta notevoli che raggiungono i fondovalle e che presentano geometrie coalescenti, forme lobate con rapporto

larghezza/lunghezza inferiore ad 1. Le evidenze geomorfologiche suggeriscono, in generale, tipologie quiescenti anche se sono individuabili riattivazioni di singole porzioni degli originali corpi di frana. Le frane di colamento più significative appartenenti a questo gruppo si trovano in località Castelpoggio, a nord e nord-ovest dell'abitato, dove, al passaggio tra la formazione del Macigno e quella della Scaglia Toscana è presente un gruppo di frane con dimensione complessiva pari a 0,76 kmq. Il piede, di forma lobata, del corpo di frana più esteso termina nel canale del Balzareto affluente del Torrente Lara che poco più a valle alimenta in destra idrografica il Torrente Parmignola. Degne di nota, per dimensioni e morfostruttura, sono inoltre le frane di colamento quiescenti presenti rispettivamente in località "Il Grattarolo" nella parte alta del Canale di Fossola (Fig.3.2) dove il corpo di frana ha probabilmente deviato il corso del canale di Mezzo e la frana che si sviluppa a sud dell'abitato di Fontia, nella valle originata dal canale del Levatello affluente in destra idrografica del canale di Fossola.

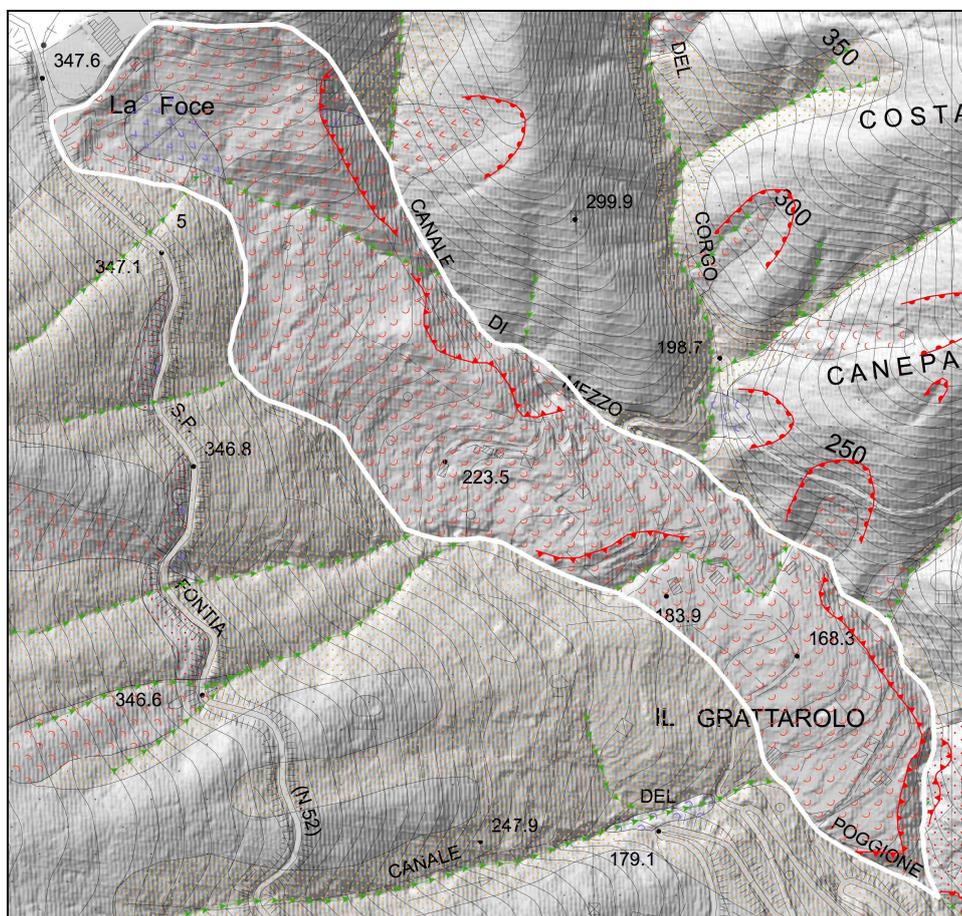


Fig. 3.2. Estratto della carta geomorfologica (sovrapposta su base lidar) con evidenziata (bordo bianco) la frana di colamento quiescente presente in località "Il Grattarolo" nella parte alta del bacino idrografico del canale di Fossola

Debris flows

Sui ravaneti dei bacini estrattivi di Carrara sono stati rilevati negli ultimi anni numerosi trasporti in massa di materiale detritico che, nel caso particolare, vengono identificati nella letteratura scientifica come colate di *debris flows* (note anche come *correnti detritiche*) o *mudflows* in dipendenza del carattere rispettivamente grossolano o fine dei detriti mobilizzati.

Il rilevamento geomorfologico condotto nel presente studio ha censito, all'interno dei ravaneti dei bacini estrattivi, un numero significativo di dissesti riconducibili a debris flows che come descritto nel capitolo successivo giocano un ruolo di prim'ordine nella definizione della pericolosità geologica di questo settore di territorio comunale.

Al fine di comprendere, nel dettaglio, l'importanza dei fenomeni descritti nella carta geomorfologica allegata si fornisce, di seguito, una sintesi delle conoscenze attuali sui debris flow tratte dalla letteratura scientifica di settore.

Identificazione, genesi e fattori di innesco dei debris flows presenti nel bacino marmifero di Carrara

Tali fenomeni sono stati studiati negli ultimi vent'anni da numerosi autori tra i quali si citano i Prof. Baroni, D'Amato Avanzi, Giannecchini e Ribolini (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Pisa), il Prof. Coli (Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Firenze), i Geologi Bruschi e Criscuolo (Comune di Carrara), Cortopassi, Daddi e Milano (Ufficio Regionale Tutela del Territorio di Massa-Carrara).

I debris flows sono definiti come rapidi movimenti di una miscela di detrito, acqua e aria che si muove come un fluido viscoso. Sebbene i debris flows possano originarsi in varie maniere, nelle aree estrattive di Carrara predomina la mobilitazione per frana (*Baroni et al., 2000*).

A seguito della formazione di una superficie di rottura, in un regime quasi-statico (cioè con una velocità di taglio abbastanza piccola e con granuli che si mantengono in contatto continuo), un corpo detritico non densamente "impacchettato" come quello dei ravaneti si contrae aumentando la pressione dell'acqua nei pori e innescando un processo di liquefazione (*Ellen & Flemming, 1987; Iverson et al., 1997*). Inoltre, la trasformazione dell'energia di volume traslazionale in energia di fluttuazione granulare (granular temperature) aumenta la fluidità della massa in movimento (*Iverson et al., 1997*). L'effetto simultaneo di questi due meccanismi (aumento della pressione dell'acqua interstiziale e fluttuazione granulare) secondo gli autori può essere indicato come responsabile della trasformazione di una frana superficiale in un debris flow in un breve lasso di tempo e di spazio. Le condizioni che devono essere verificate in questo modello di innesco e mobilitazione sono la formazione di una superficie di rottura, generalmente causata dall'aumento di peso del materiale saturo, e una dinamica di saturazione che porti la pressione dell'acqua nei pori a superare lo stress normale verticale (peso unitario del suolo carico in acqua).

Il modello di cui sopra, si applica bene ai debris flows che si verificano sui ravaneti apuani, come mostrato da recenti osservazioni geomorfologiche, supportate da caratterizzazioni geotecniche e sedimentologiche dei corpi detritici (*Baroni et al., 2000*).

Analisi granulometriche condotte da vari autori sugli strati superficiali di diversi ravaneti mostrano differenze significative tra ravaneti vecchi e ravaneti recenti. Questi ultimi contengono una

maggior percentuale di materiale fine, dovuta sia al fatto che il materiale riciclato per la produzione di carbonato di calcio viene ottenuto per vagliatura dei detriti di cava effettuata in loco, sia perché le tecniche di coltivazione moderne che utilizzano il filo diamantato e macchine tagliatrici a catena producono grandi quantità di marmettola che, come ben noto, costituisce un miscuglio di acqua e materiale assimilabile per dimensione ai limi. La stratigrafia dei ravaneti mostra quindi le tracce dell'evoluzione delle tecniche di coltivazione proprio attraverso la variazione della distribuzione granulometrica dei materiali costituenti l'ammasso.

Lo strato superficiale dei ravaneti attivi (circa 2 metri) risulta assai poco permeabile e favorisce quindi il ruscellamento superficiale, che costituisce uno dei meccanismi fondamentali di destabilizzazione. Le acque tendono a saturare tale strato superficiale prima dello strato profondo producendo un aumento di peso che è causa dell'innescò dei fenomeni gravitativi osservati.

La zona di innesco è posta quindi in corrispondenza della sovrapposizione di strati a differente composizione granulometrica, derivanti dal susseguirsi di differenti tecniche estrattive.

I fattori predisponenti i dissesti sui ravaneti sono perciò da ricercarsi:

- a) nell'elevata concentrazione di matrice fine presente negli scarti messi in posto recentemente;
- b) nella presenza di tagli orizzontali ed impluvi;
- c) nell'elevata acclività dei ravaneti che spesso presentano angoli di riposo superiori ai 40° (quindi prossimi ad una pendenza del 100%).

Le colate di debris flows sono riconoscibili sul campo da una serie di caratteristiche geomorfologiche determinate dalla reologia del flusso. La zona di innesco dei debris flows che si sviluppano sui ravaneti è posta generalmente al bordo di superfici sub orizzontali, corrispondenti ai tagli stradali delle vie di arroccamento e dai piazzali di lavorazione. Morfologicamente queste zone sono caratterizzate da una scarpata metrica o plurimetrica semicircolare, accompagnata da una fascia di fratture di trazione. Il movimento generalmente inizia con uno scivolamento planare e successivamente la massa in movimento perde velocemente coesione trasformandosi in debris flow. Alla base della scarpata infatti si genera un canale a V, che corrisponde all'inizio della traccia di flusso.

La corrente detritica dotata di elevata capacità erosiva, scava quindi il suo alveo erodendo ulteriore materiale che la fa amplificare procedendo verso valle, dove deposita i materiali erosi nella forma di coni alluvionali (lobi di accumulo) e talvolta di argini naturali (argini deposizionali in rilievo rispetto alla superficie del ravaneto) che delimitano il canale erosivo e sono generati dall'espansione laterale della corrente detritica (Fig. 3.3).

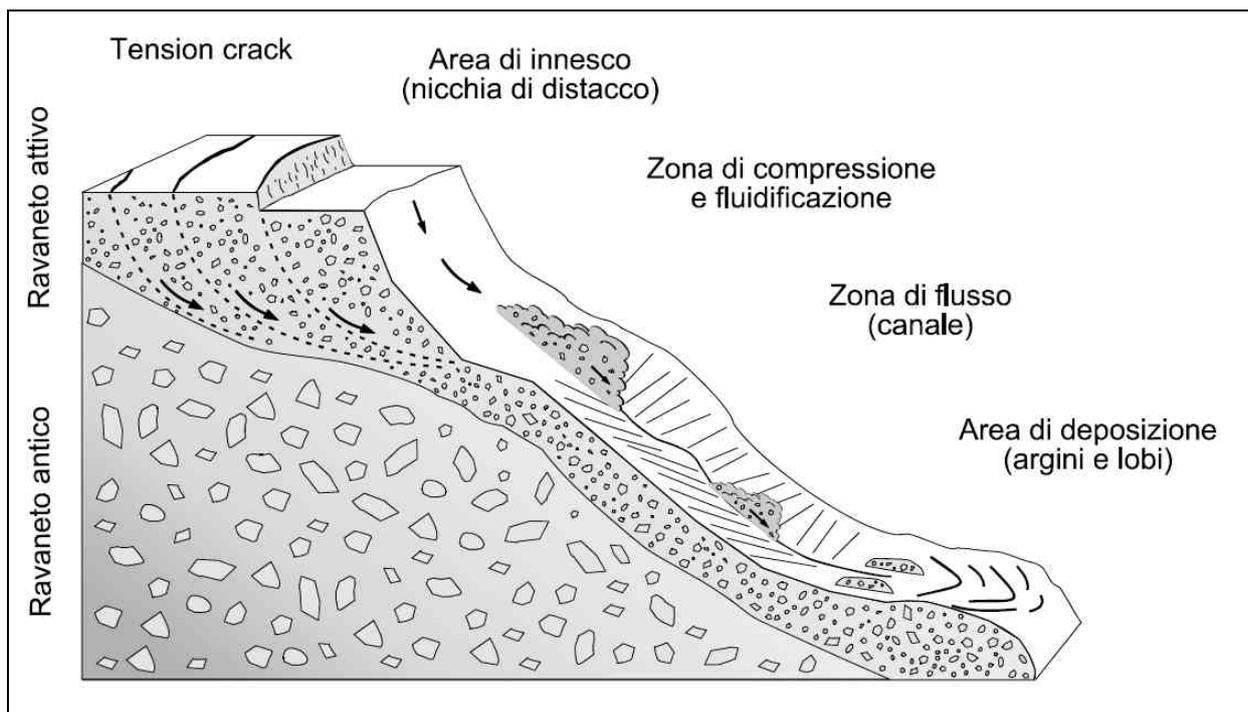


Fig. 3.3. Rappresentazione schematica degli eventi di debris flows nei bacini marmiferi di Carrara (disegno tratto da Baroni et al., 2001)

Debris flows rilevati sui ravaneti dei bacini estrattivi (a1dfa)

Il rilevamento geomorfologico di dettaglio condotto sui ravaneti dei bacini estrattivi ha permesso l'identificazione di 98 debris flows attivi (Fig. 3.4 e Tab. 3.1). Il rilievo è stato condotto mediante:

- sopralluoghi e riscontri di campagna eseguiti all'interno dei quattro bacini estrattivi di Pescina Boccanaglia, Torano, Miseglia e Colonnata;
- aereofoto-interpretazione di ortofoto del 2007, 2009, 2010 e 2013;
- rilievo geomorfologico su base LIDAR 2012 di proprietà della Regione Toscana che copre l'intera area estrattiva;
- verifica/aggiornamento degli elementi geomorfologici precedentemente individuati mediante analisi dell'immagine satellitare datata 31/10/2015 (immagine più recente, disponibile, che copre la totalità dei bacini marmiferi).

Lo stato di attività è stato valutato su base esperta mediante riscontri sul campo oltre che mediante una analisi comparata della morfologia dei dissesti su base ortofoto/Lidar/satellite per i vari anni di osservazione disponibili. Infatti, per la maggior parte dei dissesti rilevati, la comparazione morfologica eseguita per il periodo indagato, ha individuato, il permanere di evidenze morfologiche di movimento (scarpate, canali o solchi di incisione a V, argini deposizionali e lobi di accumulo) circoscritte a porzioni di ravaneti ben definite, malgrado la differente localizzazione delle varie forme osservate, dovuta sia agli effetti del dinamismo dell'attività estrattiva (che richiede, all'interno dei ravaneti attivi, una modifica pressochè costante della viabilità di arroccamento) sia al progressivo arretramento e allargamento dei dissesti secondo una serie di mobilitazioni retrogressive.

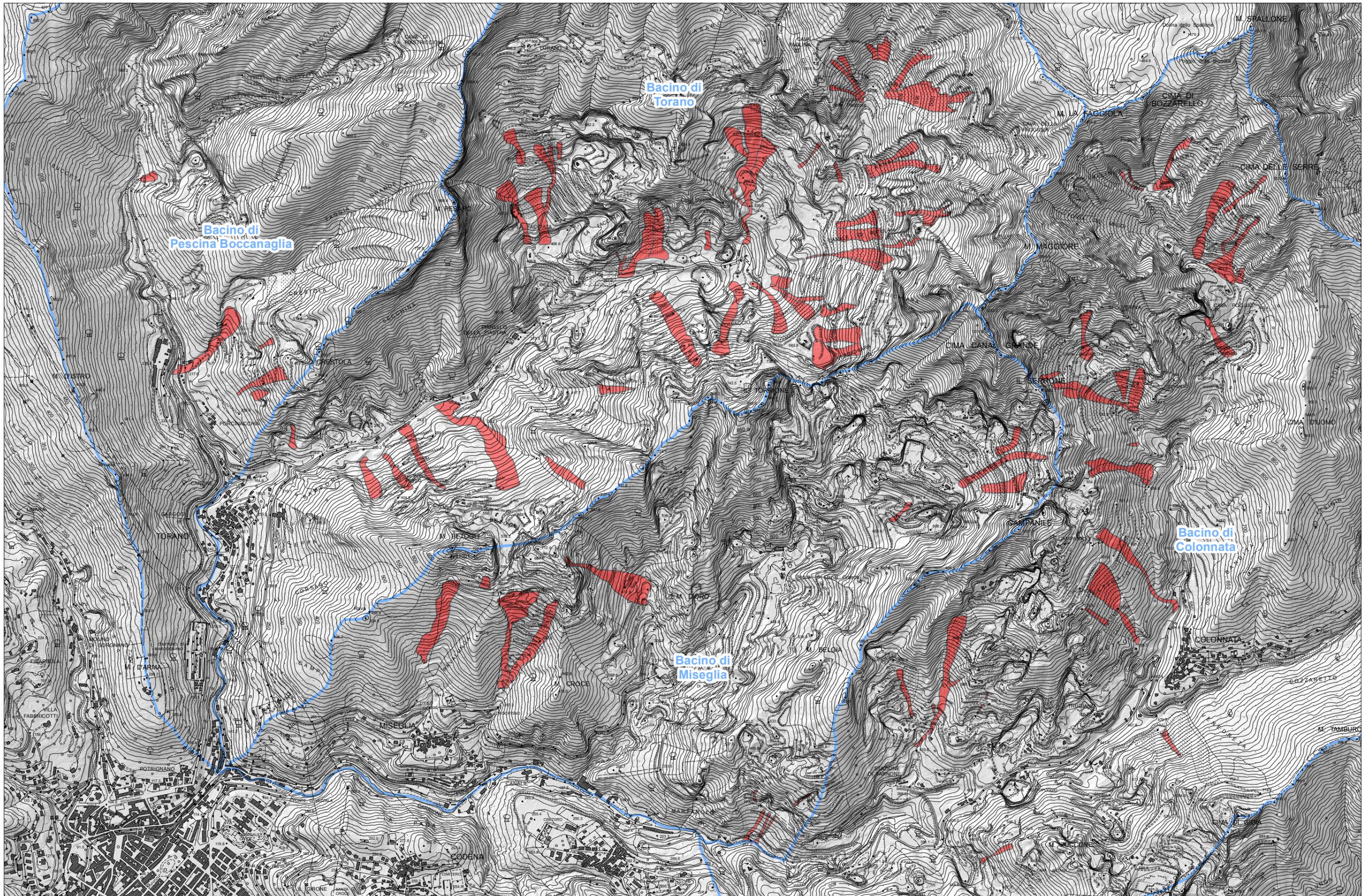


Fig. 3.4 Distribuzione dei debris flows attivi nei bacini estrattivi di Carrara. Sono cartografati i corpi di frana più significativi originatisi da uno o più eventi gravitativi tra loro coalescenti (censimento al 31/10/2015 - scala 1:15.000)

debris flows

Nella carta geomorfologica prodotta, sono cartografati i corpi di frana più significativi originatisi da uno o più eventi gravitativi tra loro coalescenti.

Con riferimento alla morfometria dei dissesti censiti, la superficie totale interessata dai debris flows risulta molto variabile oscillando da poche centinaia di metri quadrati degli eventi singoli più piccoli ad oltre 40.000 mq degli eventi coalescenti più importanti. Allo stesso modo, anche le lunghezze complessive dei vari dissesti osservati, variano da poche decine ad alcune centinaia di metri.

A titolo di esempio si cita un gruppo di debris flows attivi presenti nel bacino di Torano in località Canal Bianco che complessivamente interessano una superficie totale pari a circa 44.000 mq. Il corpo di frana più rilevante presenta una lunghezza planimetrica complessiva di 610 metri e un dislivello tra zona di innesco e unghia del corpo di frana pari a 290 metri (Fig. 3.5).



Fig. 3.5. Immagine aerea di parte dell'area estrattiva del bacino di Torano con evidenziato (bordo arancio) il gruppo di debris flows attivi presenti in località Canal Bianco con sup. tot = 44.000 mq

Nella carta geomorfologica prodotta, sono inoltre dettagliate le aree interessate da erosione lineare o incanalata, i canali di debris flow sia interni a dissesti attivi che in forma relitta e in analogia con lo studio Prof.Baroni 2010 sono state censite le tracce dei canali di scarica (percorsi di caduta del materiale detritico dai piazzali di cava) indipendentemente dal loro stato di attività.

Gli elementi sopra descritti hanno permesso di classificare i dissesti censiti come attivi in pieno accordo con la definizione di stato di attività contenuta nella normativa di settore (DPGR 53/R del 2011): “*qualora siano presenti evidenze morfologiche di movimento che, non avendo esaurito la loro evoluzione, possono considerarsi recenti, riattivabili nel breve periodo con frequenza e/o con carattere stagionale*”.

Dall'analisi della distribuzione dei dissesti (Fig.3.4 e Tab. 3.1) emerge che il bacino estrattivo di Torano risulta quello maggiormente interessato da debris flows attivi registrando la presenza di circa il 50% delle frane censite. A questo, segue il bacino di Colonnata con un numero di 30 dissesti, Miseglia con 15 e Pescina Boccanaglia con 5.

Il raffronto del rilievo geomorfologico, interno ai bacini estrattivi, eseguito nel presente studio con quello effettuato da Baroni nel 2010 (“*Geomorphological map and raised-relief model of the Carrara marble basins, Tuscany, Italy scala 1:10.000*” che si riferisce a rilievi condotti negli anni 2004-2007) indica, in generale, un’ottima corrispondenza tra le aree di ravaneto interessate da dissesti attivi (debris flows). Il confronto, fa però ritenere che, negli ultimi 10 anni, vi sia stato un aumento della frequenza di debris flows correlato anche alla destabilizzazione di ravaneti che lo studio Baroni 2010 cartografava come inattivi. La ricerca e l’analisi delle cause collegate all’aumento della frequenza dei dissesti registrati esula tuttavia dalle finalità del presente studio.

Bacini estrattivi del Comune di Carrara	n° debris flows	Sup. (kmq)
Pescina Boccanaglia	5	0,03
Torano	48	0,37
Miseglia	15	0,12
Colonnata	30	0,17
	98	0,69

Tab 3.1. Distribuzione dei debris flows per singolo bacino estrattivo al 31/10/2015

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.

Nel complesso si può affermare che questo fenomeno di dissesto risulta poco rappresentato nel territorio comunale ed è circoscritto a specifiche aree.

Le frane di crollo più importanti sono quelle che si sono verificate all'interno di alcune cave dismesse, poste a monte della S.P. per Gagnana (Fig. 3.6) dove si sono registrati fenomeni di crollo importanti sia nel 2010 che nel 2012. In questa zona si sono generate, a più riprese, frane in roccia a ridosso delle scarpate di una vecchia cava oggi in disuso. Tali dissesti si sono verifi-

cati, probabilmente, a causa della saturazione delle fratture in roccia presenti nella parte superficiale più alterata del calcare Massiccio. Massi anche di grandi dimensioni si sono distaccati dalle pareti rocciose e il materiale scaricato a valle ha formato coni di detrito nell'ex piazzale di cava prossimo alla viabilità provinciale. Distacchi di massi si sono verificati nel tempo anche lungo la parte alta della zona montana, sia lungo la viabilità che conduce a Campocecina sia tra il piazzale dell'Uccelliera e la Foce di Pianza dovuti in questo caso alla rottura per taglio degli Scisti Sericitici in condizione di stratificazione a franapoggio. Fenomeni secondari di crollo sono stati infine osservati in corrispondenza dei cigli delle terrazze morfologiche costituite dai conglomerati fluviali cementati, dove possono aprirsi pericolose fenditure come quelle registrate in passato in località Bacchiotto.

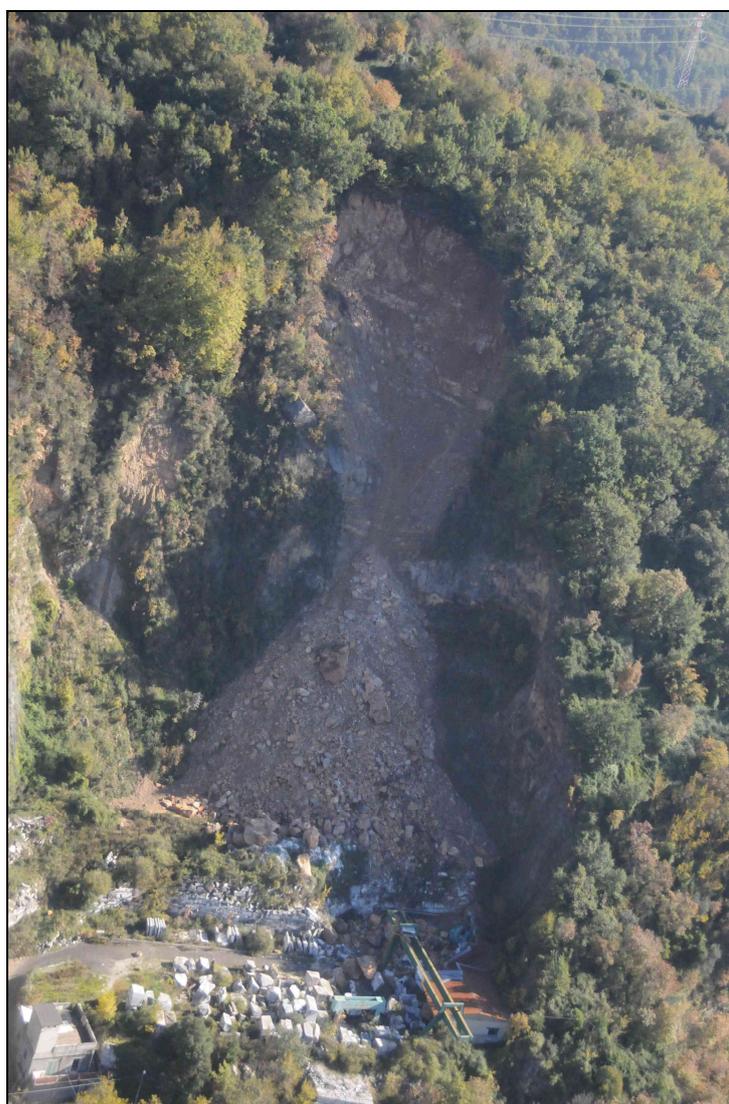


Fig. 3.6. Frana di crollo in località Linara in prossimità della S.P. per Gragnana (foto scattata da elicottero della Protezione Civile Regionale - Novembre 2010).

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 e l'esecuzione di 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. 3.2 e nei grafici di Fig. 3.7.e.3.8.

Tipologia di Frana	N° Frane	ATTIVE		QUIESCENTI	
		Numero	Sup. (kmq)	Numero	Sup. (kmq)
Corpo di frana complessa	123	23	0,26	100	2,19
Corpo di frana di scorrimento	136	49	0,17	87	0,46
Corpo di frana di colamento	320	147	0,24	173	1,76
Debris flows (ravaneti bacini estrattivi)	98	98	0,69	-	-
Corpo di frana di crollo o ribaltamento	10	7	0,05	3	0,015
	687	324	1,41	363	4,425

Tab. 3.2. Inventario dei fenomeni franosi riscontrati sul territorio del Comune di Carrara, divisi per tipologia e stato di attività con indicazione delle relative superfici occupate

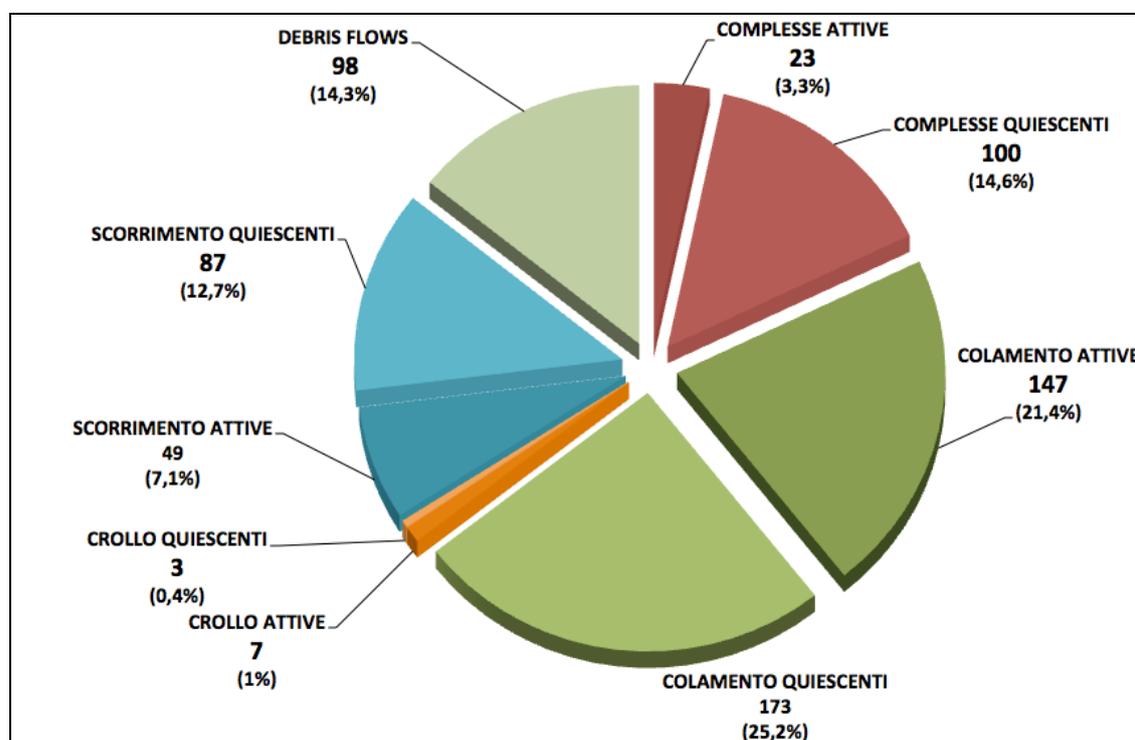


Fig. 3.7. Suddivisione del numero complessivo delle frane censite sul territorio comunale (n°687) sulla base della loro tipologia

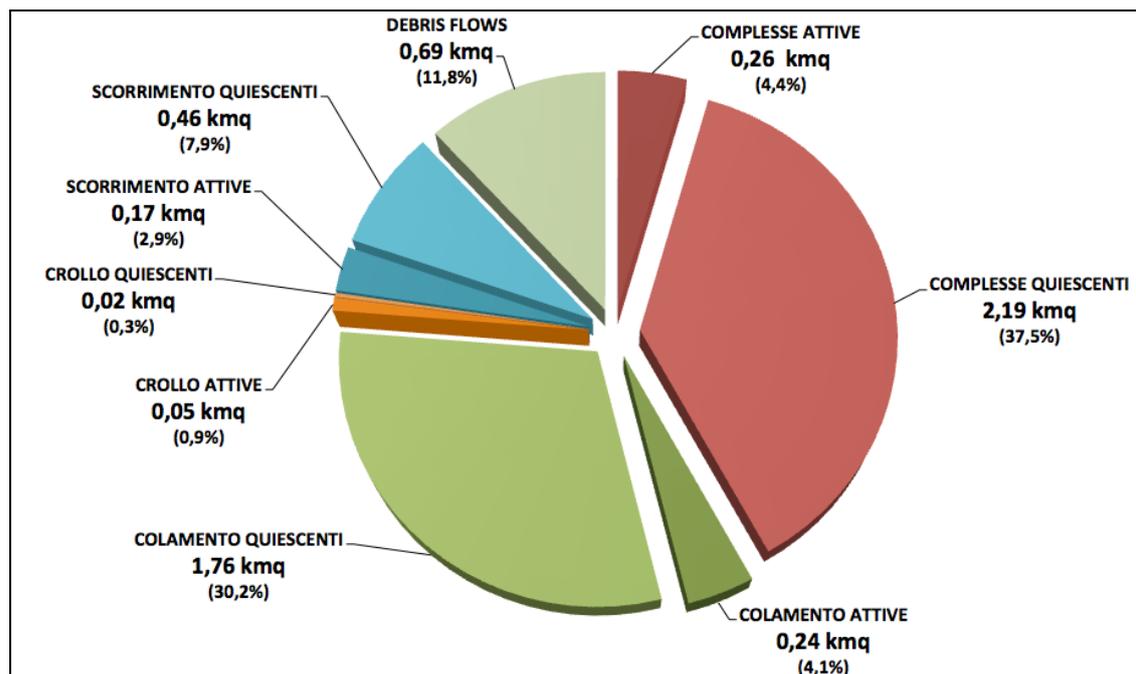


Fig. 3.8. Suddivisione della superficie complessiva delle frane censite sul territorio comunale (c.a. 6 kmq) sulla base della loro tipologia

Il rilievo geomorfologico ha evidenziato un numero complessivo di **687** frane distribuite sull'intero territorio comunale. L'analisi dei dati mostra i rapporti esistenti tra il numero delle frane associate a ciascuna tipologia con la superficie di territorio complessivamente occupata.

FORME FLUVIALI, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI AD ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

In questa categoria di forme sono compresi 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; gli alvei fluviali attuali e quelli abbandonati 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 è stato condotto su base Lidar (vedi esempio in Fig. 3.9). Per la definizione degli orli di terrazzo ricostruiti su base morfologica e/o storica e per gli alvei abbandonati artificialmente (parte bassa del bacino del Carrione) è stata eseguita un'analisi mediante aereofoto interpretazione di serie storiche di immagini con particolare riferimento ai voli del 1937 dell'IGM e del 1971 della Regione Toscana.

Tra i terrazzi fluviali meglio conservati vanno menzionati quelli di Bedizzano e di Miseglia dove sorgono i paesi omonimi. In quest'area, il Torrente Carrione scorre in una valle profondamente incassata originata dalla reincisione di precedenti suoi depositi alluvionali. Tale fenomeno risulta particolarmente vistoso nella parte nord del terrazzo fluviale sul quale è sito il paese di Bedizzano dove si osservano scarpate in depositi fluviali cementati (Olocene-Pleistocene?) con altezze che raggiungono circa ottanta metri rispetto alla quota di deflusso attuale del corso d'acqua (Fig. 3.9 e 3.10).

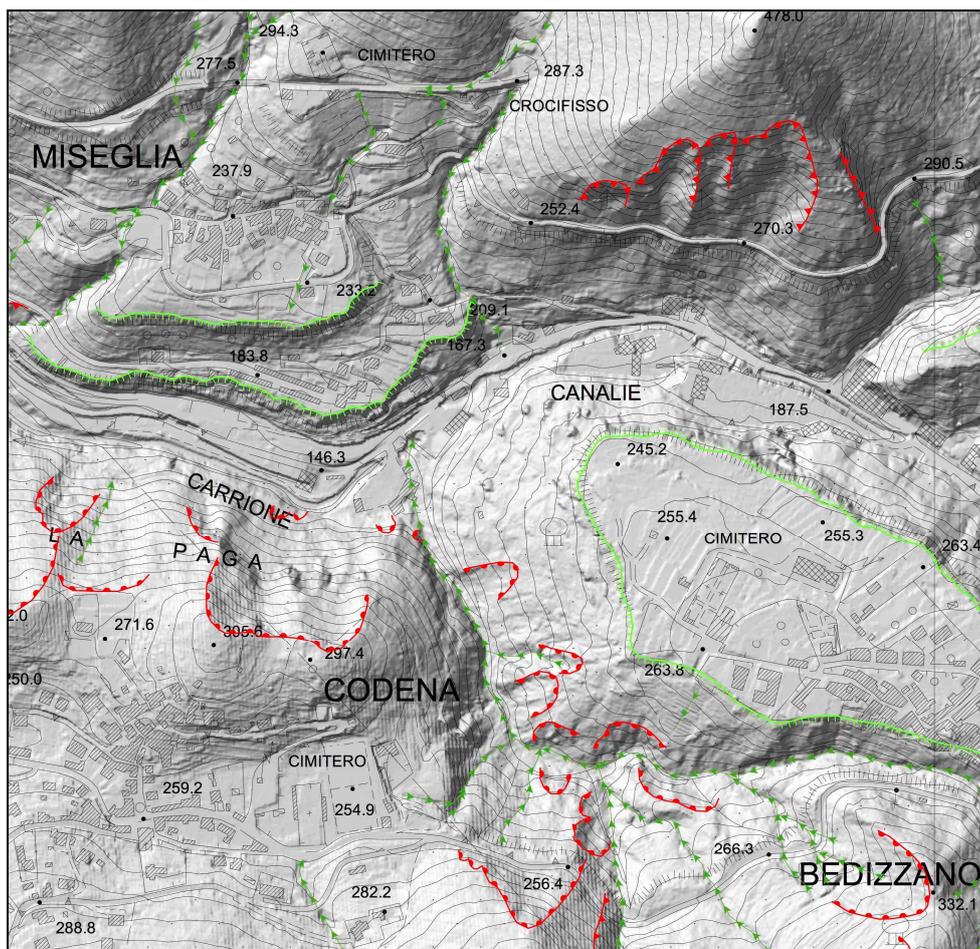


Fig. 3.9. Orli di terrazzo inattivi rilevati su base Lidar (paesi di Bedizzano e Miseglia)



Fig. 3.10. Panoramica del tratto montano della valle del T. Carrione con vista dei terrazzi fluviali di Bedizzano e Miseglia e indicazione (linee verdi tratteggiate) degli orli di scarpata inattivi delimitanti i terrazzi medesimi

Le **Forme di accumulo** comprendono i conoidi alluvionali di deiezione olocenici e pleistocenici (conoide del Torrente Carrione del Pleistocene medio superiore) distinti, in carta, con specifica simbologia.

La forma più significativa è quella assunta dalla conoide alluvionale del Carrione, oggi solo parzialmente conservata ed osservabile a causa sia dei processi di rielaborazione superficiale sia della forte antropizzazione. La deposizione della conoide è legata alle fasi fredde del Pleistocene medio 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 Carrione e la loro redistribuzione allo sbocco nella pianura e lungo parte della piattaforma continentale. La deposizione ed il modellamento della conoide si sono fermati 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.

Lungo la fascia al piede dei versanti i vari corsi d'acqua hanno prodotto una serie di conoidi alluvionali di età olocenica. La loro forma è ancora 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 le hanno generate sia dell'intensità dei processi di messa in posto dei depositi.

Lungo la parte mediana del corso del torrente Carrione si osservano le tracce delle conoidi di Fossola e Bonascola, rispettivamente collocate in destra e sinistra idrografica del Carrione.

Nel centro storico della città di Carrara sono visibili, seppur obliterati dall'intensa urbanizzazione, le tracce delle conoidi di deiezione di Monterosso, su cui sorge l'ospedale civico cittadino (Fig. 3.11 e 3.12) e la conoide di deiezione associata al Canale del Rio che scende dalla zona della "Foce".

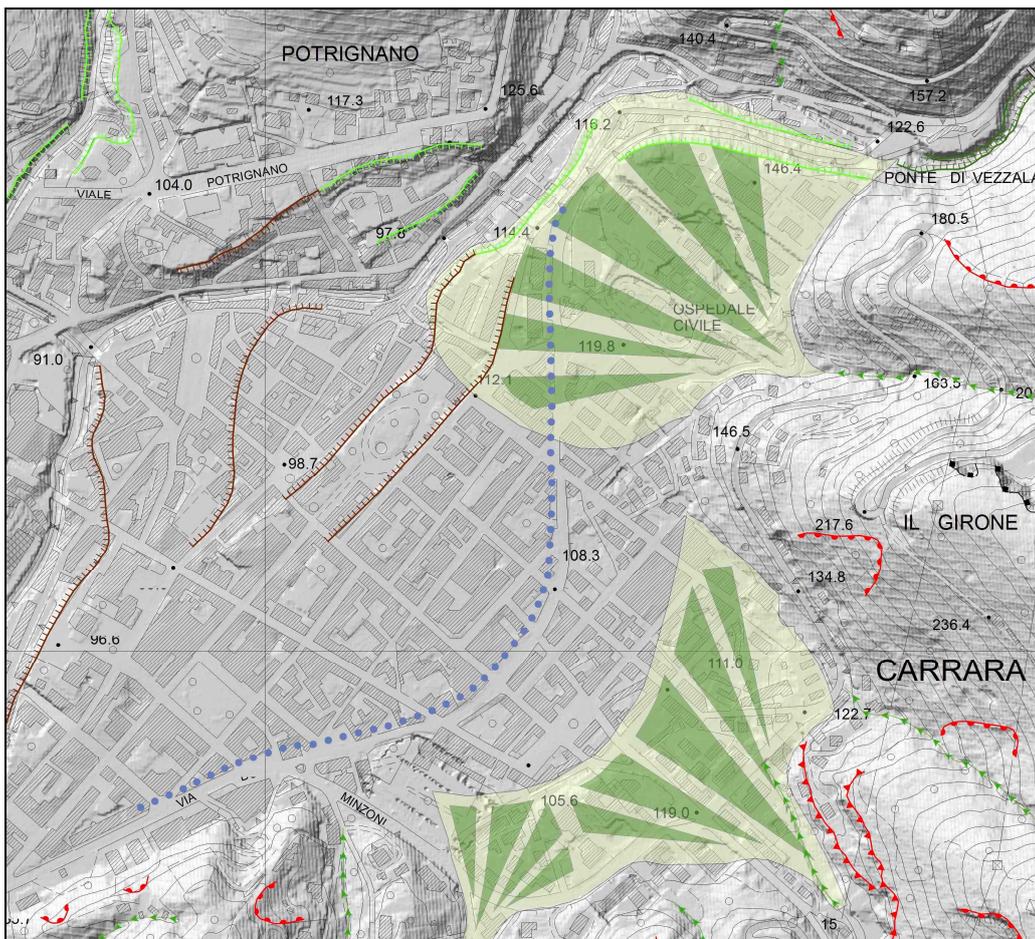


Fig. 3.11. Planimetria del centro cittadino con ubicazione delle conoidi di deiezione ancora riconoscibili impostate allo sbocco dell'ampia conca morfologica su cui sorge la città di Carrara.

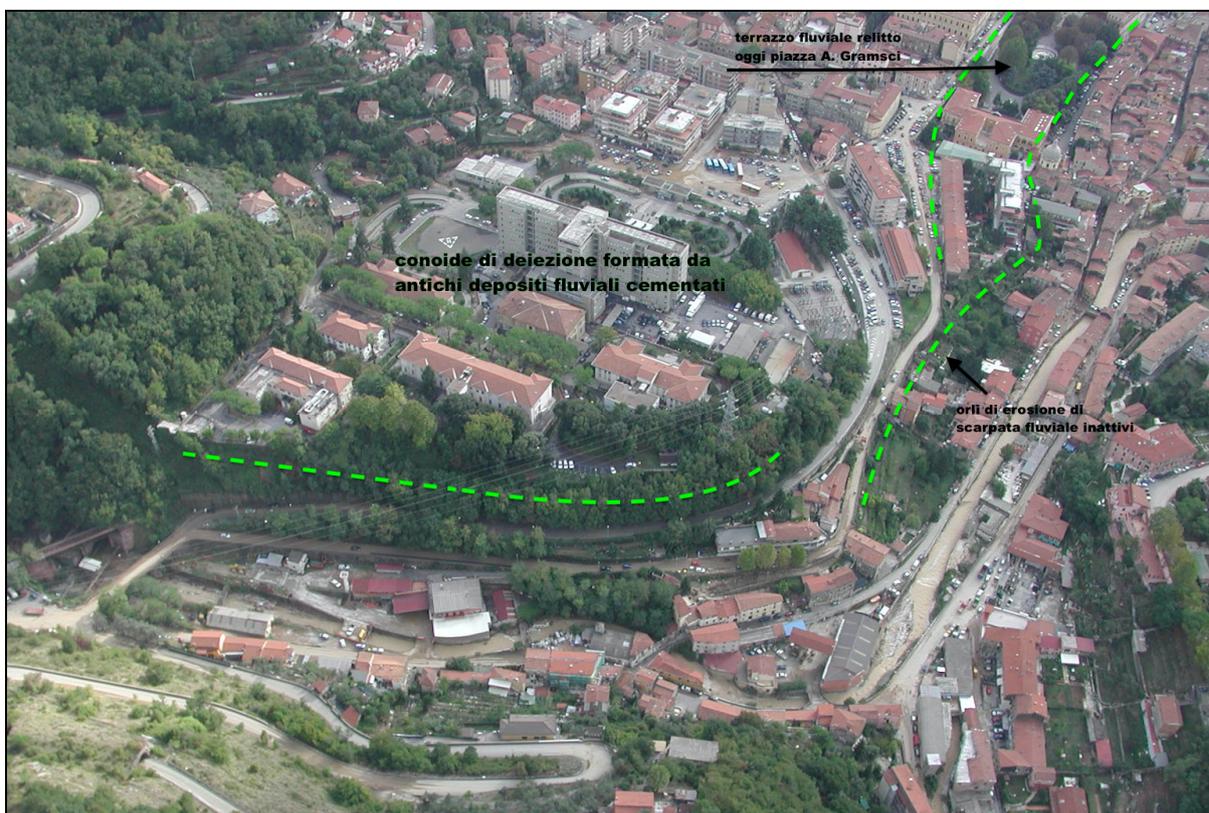


Fig. 3.12. Foto panoramica della parte nord della città di Carrara con indicazione dei principali orli di erosione delle scarpate fluviali inattive che interessano la conoide di deiezione alluvionale sita in località Monterosso.

FORME CARSICHE

Tra le varie forme carsiche presenti nel territorio carrarese, il presente studio, in considerazione del suo carattere applicativo, si è occupato di quelle di interesse per l'analisi della pericolosità geologica. Le principali forme carsiche analizzate sono ubicate in corrispondenza del paese di Bergiola Foscantina dove sono state censite doline e avvallamenti doliniformi. Per l'analisi di altre forme carsiche sia epigee che ipogee si rimanda alla vasta bibliografia esistente sull'argomento. La località di Bergiola Foscantina si trova in corrispondenza di un ripiano morfologico ubicato sul versante occidentale del M. Brugiana ad una quota di circa 500 metri s.l.m. In questa zona affiora estesamente il substrato litoide costituito dal Calcere Cavernoso, interessato da importanti fenomeni di carsismo epigeo (doline).

Sono osservabili sia doline di tipo "a scodella" (vedi ad esempio la dolina impostata a quota 497.6 metri s.l.m. indicata con una freccia gialla in Fig.3.13) con fianchi poco inclinati e caratterizzate da un fondo ampio e piano formato da depositi di terra rossa (un suolo argilloso di colore rossastro), sia *avvallamenti doliniformi* costituiti da fosse di dimensioni anche notevoli originate, probabilmente, dalla fusione di più doline adiacenti e la cui morfologia è mascherata dal riempimento prodotto ad opera di terreni detritico-colluviali provenienti dall'alterazione e disfacimento delle unità filladiche presenti sul versante occidentale del M. Brugiana che secondo gli studi di microzonazione sismica effettuati dagli scriventi presentano spessori compresi tra 10 e 30 metri (zona 2014 nella carta delle MOPS). Gli avvallamenti doliniformi censiti presentano una forma di tipo a "piatto" in quanto presentano una lunghezza del diametro maggiore molto superiore alla loro profondità.

A questo proposito significativa risulta la forma doliniforme presente a sud, all'inizio del centro abitato, dove si può osservare un esteso avvallamento a piatto sede del campo sportivo del paese di Bergiola Foscantina (vedi forma indicata dalla freccia blu di Fig.3.13). Questa fossa di dimensioni notevoli, chiamata dagli abitanti "La Varra", ha subito nel tempo ampie modificazioni per mano dell'uomo. Un tempo vi si svolgevano attività agricole, soprattutto colture ortensi, adesso tali coltivazioni sono relegate nella parte nord a monte della viabilità che conduce al paese oltre che attorno ad alcune case costruite nella dolina stessa. Nel corso degli anni, la morfologia della dolina è stata modificata sia per l'allargamento della strada che porta al paese (via nuova Bergiola), sia per la costruzione, sul fondo di parte di essa, di un terrapieno successivamente adibito a campo sportivo. Rimane quindi ben poco della primitiva forma della vallecchia creata dall'erosione carsica. Essendo il diametro maggiore della dolina di circa 190 metri, il suo rapporto con la profondità la classifica appunto una forma a piatto.

Si riscontrano poi delle depressioni quasi completamente obliterate dall'antropizzazione dell'area che, probabilmente, mascherano anch'esse un'origine carsica. Tali forme sono state chiamate *avvallamenti doliniformi presunti* (vedi forma indicata dalla freccia bianca di Fig. 3.13).

Appare importante notare che la maggior parte delle doline censite sono poste una di seguito all'altra ad altitudini diverse, ma collegate tra loro da processi di fusione. È possibile che la loro genesi sia legata al progressivo approfondimento nel tempo del livello della falda idrostatica.

La presenza di doline di dimensioni notevoli con forma a piatto, unitamente alla mancanza di un reticolo idrografico superficiale attivo ed efficiente idraulicamente fa pensare ad un carsismo relativamente maturo come già segnalato da altri autori (*Federici et al. 1981*).

Le fenomenologie carsiche osservate si sono originate per dissoluzione della roccia carbonatica sottostante da parte dell'acqua di ruscellamento superficiale in movimento centripeto verso un punto assorbente, che diventa così un inghiottitoio che tende ad approfondirsi nel tempo con il perdurare dell'infiltrazione delle acque superficiali. Di recente, sempre nei pressi dell'abitato di Bergiola, si sono verificati due crolli delle volte di cavità sepolte che hanno dato origine in superficie a fenomeni tipo "*sinkhole*" (crateri) il più evidente dei quali si è verificato nel campo sportivo (Fig.3.13 e 3.14). Da alcuni studi effettuati nell'area di Bergiola e dai risultati di indagini geognostiche, sembrerebbe che l'ubicazione e lo sviluppo delle doline sia impostato lungo l'andamento di un sistema di fratturazione che caratterizza il Calcare Cavernoso che "guida" i percorsi delle acque superficiali e di infiltrazione.

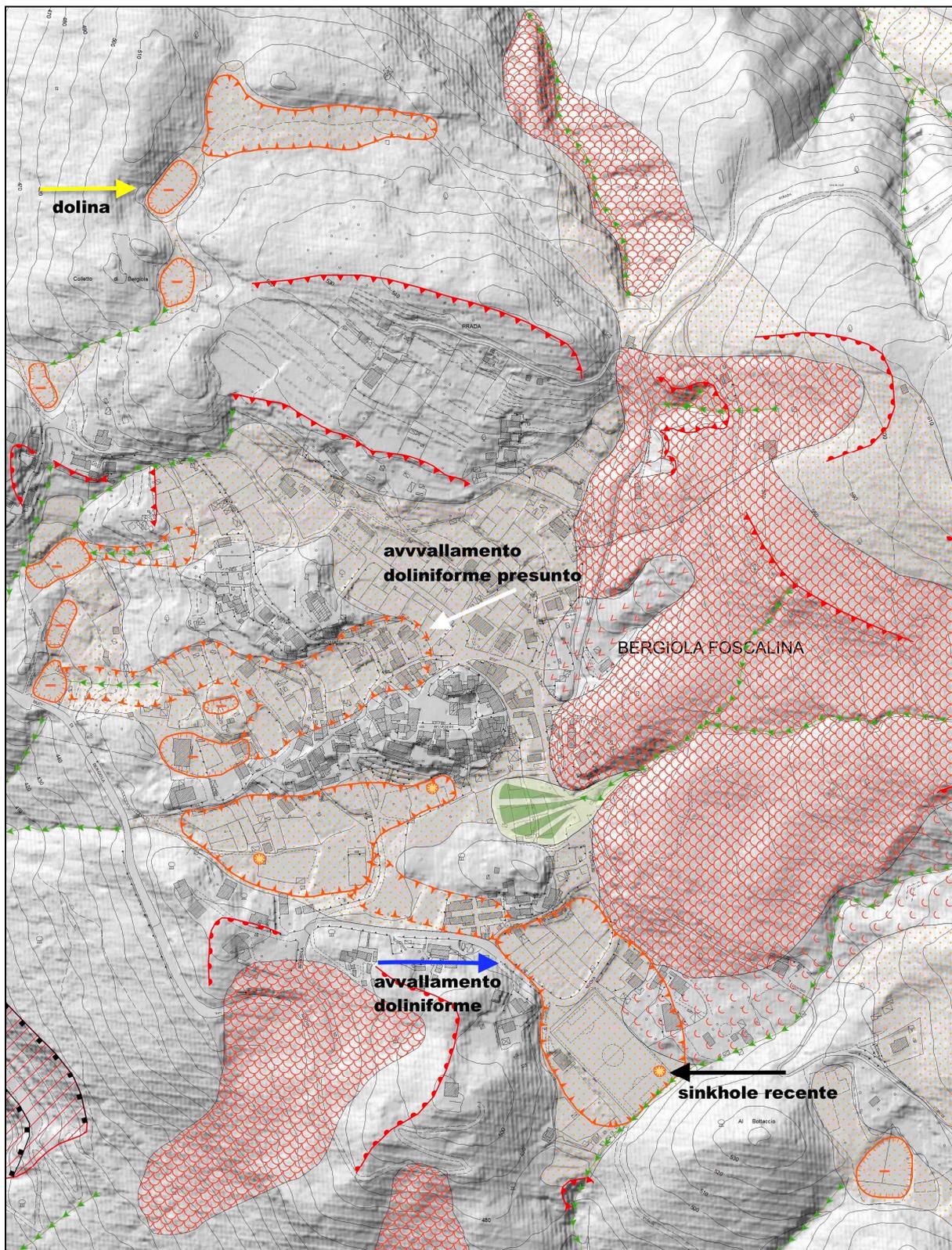


Fig. 3.13. Estratto della carta geomorfologica (sovrapposta su base lidar) dell'area di Bergiola Foscantina con evidenziate le forme carsiche più significative presenti nell'area (doline, avvallamenti doliniformi e sinkhole)



Fig. 3.14. Vista del sinkhole verificatosi c/o il campo sportivo del paese di Bergiola Foscalina nel Novembre 2010. L'ubicazione del sinkhole è indicata con freccia nera in Fig. 3.13 (immagine fornita dal geologo V. Carnicelli)

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTO ALL'UOMO E MANUFATTI

Forme e depositi artificiali: vi rientrano i terreni di riporto (*h5*), i ravaneti, le discariche di rifiuti speciali e i depositi di origine antropica.

Tra i depositi artificiali presenti nel territorio comunale quelli più significativi sono rappresentati dai "ravaneti" (*h3*), che come noto costituiscono estesi accumuli di materiale di scarto prodotti dall'intensa attività estrattiva del bacino marmifero di Carrara. Il rilievo geomorfologico di dettaglio dei ravaneti, compiuto in questo studio (aggiornato sulla base dello stato dei luoghi risultante dall'immagine satellitare datata 31/10/2015), ha permesso una precisa delimitazione cartografica degli stessi (Fig. 3.15) e il successivo calcolo della loro estensione areale (vedi Tab. 3.3.). Nella carta geomorfologica prodotta, oltre ai corpi detritici che giacciono sui versanti acclivi sottostanti le aree di cava, sono cartografati come ravaneti anche i depositi e/o manufatti realizzati nei fondivalle dei bacini estrattivi (riempimenti, terrapieni, rilevati, piazzali, viabilità etc..) utilizzando i medesimi materiali di scarto originati dall'attività estrattiva.

Superficie dei ravaneti (ha)					
Anno	Pescina Boccanaglia	Torano	Miseglia	Colonnata	Copertura totale
2015	34	207	120	187	548

Tab. 3.3. Estensione (ha) dei ravaneti presenti nei 4 bacini marmiferi del Comune di Carrara al 31/10/2015

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

Opere marittime, portuali e lacuali: vi rientrano il Porto di Carrara, la vasca di colmata “Piazzale Città di Massa”, le scogliere e i laghi artificiali;

Cave: vi rientrano le aree interessate dall’attività estrattiva (*area scavata*), le cave (attive, inattive e dismesse) e i saggi di cava; si specifica che con la dizione area scavata sono state perimetrare, attraverso il rilievo condotto mediante l’utilizzo di immagini aeree e satellitari (aggiornate al 31/10/2015), tutte le aree che, sotto il profilo prettamente geomorfologico, presentavano elementi morfologici caratterizzanti l’attività estrattiva (piazzi, tecchie, gradoni etc..) tali da avere più o meno marcatamente obliterato il profilo topografico naturale preesistente (vedi Tab. 3.4). I perimetri delle aree scavate descritti nella carta geomorfologica prodotta risultano, quindi, indipendenti dallo stato di attività delle cave e non correlabili alla geometria dei perimetri amministrativi (poligoni catastali) contenuti negli atti autorizzativi comunali.

Perimetrazione aree scavate	Sup. (kmq)
Aree scavate	2,94

Tab. 3.4. Estensione (kmq) delle aree scavate al 31/10/2015

FORME CRIONIVALI

Sono stati cartografati gli orli delle nicchie di nivazione già riprodotti in precedenti carte geomorfologiche (Baroni et. al. 2010 e 2015) oltre alla superficie di erosione glaciale nota per l’area di Campocecina.

FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLA DINAMICA MARINA

Vi rientrano la “*paleoripa marina*”, la linea di costa in erosione, i cordoni sabbiosi litoranei e la spiaggia recente ed attuale.

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 diversa origine dei tratti ancora conservati lungo un allineamento parallelo alla costa. In particolare, il tratto di paleoripa marina ancora riconoscibile risulta collocabile poco più a valle di via Passo della Volpe in località La Grotta dove l’antica falesia raggiunge altezze massime di circa due metri.

In prossimità del nucleo più antico dell’abitato di Avenza, poco più a monte della Torre di Castruccio Castracani, è stato invece evidenziato il tratto di paleoripa marina modellato dall’erosione fluviale un tempo esercitata dal T. Carrione (vedi Fig. 3.17).

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

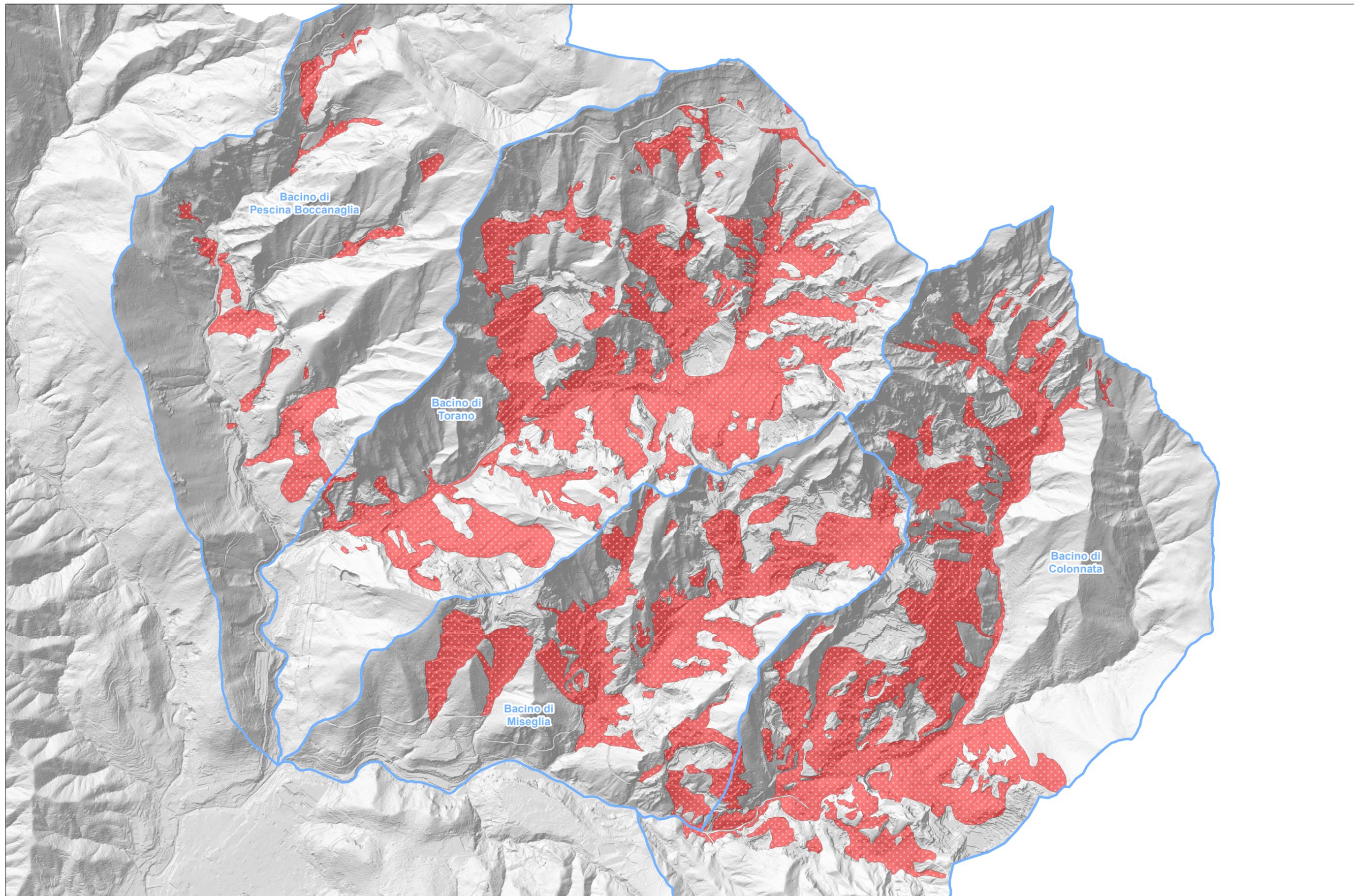


Fig. 3.15 Estensione dei ravaneti nei bacini estrattivi di Carrara (censimento al 31/10/2015 - scala 1:20.000)

 ravaneti (Sup. tot 5,48 kmq)

postglaciale, ha determinato lo scalzamento dell'unghia della conoide di deiezione depositata dal T. Carrione (Fig. 3.16).

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 corso d'acqua.

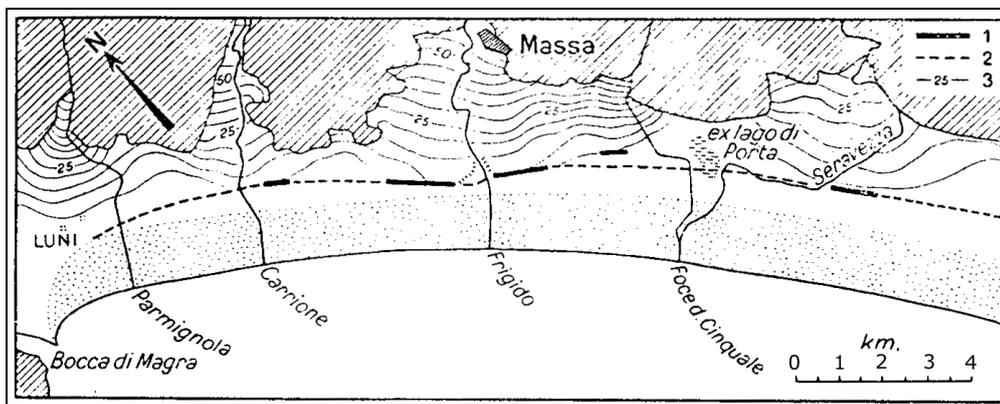


Fig. 3.16 Pianura costiera apuana (da Sestini, 1950). - 1. Tratti di riva visibili. - 2. Probabile posizione della linea di costa durante l'ultima trasgressione. - 3. Curve di livello con equidistanza di 5m (solo sui coni di deiezione). La punteggiatura indica la zona sabbiosa, il tratteggio distingue le formazioni montane delle Apuane.

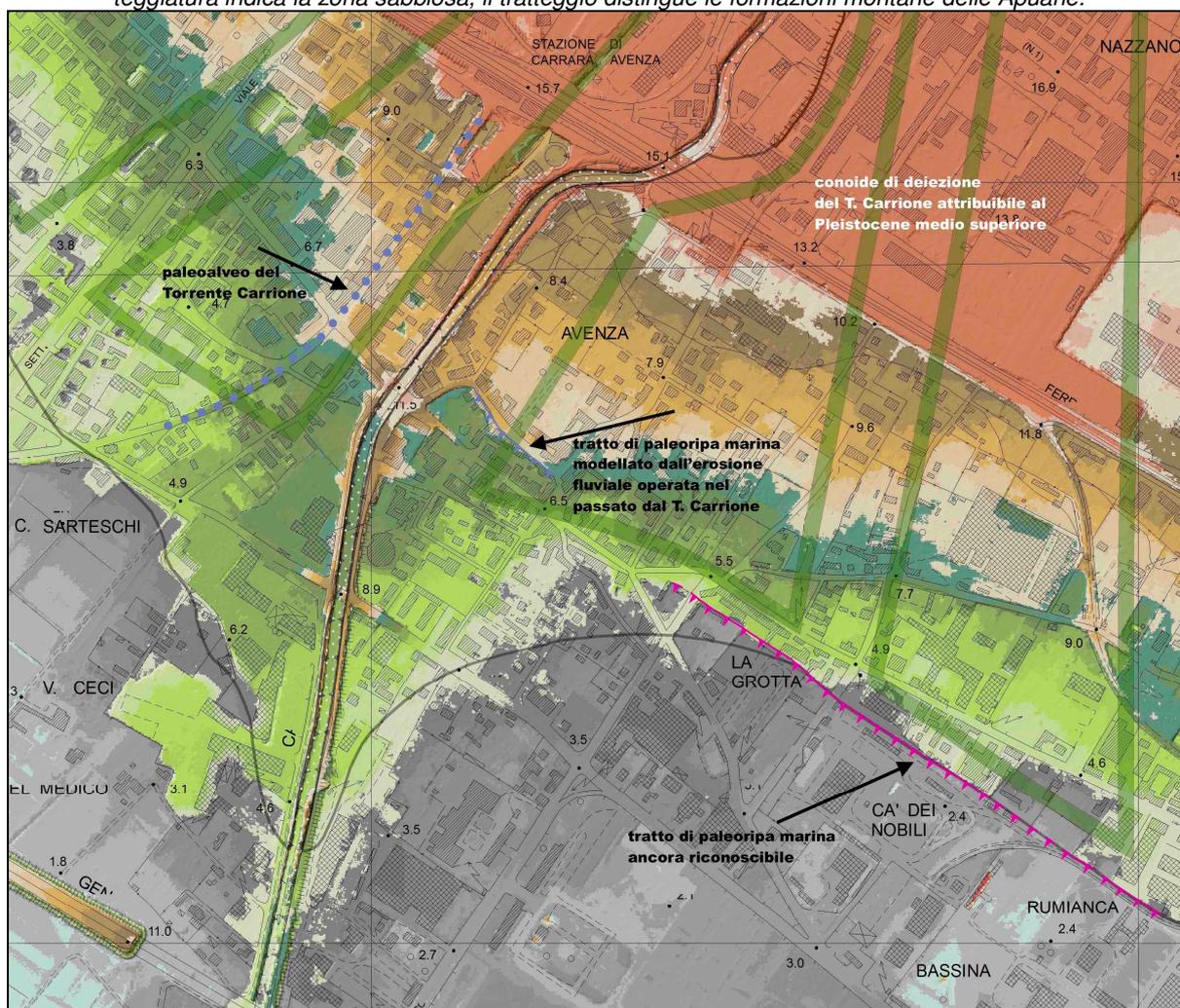


Fig. 3.17 Ubicazione dei tratti visibili della paleoripa marina, del paleoalveo e della conoide alluvionale di deiezione del Torrente Carrione sulla base del rilievo condotto su DTM ricavato dai dati LIDAR (2008)

L'aereofoto 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 oggi quasi 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 Torrente Carrione 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 mascherato dalla forte antropizzazione dell'area.

3. 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 Carrara, 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.

3.1 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 costituita dal D.P.G.R. 53/R del 25/10/2011 e dal Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino Regionale Toscana Nord (PAI) approvato con D.C.R.T n°11 del 25/01/2005.

La nuova carta della pericolosità geologica andrà a sostituire quella del PS vigente redatta, a suo tempo, ai sensi del precedente Regolamento di attuazione in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 26/R del 27/04/2007).

3.1.1 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 in senso stretto, geomorfologici e di dinamica costiera.

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

Classi di Pericolosità	descrizione
MOLTO ELEVATA (G4)	aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi.
ELEVATA (G3)	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%.
MEDIA (G2)	aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.
BASSA (G1)	aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giacitureali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

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:

$$P = f(F);$$



Classi di Pericolosità	Stato di attività fenomeni franosi (frequenza)
MOLTO ELEVATA (G4)	Attivo
ELEVATA (G3)	Quiescente
MEDIA (G2)	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 solifluzione che corrispondono a movimenti di massa a lenta velocità che interessano il suolo senza interessare il substrato litologico 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.):

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



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 quattro classi di pericolosità utilizza invece la corrispondenza visibile dalla tabella che segue (Tab. 4.4.).

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

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.”

3.1.2 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:

Classi di Pericolosità	descrizione
MOLTO ELEVATA (PFME)	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
ELEVATA (PFE)	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, 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 correlata, per le frane attive, sia allo stato di attività (F) dei fenomeni franosi che alla loro intensità come riportato nella tabella che segue:

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



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

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

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

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 tre “macrozone” rispetto alle quali non risulta correlata una specifica pericolosità geomorfologica:

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

3.2 Pericolosità geologica del Piano Strutturale del Comune di Carrara 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).

3.2.1 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 per la definizione della pericolosità geologica (pericolosità relativa) del territorio di Carrara 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 di fornire 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, immagini satellitari e grazie al rilievo e all'analisi dei dati condotta su base LIDAR.

A completare il quadro ricognitivo e di verifica sul campo della pericolosità sono stati analizzati anche tutti gli elementi forniti dall'Ufficio Ambiente e dal Settore Marmo con specifico riferimento ai lavori di messa in sicurezza, relativi ad alcuni ravaneti, prescritti alle ditte escavatrici tramite apposite ordinanze e/o autorizzazioni dei piani di coltivazione. In particolare, su indicazione dell'Ufficio Marmo, sono stati esaminati gli interventi eseguiti o ancora in fase di realizzazione per la messa in sicurezza dei seguenti ravaneti:

- Pulcinaccia (prescrizioni per la cava n.16 “Crestola B”);
- Fosso di Pescina (Ordinanza n.654/2014);
- Poggio Silvestre (Ordinanza n.659/2014);
- Bettogli (Ordinanza n.1008/2012);
- Lorano (Determinazione n.53 /2013);
- Battaglino Nord (prescrizioni per la cava n.22 “Lorano I”);
- Fossa di Canalbiano (Ordinanza n.660/2014);
- Fosso della Piana (Ordinanza n. 1446/2003 e seguenti);
- Fosso Calocara (Ordinanza n. 1446/2003 e seguenti);
- Fosso Carpevola (prescrizioni per la cava n.105 “Calocara C”);
- Fosso Fossaficola (Ordinanza 18.11.2008);
- Fosso Querciola (Ordinanza n. 658/2014)”

In considerazione dell’alto numero di informazioni raccolte, della specificità di ogni singolo intervento e della complessità, a volte, dell’iter amministrativo adottato, per ogni singolo intervento è stata predisposta una specifica scheda che contenesse le seguenti informazioni:

- a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016
- b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse
 - Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007);
 - Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011);
- c. Disposizioni dell’Ordinanza e/o prescrizioni dell’Autorizzazione del Settore Marmo
- d. Progetto e stato di attuazione degli interventi
 - Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto;
 - Stato autorizzativo del Progetto;
 - Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto;
- e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord
 - Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull’area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004);
 - Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano- DGRT 1328/2004);
 - Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004);
- f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

In Appendice si uniscono le schede relative ai ravaneti segnalati dall’Ufficio Marmo che hanno permesso dunque di valutare lo stato di pericolosità geologica dei bacini marmiferi anche in coerenza con gli interventi eseguiti da parte delle ditte esercenti.

3.2.1.1. 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 2011 e dal PAI Toscana Nord, è stata definita una classificazione della pericolosità geologica attraverso l'articolazione dell'intero territorio comunale in sette aree omogenee a crescente pericolosità G.1, G.2, G.3a, G.3l, G.3s, G.3b e G.4 secondo le definizioni di seguito riportate:

Pericolosità per caratteristiche geologiche

G.1	<p>Classe G.1: Pericolosità bassa</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 T. Carrione senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato.</p>
G.2	<p>Classe G.2: Pericolosità media</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>
G.3a	<p>Classe G.3.a: Pericolosità medio-elevata</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>
G.3b	<p>Classe G.3.b: Pericolosità elevata</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>
G.4	<p>Classe G.4: Pericolosità molto elevata</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, le aree interessate da soliflussi e le aree che possono essere interessate da accretate voragini per fenomeni carsici.</p>

Pericolosità per caratteristiche geotecniche

G.3l	<p>Classe G.3l: Pericolosità medio-elevata</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

G.3s	Classe G.3s: Pericolosità medio-elevata Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici.
-------------	--

La valutazione delle classi di pericolosità di cui sopra, discendono dalla sovrapposizione ragionata delle carte di base del PS, 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.

Le aree inserite in **classe G.1** (*Pericolosità geologica bassa*) corrispondono alle aree pianeggianti o subpianeggianti in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche e giaciture non costituiscono fattori predisponenti il verificarsi di processi morfoevolutivi.

In questa classe rientra un'ampia area di pianura costituita dalle alluvioni della conoide del Torrente Carrione comprendente le località Avenza, Anderlino, Turigliano e Nazzano nella parte più a sud, S. Antonio, zona Stadio e parte del centro storico di Carrara più a nord.

Pur trattandosi di aree senza condizionamenti d'ordine geologico in senso lato, 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.

Le aree inserite in **classe G.2** (*Pericolosità geologica media*) corrispondono alle aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati e/o 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. Nelle aree inserite in tale classe non risultano censiti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati.

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

Nell'ambito montano questa classe è scarsamente rappresentata e corrisponde per lo più ad aree a bassa pendenza (<14°) o addirittura pianeggianti 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. Nel settore montano, vengono inserite in tale classe le aree pianeggianti corrispondenti ai paesi di Castelpoggio e Codena, nonché la conca di origine glaciale di Campocecina.

Le **classi G.3a** (*Pericolosità geologica medio-elevata*), **G.3I** (*Pericolosità geologica medio-elevata per caratteristiche geotecniche*), **G.3s** (*Pericolosità geologica medio-elevata per propensione alla subsidenza*) e **G.3b** (*Pericolosità geologica elevata*) derivano dalla suddivisione della classe G.3 del 53/R del 2011. Tale suddivisione ha permesso una differenziazione delle specifiche criticità reali e/o potenziali riscontrate localmente secondo un grado di pericolosità di-

stinto per singoli fattori che la determinano.

Le aree omogenee inserite in ciascuna classe risultano pertanto caratterizzate dalla presenza di uno o più fattori di instabilità geologica, riscontrati a scala comunale, come indicato nella tabella di cui sotto:

Classe di Pericolosità DPGR 53 R/2011	Classi di Pericolosità G.3 - PS Carrara	Fattori di instabilità geologica
ELEVATA (G.3)	ELEVATA (G.3b)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frane quiescenti su versanti con acclività superiore al 40% con indicatori geomorfologici che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di media intensità; 2. Aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee; 3. Aree interessate da intensi fenomeni erosivi; 4. Discariche di rifiuti speciali e depositi di origine antropica (aree interessate da processi accertati di degrado di carattere antropico); 5. Aree con terreni di copertura s.l. in condizioni di instabilità geomorfologica potenziale (dim); 6. Aree interessate da coperture detritiche naturali su versanti con pendenze superiori al 60%; 7. Aree esposte a possibili fenomeni di caduta massi 8. Ravaneti caratterizzati da una significativa presenza di materiali fini e da indizi di instabilità connessi all'acclività e all'erosione operata dalle acque superficiali (presenza di solchi di debris flows associabili a forme relitte, aree interessate da ruscellamento concentrato e diffuso)
	MEDIO - ELEVATA (G.3a)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aree caratterizzate da elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una media propensione al dissesto, 2. Aree interessate da coperture detritiche su versanti con pendenze comprese tra il 25% e il 60%; 3. Versanti in roccia o con roccia sub-affiorante 4. Area scavata (aree di cava interne ai bacini estrattivi così come riportate nella carta geomorfologica)
	MEDIO - ELEVATA (G.3I)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aree potenzialmente soggette a cedimenti differenziali per la presenza di terreni compressibili con caratteristiche geotecniche variabili da mediocri a scadenti
	MEDIO - ELEVATA (G.3s)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aree potenzialmente soggette a subsidenza per caratteri stratigrafici, litotecnici ed idrogeologici

Tab 4.9. Suddivisione della pericolosità elevata G.3 in più classi e correlazione con i fattori di instabilità geologica.

La suddivisione della classe G.3 del 53 R/11 ha consentito di:

1. differenziare in maniera più rigorosa la pericolosità del territorio comunale sulla base dei diversi tipi di frana e/o altri tipi di instabilità geologica rilevati (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 differenziare, 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, con riferimento all'introduzione normativa della soglia clivometrica del 25% (14°) ad opera del 53/R, la quasi totalità dell'area collinare e montana del Comune di Carrara, 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.

Come indicato nella tabella 4.9 appare importante evidenziare che, per quanto riguarda l'area dei bacini marmiferi, le aree di cava oggetto di escavazione, come criterio generale, sono state associate ad una pericolosità geologica di tipo medio-elevata G.3a. Tale assunto deriva dal fatto che l'attività di cava, regolamentata da specifiche norme di settore, permette di avere una precisa conoscenza della pericolosità geologica sia tramite le obbligatorie analisi di stabilità allegate ai piani di coltivazione sia attraverso i provvedimenti adottati dagli Enti preposti alla vigilanza e alla sicurezza delle lavorazioni.

A differenza delle aree scavate, i ravaneti sono stati classificati secondo le classi di pericolosità geologica G.3a, G.3b e G.4 in base al numero crescente di indizi di instabilità geomorfologica in essi riscontrati. La semplice applicazione del fattore di instabilità geologica correlato all'acclività (vedi il caso delle coperture detritiche naturali su versanti con acclività superiore al 60%) non risulta applicabile ai ravaneti del comprensorio marmifero carrarese se non dopo un'attenta analisi delle diverse condizioni fisiche e morfologiche che li caratterizzano. La natura artificiale dei ravaneti, spesso caratterizzati da angoli di riposo prossimi o superiori ai 40°, ha imposto un'analisi caso per caso su base esperta delle varie criticità riscontrate.

I ravaneti caratterizzati da una significativa presenza di materiali fini e da indizi di instabilità connessi all'acclività e all'erosione operata dalle acque superficiali (presenza di solchi di debris flows associabili a forme relitte, aree interessate da ruscellamento concentrato e diffuso) sono stati inseriti in classe G.3b. Con riferimento a tale classe, particolare attenzione è stata posta, ad esempio, ai ravaneti prodotti dall'accumulo degli scarti di lavorazione per scarico dall'alto ancora in corso, dove potrebbero verificarsi movimenti gravitativi di assestamento dell'ammasso detritico per sollecitazioni anomale anche di tipo sismico o ancora le aree di accumulo detritico con rilevante presenza di frazioni granulometriche fini che possono essere interessate da fenomeni di debris-flow in caso di eventi piovosi particolarmente rilevanti o essere erose dal passaggio di flussi iperconcentrati di acqua e fango.

I ravaneti attivi interessati da colamenti per debris-flow sono stati inseriti, invece, nella classe G.4 mentre i ravaneti senza particolari indizi di instabilità, ancorché caratterizzati da acclività significative, sono stati inseriti nella classe G.3a analogamente alle aree scavate.

Le aree inserite in **classe G.4** (*Pericolosità geologica molto elevata*) corrispondono alle aree in cui sono presenti fenomeni attivi.

Trattasi delle aree del territorio comunale caratterizzate da criticità idro-geomorfologiche e fattori di instabilità geologica più significativi. Per questa classe è risultato fondamentale individuare le aree di possibile evoluzione del dissesto con particolare riferimento alle aree urbanizzate che possono essere coinvolte.

In classe G.4, oltre alle frane attive, vi rientrano tutti quei tratti di corsi d'acqua, spesso 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 e sabbie grossolane trasportate per meccanismi misti di trasporto idrico e gravitativo (vedi le sigle *di* e *dis* nella carta geomorfologica). Si mobilitano in corrispondenza degli eventi meteorici critici a causa dell'innescio 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 tutte quelle aree interessate da ricorrenti fenomeni di crollo e caduta massi già ampiamente descritte nel capitolo precedente.

Per quanto riguarda l'area estrattiva, come già accennato in precedenza, rientrano in classe G.4 i debris flows censiti all'interno dei ravaneti del bacino marmifero e in generale tutte le coperture detritiche originate dall'attività estrattiva che possono essere coinvolte dal progressivo arretramento e allargamento dei dissesti secondo una serie di mobilitazioni retrogressive. L'evoluzione di tali dissesti può coinvolgere, in taluni casi, anche le aree di fondovalle con particolare riferimento alle viabilità ed edifici ivi esistenti. La delimitazione cartografica delle aree di possibile evoluzione dei debris flows è stata effettuata su base esperta, facendo ricorso anche a tecniche GIS capaci di individuare, su base Lidar 2012, le direzioni più probabili di deflusso superficiale delle acque e la direzione di scorrimento assunta dai debris flow secondo le direttrici di massima pendenza. Sempre all'interno del bacino estrattivo ricadono in G.4 anche alcuni tratti di viabilità di fondovalle che possono essere interessati da flussi iperconcentrati di acqua e fango conseguenti alla mobilitazione di ravaneti attivi. Un contributo all'aumento del trasporto solido nei corsi d'acqua di fondovalle, correlabile all'evoluzione dei dissesti per debris flow, appare ammissibile solo per aree specifiche del comprensorio estrattivo tra cui il bacino di Pescina Boccanaglia, il tratto del Carrione a valle della località Mortarola (bacino di Colonnata) e la parte bassa del Canale di Piastra (bacino di Torano).

In classe G.4. rientrano inoltre le aree che possono essere interessate da accertate voragini per fenomeni carsici come quelle documentate in località Bergiola Foscalina.

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 Carrara.

Si ritiene utile sottolineare che per le classi G.3b e G.4, la pericolosità geologica indotta dalla presenza di frane così come quella associata ad altri fenomeni di instabilità, 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:

Classi di Pericolosità del PS	Stato di attività fenomeni franosi	Tipologia (intensità)
MOLTO ELEVATA (G.4)	Attivo	aree con dissesto in atto al momento del rilevamento e con fenomeni inattivi che presentano però <i>indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di elevata intensità;</i> 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 le aree che possono essere interessate da accertate voragini per fenomeni carsici
ELEVATA (G.3b)	Quiescente	fenomeni quiescenti con <i>indicatori geomorfologici precursori di fenomeni di instabilità che fanno prevedere attivazioni o riattivazioni di movimenti di massa di media intensità</i>

Tab 4.10. Correlazione utilizzata nel PS tra Pericolosità delle frane, frequenza di occorrenza e intensità dell'evento.

3.2.1.2. 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 valutazioni 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.

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 comunale è per lo più riconducibile a fe-

nomeni 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 evoluzione 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.

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.).

3.2.1.3. 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 1/5 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:

Criteri di delimitazione fissi	Fenomeni attivi	classe G.4
---------------------------------------	------------------------	-------------------

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. 4.1. e 4.2.);

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 gli orli di scarpata di degradazione, 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), risulta rappresentata dalle infrastrutture viarie e dalle aree urbanizzate poste sul fondovalle di versanti ad elevata pendenza (Esempio 3);

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

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, 4 e 5).

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 fissa" (Buffer) intorno all'area in dissesto.

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

Per la delimitazione delle 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 fissa" (Buffer) intorno alle frane.

Di seguito si riportano n° 5 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 colamento sita in prossimità del paese di Gragnana sul versante posto in destra idrografica del torrente omonimo. Tale frana ha interessato, di recente, il canale denominato della "Selva" che origina un modesto impluvio che confluisce appunto nel Torrente Gragnana (Fig. 4.1). 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); dato l'assetto geomorfologico considerato,

la zona di possibile evoluzione del dissesto risulta vincolata all'impluvio dove scorre il Canale della Selva mentre l'area che può essere coinvolta dall'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 Torrente Gagnana.

Esempio 2. Tratta il caso di un versante coltivato per lo più a vigneto ubicato in località Castellaro, interessato dalla presenza di diverse frane attive di colamento di neoformazione. Le frane in studio, tutte di piccole e medie dimensioni, sono concentrate, prevalentemente, in prossimità degli impluvi esistenti (Fig. 4.3).

Nel caso in studio, la zona 1 (area in dissesto da frane attive) è costituita dall'area occupata dalle frane attive mentre la zona 2 (area di influenza) è rappresentata dall'area di possibile espansione e/o retrogressione dei vari fenomeni franosi individuati. In questo caso l'area urbanizzata che può essere coinvolta dall'evoluzione del dissesto è rappresentata da una casa di civile abitazione posta alla base del versante e dalla viabilità di valle sita in località Marasio. Si ritiene infatti possibile che la viabilità di fondovalle possa veicolare flussi iperconcentrati di fango ed acqua provenienti dal fosso di Monteverde (asta idrica in cui convergono le frane di colamento sopra descritte), diretti verso via Pascoli (vedi Fig. 4.4).

Esempio 3. Tratta il caso di frane di crollo attive presenti sul versante in sinistra idrografica del Torrente Gagnana collocato in località Linara.

In questa zona, si sono registrati fenomeni di crollo importanti sia nel 2010 che nel 2012 in corrispondenza delle scarpate di una vecchia cava oggi in disuso. Tali dissesti si sono verificati, probabilmente, a causa della saturazione delle fratture in roccia presenti nella parte superficiale più alterata del calcare Massiccio.

Il rilievo ha evidenziato, oltre alle frane di crollo di recente riattivazione, anche delle lineazioni (orlo di scarpata di frana e orlo di degradazione naturale) sede di possibili distacchi di massi (vedi Fig.4.5). Questo rappresenta il caso più semplice di applicazione del "Criterio 2_G4_crollo" nel quale la perimetrazione della pericolosità G4 è avvenuta cartografando oltre ai corpi dei singoli dissesti (zona 1) anche la zona 2 (area di influenza) compresa tra le lineazioni geomorfologiche rilevate, sede di potenziale distacco di massi, e il fondovalle sottostante. In questo caso, la zona urbanizzata che può essere coinvolta dall'evoluzione dei dissesti (zona 2a), risulta rappresentata dagli edifici, attrezzature e macchinari al servizio delle attività produttive collocate alla base del versante (presenti all'interno dell'ex piazzale di cava) e dalla strada provinciale per Gagnana (vedi Fig. 4.6).

Esempio 4. Tratta il caso dell'area di Calocara sopra il paese di Miseglia. Qui, come noto, sono presenti gli imponenti ravaneti di Calocara ovest e Calocara est insistenti rispettivamente sugli

impluvi del Canal del Piano e sul Fosso di Calocara (o Fosso di Boecchia). Parte di questi ravaneti è interessata da fenomeni di debris flow attivi che nel corso degli ultimi venti anni hanno determinato numerosi disagi per la viabilità posta a valle oltre che per parte degli abitanti del paese di Miseglia (vedi Fig.4.7). In questo caso, la zona 1 è costituita dall'area occupata dalle frane di colamento attive (evidenziate dalla linea bianca in Fig.4.8), la zona 2 (area di influenza) è rappresentata da un vasto areale originato dal possibile progressivo arretramento e allargamento dei dissesti secondo una serie di mobilizzazioni retrogressive mentre la zona 2a (area urbanizzata che può essere coinvolta dall'evoluzione dei dissesti) interessa, oltre alle viabilità sottostanti, anche un gruppo di edifici collocati lungo le direzioni di possibile evoluzione delle correnti detritiche provenienti dai ravaneti sopra descritti. Con riferimento a ciò, lo studio ha inoltre individuato la possibilità, per un gruppo di abitazioni collocate nella parte est del paese di Miseglia, di essere interessate, non tanto da colate di detriti (ritenute cinematicamente non ammissibili) bensì da flussi iperconcentrati di acqua e fango, veicolati lungo via Fantiscritti, originati a seguito della potenziale mobilizzazione del ravaneto di Calocara est (vedi Fig.4.8);

Esempio 5. Tratta il caso di fenomeni carsici attivi rilevati c/o il paese di Bergiola Foscalina rappresentati da doline e avvallamenti doliniformi (vedi Fig.4.9). Le fenomenologie carsiche osservate si sono originate per dissoluzione della roccia carbonatica (substrato roccioso presente sotto la coltre eluvio-colluviale) da parte dell'acqua di ruscellamento superficiale in movimento centripeto verso un punto assorbente, che diventa così un inghiottitoio che tende ad approfondirsi nel tempo con il perdurare dell'infiltrazione delle acque superficiali. L'attività dei fenomeni carsici osservati è stata confermata anche dai recenti due crolli (novembre 2010) delle volte di cavità sepolte che hanno dato origine in superficie a fenomeni di tipo "*sinkhole*" (c/o il campo sportivo di Bergiola e nelle immediate vicinanze del centro di preghiera chiamato "Casa sollievo dello Spirito").

In questo caso, la zona 1 è costituita dall'area occupata dagli avvallamenti doliniformi che definiscono l'area in dissesto per accertate voragini per fenomeni carsici (vedi areali delimitati dalle linee rosse visibili in Fig.4.10), mentre la zona 2 (area di influenza) è stata definita mediante l'ampliamento cautelativo della zona 1 con un buffer di 5 metri ed includendo una fascia carsica (avvallamento doliniforme presunto) interposta tra le forme carsiche attive.

Nel contesto sopra descritto la zona 2a (area urbanizzata che può essere coinvolta dall'evoluzione dei fenomeni carsici) coincide con l'area di influenza sopra descritta e comprende tutta una serie di edifici interni agli avvallamenti doliniformi, per lo più adibiti a civile abitazione, oltre che alcuni tratti della viabilità comunale al servizio dell'abitato di Bergiola Foscalina (Fig.4.10).

ESEMPIO 1	FENOMENI ATTIVI	CLASSE G.4
------------------	------------------------	-------------------

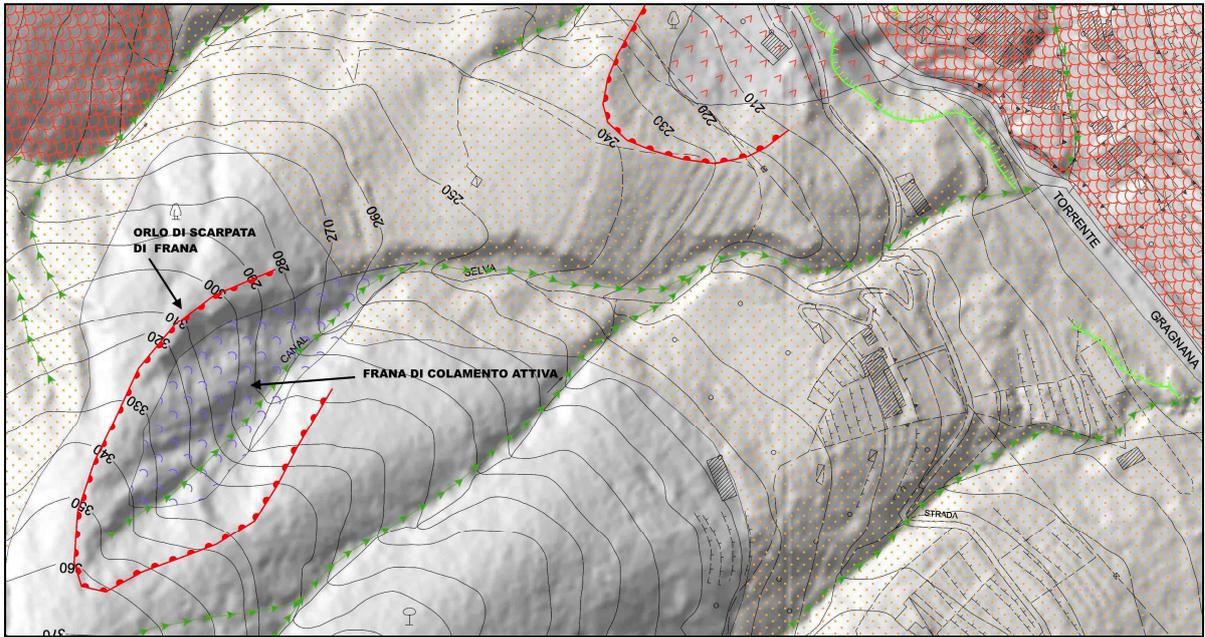


Fig 4.1.

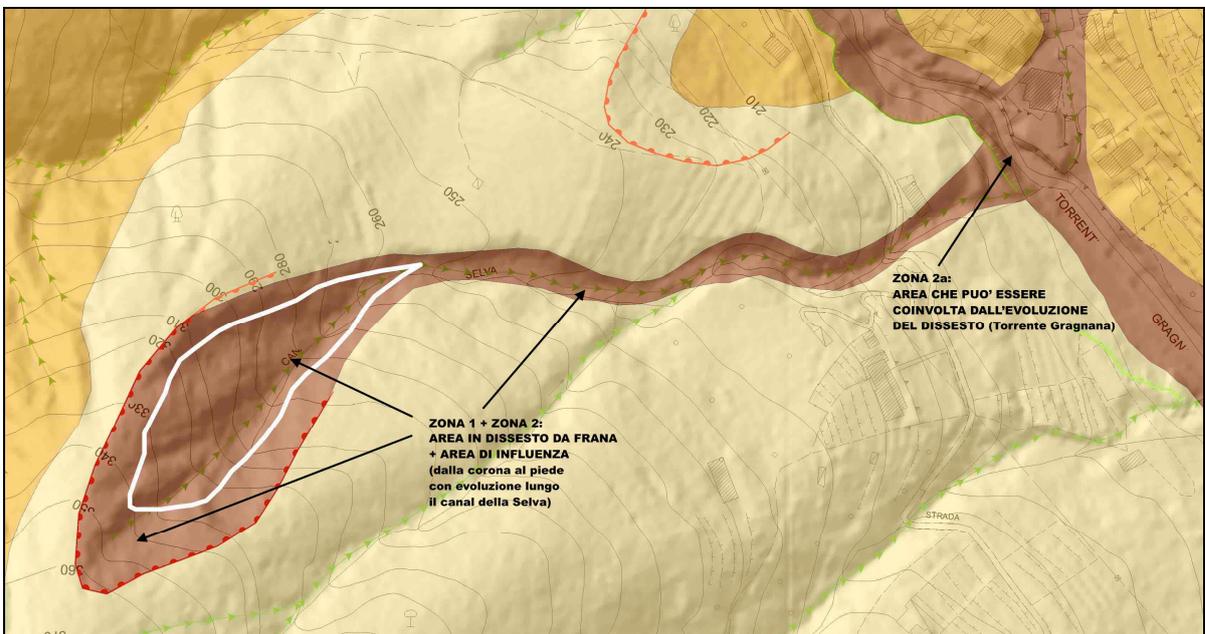


Fig 4.2.

ESEMPIO 2	FENOMENI ATTIVI	CLASSE G.4
------------------	------------------------	-------------------

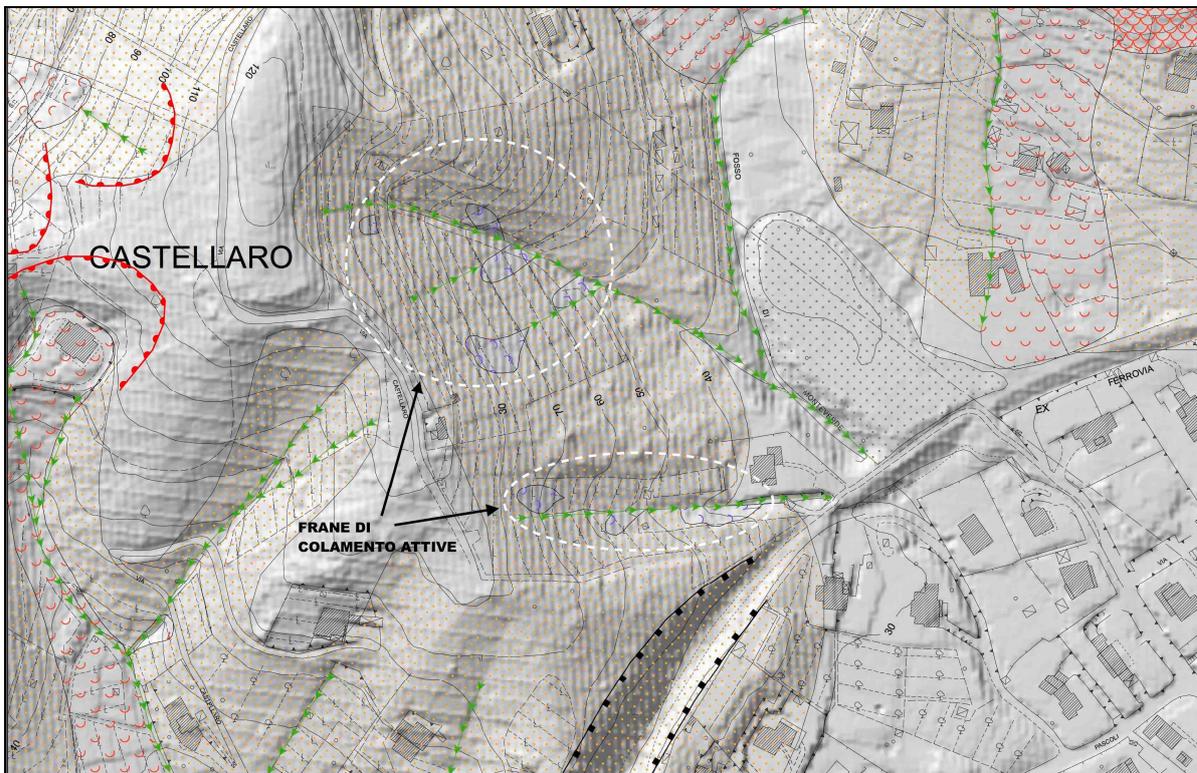


Fig 4.3.

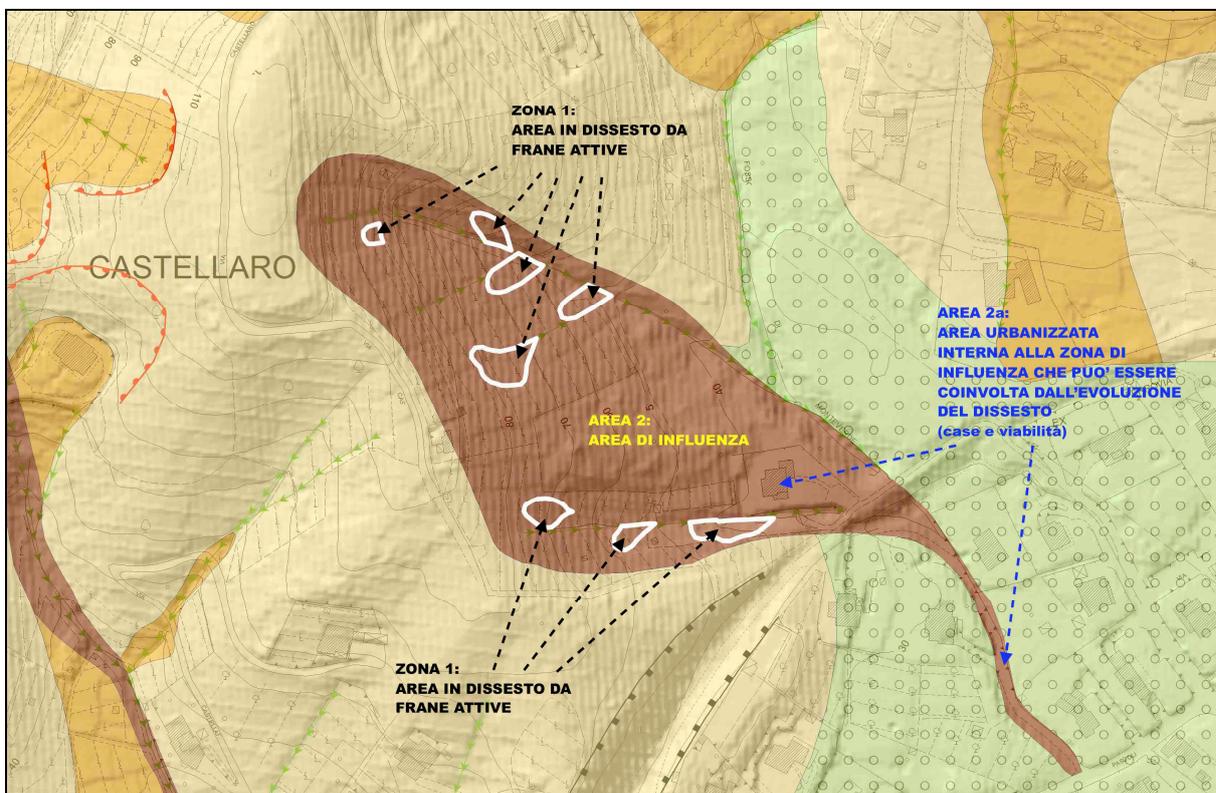


Fig 4.4.

ESEMPIO 3	FENOMENI ATTIVI	CLASSE G.4
------------------	------------------------	-------------------

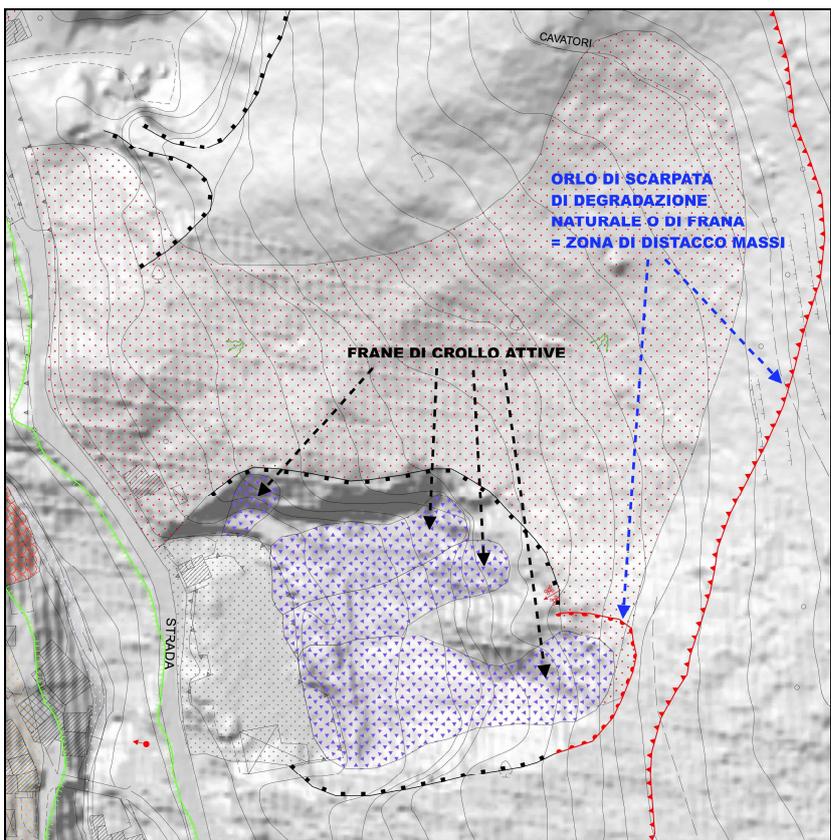


Fig 4.5.

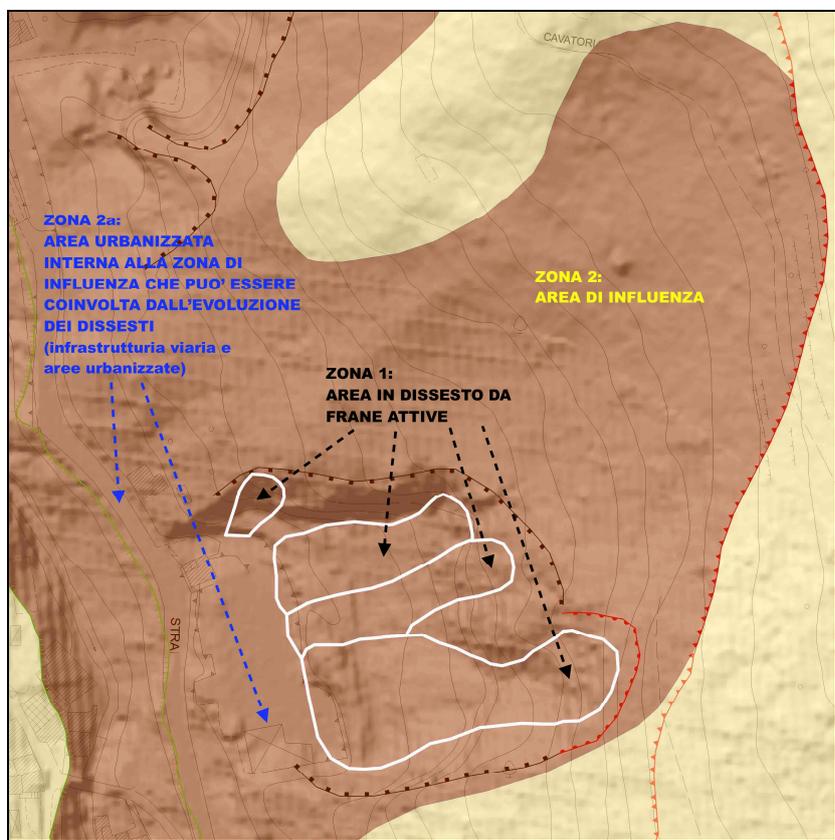


Fig 4.6.

ESEMPIO 4	FENOMENI ATTIVI	CLASSE G.4
------------------	------------------------	-------------------

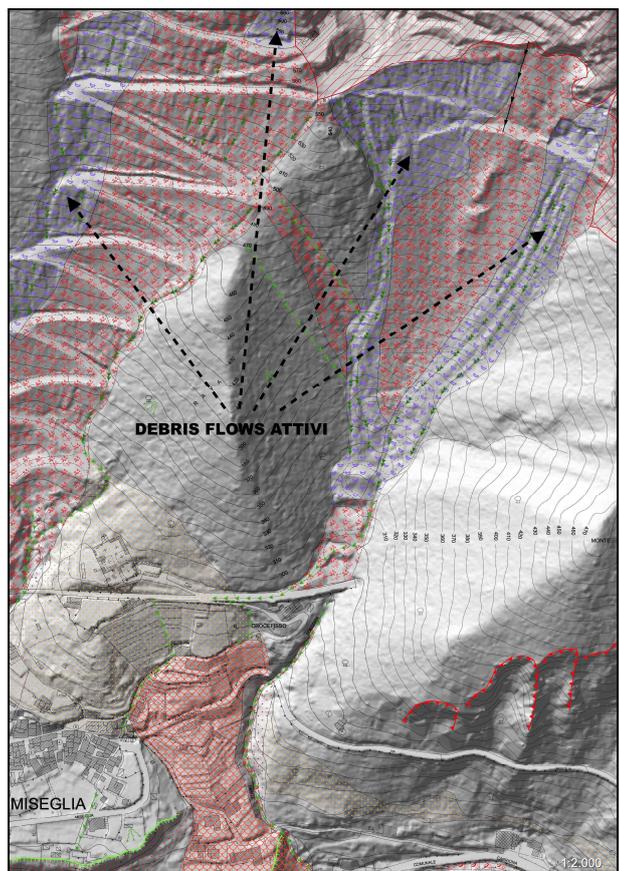


Fig 4.7.

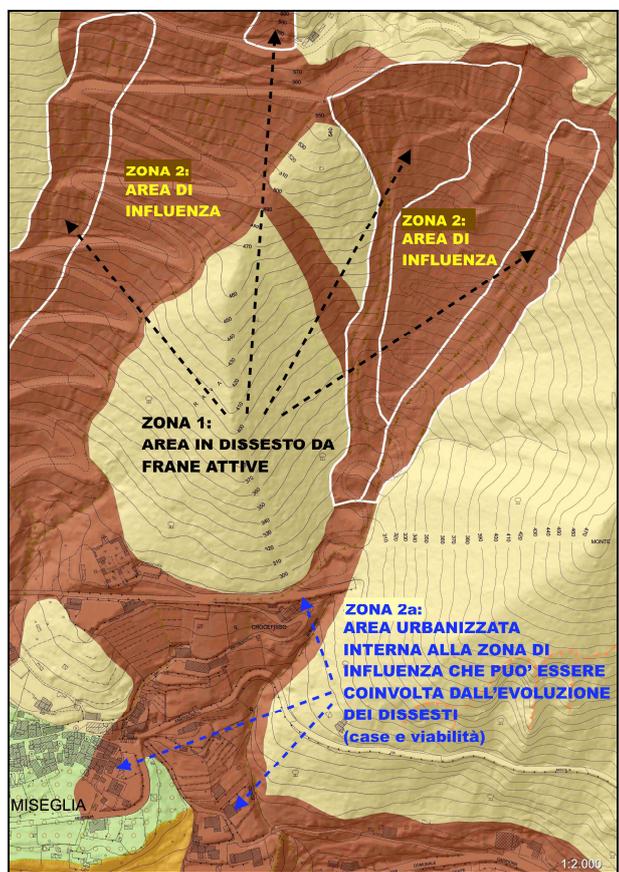


Fig 4.8.

ESEMPIO 5	FENOMENI ATTIVI	CLASSE G.4
------------------	------------------------	-------------------

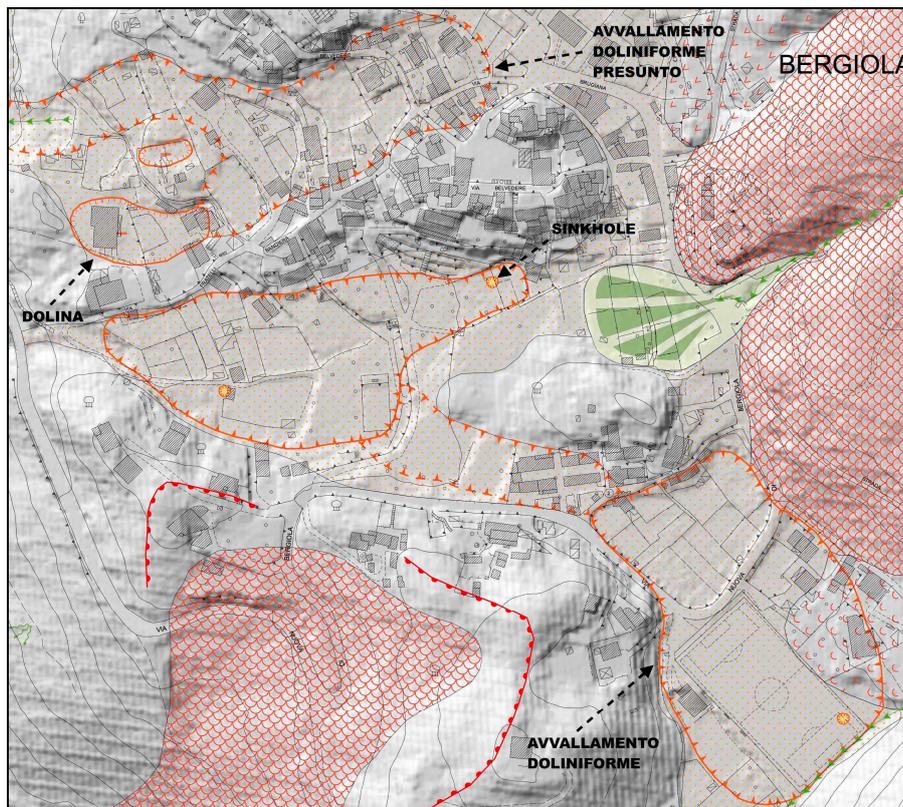


Fig 4.9.

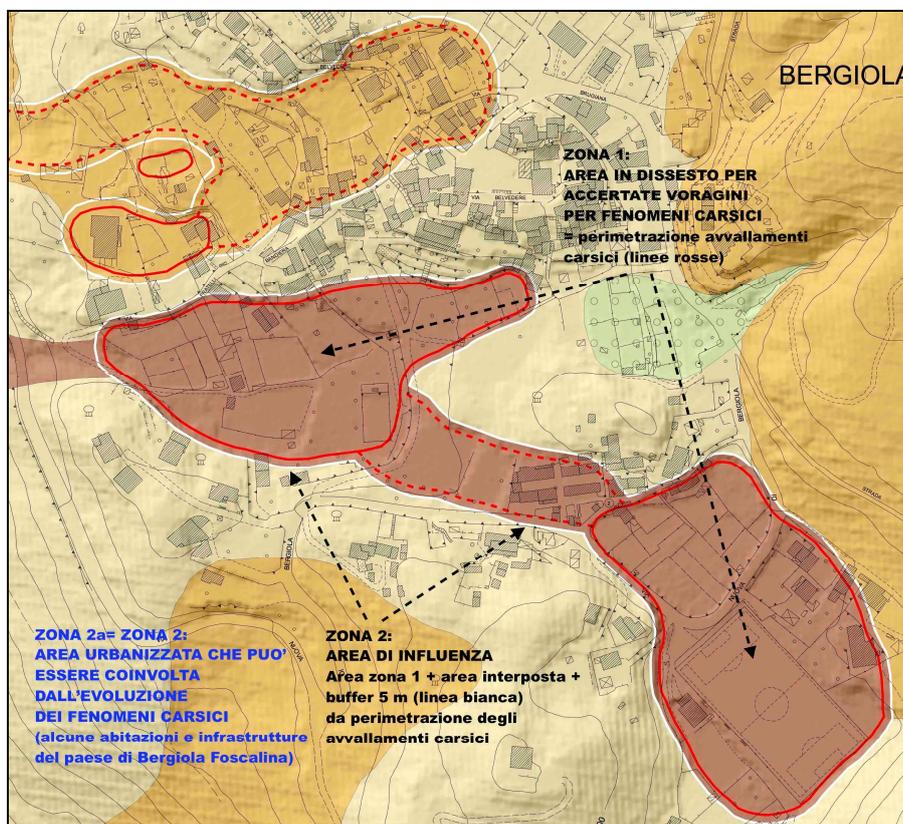


Fig 4.10.

3.3. Coerenza e rapporto di corrispondenza tra le classi di pericolosità geologica del DPGR.53/R e quelle di pericolosità geomorfologica del PAI Toscana Nord e del PAI Fiume Magra

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 (sia quelli del Bacino Toscana Nord che quelli del Fiume Magra che copre circa l'8% del territorio comunale) e di definire, per le classi elevata e molto elevata una corrispondenza secondo la seguente relazione (vedi Tab. 4.11.):

classe PFME AdB T. Nord = classe G.4 del PS = classe PG4 AdB F. Magra;

classe PFE AdB T. Nord = classe G.3b del PS = classi PG3 e PG2 AdB F. Magra

<i>Classi AdB T. Nord</i>	<i>RC</i>	<i>Classi PS</i>	<i>Classi AdB F. Magra</i>
MOLTO ELEVATA (PFME)	=	MOLTO ELEVATA (G.4)	PG4
ELEVATA (PFE)	=	ELEVATA (G.3b)	PG3 e PG2

Tab 4.11. Rapporto di corrispondenza (RC) tra classi di pericolosità (PAI T. Nord - PS - PAI F. Magra)

3.4 Distribuzione della pericolosità geologica su scala comunale

L'utilizzo di tecniche GIS ha permesso di valutare, per finalità puramente statistiche descrittive, in che modo le varie tipologie di pericolosità geologica sono distribuite all'interno del territorio comunale come emerge dalla tabella e dal grafico sotto riportati (Tab.4.12 e Fig.4.11).

<i>Classi di Pericolosità geologica PS</i>	<i>Sigla classe</i>	<i>Sup. (kmq)</i>	<i>% Sup. comunale</i>
BASSA	G.1	4,4	6
MEDIA	G.2	6,7	9,4
MEDIO-ELEVATA	G.3a	39,4	55,2
MEDIO-ELEVATA	G.3l	4,3	6
MEDIO-ELEVATA	G.3ls	2,5	3,4
ELEVATA	G.3b	8,5	12
MOLTO ELEVATA	G.4	5,6	8
		71,4	100

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

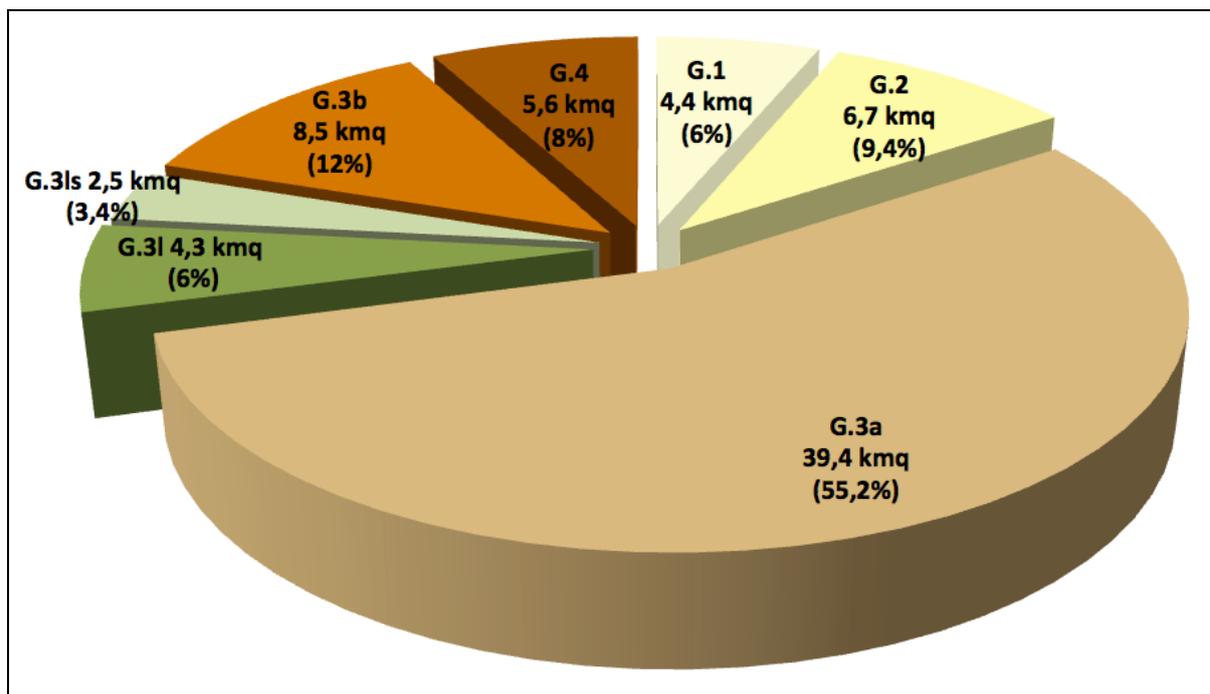


Fig 4.11. Grafico della distribuzione delle classi di pericolosità geologica sul territorio comunale

4. PERICOLOSITA' SISMICA

Parallelamente all'aggiornamento delle problematiche geologiche si è prodotto lo studio di Microzonazione Sismica di primo livello (cui si rimanda per maggiori dettagli tecnici) che rappresenta la vera novità rispetto alle precedenti direttive regionali in materia di indagini geologiche. Tale studio, nell'ottica della prevenzione dal rischio sismico, costituisce un primo passo (primo livello) verso una sempre maggiore conoscenza degli effetti locali provocati da un evento sismico (livello 2 e 3). In questa fase, infatti, la microzonazione sismica (MS) individua e caratterizza le zone stabili, ovvero, quelle porzioni di territorio per le quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura; le zone stabili suscettibili di amplificazione sismica, ovvero, gli areali in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio e le zone suscettibili di instabilità e di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente indotti o innescati dal sisma, quali instabilità di versante, liquefazioni, faglie superficiali, cedimenti differenziali. La pericolosità sismica locale del territorio viene definita a partire dalle conoscenze acquisite nell'ambito dello studio di MS che viene realizzato per i centri abitati principali individuati secondo i criteri illustrati negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS). L'applicazione di tali criteri, in accordo con i tecnici della Regione Toscana e con le esigenze segnalate dall'Amm.ne Comunale, ha portato alla individuazione degli areali significativi in cui risultassero contenuti tutti gli elementi morfologici, geologici e antropici più rilevanti.

I principali elementi antropici, in ordine di priorità, sui quali si è ulteriormente basata la delimitazione sono i seguenti:

1. numero degli abitanti delle frazioni;
2. edifici pubblici e strategici;
3. centri storici;
4. aree industriali;
5. aree urbane in espansione;
6. viabilità.

La prima zona comprende tutto il fondovalle del Torrente Carrione, il centro abitato di Carrara e le località poste ai piedi dei versanti (Fossone, Nazzano) e la zona costiera (Marina di Carrara, Avenza, Battilana), le altre interessano le località collinari di Fontia, Bergiola, Colonnata, Bedizzano, Codena, Miseglia, Torano, Gragnana e Castelpoggio. Con gli stessi accordi sono stati definiti anche la tipologia ed il numero delle indagini geofisiche (misure HVSR e di sismica a rifrazione) necessarie per poter idoneamente sviluppare una cartografia MOPS coerente con gli standard qualitativi richiesti dal Settore Sismico della Regione Toscana. In particolare sono state realizzate 25 nuove prove di microtremore a stazione singola (HVSR), distribuite in maniera uniforme all'interno delle aree di indagine, e 3 linee di sismica a rifrazione con onde P e Sh; una della lunghezza di 144 metri in Località Gragnana, le altre due, a formare un allineamento di oltre 200 metri, presso il centro di Carrara.

Con le prove HVSR si ottengono dati quali-quantitativi per l'individuazione di possibili fenomeni di amplificazione della sollecitazione sismica oltre ad una misura della frequenza fondamentale di vibrazione dei depositi che costituisce una indicazione di particolare importanza per la valutazioni dei possibili fenomeni di risonanza delle strutture edilizie e, conseguentemente, della necessità di assumere particolari accorgimenti progettuali o escludere particolari tipologie costruttive nelle zone soggette ai maggiori effetti di amplificazione sismica. Attraverso formulazioni empiriche, infatti, è possibile risalire dal valore della frequenza fondamentale (f_0) all'ordine di grandezza dello spessore dei terreni di copertura e dal valore dell'ampiezza di picco (A_0) all'entità del contrasto d'impedenza tra le diverse litologie che compongono il substrato. Tramite queste relazioni si possono distinguere qualitativamente le zone caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (con nessun massimo relativo significativo di f_0 nell'intervallo 0,1-10 Hz) dalle zone caratterizzate dalla possibilità di insorgenza di fenomeni di risonanza. Inoltre, sulla base della stima dell'ampiezza del picco fondamentale, possono essere distinte, in via del tutto qualitativa, le zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza sismica da quelle a minore contrasto. L'informazione ricavata dalle prove HVSR fornisce in modo diretto, anche se semi-quantitativo, indicazioni sui possibili effetti attesi di amplificazione della sollecitazione sismica. Infatti dalla formula semplificata proposta da G.Pratt (da utilizzare solamente in prima

approssimazione) che mette in correlazione il periodo proprio di vibrazione di un edificio con la sua altezza è possibile orientativamente individuare quale tipologia di edifici si potrebbe trovare a vibrare a frequenze simili a quelle riscontrate nei terreni e quindi subire i pericolosi effetti di risonanza.

Il grafico seguente, utilizzando la correlazione empirica

$$T_{ed} \cong Ch_{ed}^{3/4}$$

dove: T_{ed} = periodo proprio di vibrazione dell'edificio espresso in secondi,

C = coefficiente che dipende dalla tipologia costruttiva dell'edificio (muratura o telaio c.a.)

h_{ed} = altezza dell'edificio in metri

$$f = \frac{1}{T}$$

e ricordando che la frequenza è l'inverso del periodo:

permette di valutare in modo speditivo le tipologie di edifici che possono risentire degli effetti di massima amplificazione connessi alla frequenza fondamentale di vibrazione espressa dal terreno (quando le due frequenze corrispondono si hanno effetti di risonanza catastrofica).

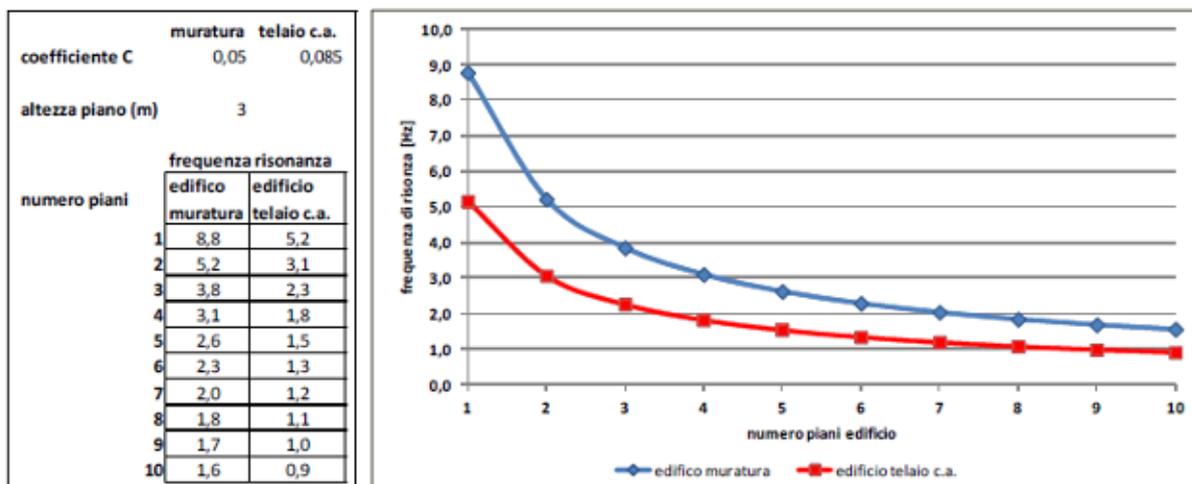


Fig 4.12. Grafico: rapporti indicativi fra numero dei piani di un edificio e sua frequenza di vibrazione

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), sintesi finale dello studio di MS, individua quindi gli areali (microzone) dove, sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche, dei dati geognostici e geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). In

particolare si individuano gli areali dove sono presenti litologie che possono costituire il substrato rigido (ovvero formazioni lapidee caratterizzate da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio Vs superiori a 800 m/sec) e gli areali dove si stima, invece, la presenza di un forte contrasto di impedenza sismica entro alcune decine di metri dovuto allo spessore dei terreni di copertura posti al di sopra del substrato rigido. La carta delle MOPS è quindi finalizzata ad ottenere un adeguato dettaglio nella:

- caratterizzazione del substrato geologico,
- caratterizzazione dei terreni di copertura,
- ricostruzione delle aree potenzialmente interessate da deformazioni permanenti in caso di evento sismico,
- definizione di forme geomorfologiche di superficie e sepolte, particolarmente importanti per problematiche sismiche.

La sintesi delle informazioni e la perimetrazione delle diverse zone permette di:

- valutare le condizioni di pericolosità sismica ai sensi del DPGR n.53R/2011;
- identificare le aree per le quali sono necessari ulteriori studi e indagini ed i relativi livelli di approfondimento;
- definire gli interventi ammissibili in una data area e le eventuali modalità di intervento nelle aree urbanizzate (condizioni o criteri costruttivi connessi al valore delle frequenze fondamentali delle coperture).

La nuova carta della pericolosità sismica si articola quindi secondo le seguenti classi di pericolosità:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4):

zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica; zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.

Pericolosità sismica locale media (S.2): zone stabili dove affiora il substrato rigido (“bedrock sismico”) ma potenzialmente instabile per le condizioni morfologiche.

Pericolosità sismica locale bassa (S.1): zone stabili caratterizzate dalla presenza del substrato rigido affiorante.

In definitiva, per il territorio di Carrara la classe S.4 viene attribuita alle aree soggette ai movimenti franosi attivi, così come determinati nella carta della pericolosità geologica.

La classe S.3 comprende i movimenti franosi quiescenti, così come determinati nella carta della pericolosità geologica, gli areali caratterizzati da fenomeni di carsismo quali quelli presenti a Bergiola dove sono state individuate diverse doline; i terreni alluvionali e i depositi marini sciolti della fascia costiera dove non è possibile escludere, a questo livello di dettaglio, la possibilità dell'esistenza di terreni sabbiosi, immersi in falda, con uno spessore significativo giacenti entro i primi quindici metri di profondità dal piano di campagna.

In pericolosità elevata sono inserite anche tutte le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali dovute alla presenza, entro cinquanta metri di profondità, di un alto contrasto di impedenza sismica generato dalla diversa velocità delle onde di taglio che attraversano i terreni di copertura, caratterizzati da velocità comprese mediamente tra 200 e 400 m/s, ed il “bedrock sismico” dove le velocità superano gli 800 m/s.

La classe S.2 è stata attribuita alle situazioni dove l'interfaccia tra le coperture e il “bedrock sismico” si trova a oltre 50 metri di profondità e dove affiora direttamente il bedrock sismico ma su versanti con pendenza superiore ai 15°.

La classe S.1 è attribuibile soltanto ai ristretti areali dove affiora direttamente il bedrock sismico su versanti con pendenza inferiore ai 15°.

Questa valutazione della pericolosità è da intendere come una articolazione delle condizioni che possono portare ad un aggravamento degli effetti prodotti da un sisma. La sismicità di un territorio scaturisce infatti da fattori geologici e strutturali a carattere regionale che determinano la possibilità del verificarsi di eventi sismici la cui intensità massima viene valutata su base statistica e che, nel caso di Carrara, può anche superare una magnitudo di grado $M=6$. La pericolosità bassa (S1) indicata nella carta della pericolosità non significa che quelle aree non sono a rischio sismico ma sta ad indicare che in quelle aree le caratteristiche dello scuotimento del terreno sono almeno quelle attese per un evento che può raggiungere una Magnitudo superiore a

6 e che gli effetti conseguenti sono via via amplificati in base alle locali caratteristiche litologiche, morfologiche e strutturali che caratterizzano le aree S.2, S.3 e S.4.

Massa, Dicembre 2016

Dott. Geol. Alberto Tomei

Dott. Geol. Andrea Piccinini

Appendice

Schede degli interventi sui ravaneti

Scheda 1: RAVANETO PULCINACCHIA (prescrizioni cava n°16 "Crestola B")

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 3gm) descrive la presenza di n°2 debris flows attivi con relativi canali di incisione;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.2b (P. geomorfologica medio elevata);

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 (P. geologica molto elevata);

c. Prescrizioni contenute nell'Autorizzazione della cava n°16 "Crestola B"

La Determinazione n°201 del 04/11/2014 (Autorizzazione piano di coltivazione in sotterraneo comprensorio estrattivo di Crestola cave n°16 "Crestola B" e n°58 "Crestola C" - Ditta "Società Apuana Marmi srl"; accorpamento in un unico complesso denominato cava n°16 "Crestola") contiene le seguenti prescrizioni relative alla messa in sicurezza del versante interessato dal ravaneto:

- "Si ritiene necessario che l'inizio dei lavori sia subordinato alla valutazione di un'analisi accurata delle possibili interferenze delle lavorazioni con il sottostante abitato di Pulcinacchia e con la viabilità pubblica, comprendente il progetto e la verifica delle eventuali opere di difesa previste";
- "per quanto riguarda il tratto di viabilità preesistente che si dirama dall'abitato di Pulcinacchia, la sua risistemazione dovrà essere eseguita per i soli fini della messa in sicurezza del versante a protezione delle sottostanti abitazioni e pubblica via, non autorizzando l'utilizzo per il normale transito veicolare";
- "le barriere di protezione per l'abitato di Pulcinacchia dovranno essere realizzate, eventualmente anche a quote diverse così come prospettato, in modo da costruire una barriera continua fra il "primo piazzale" individuato nella relazione (dove è prevista la realizzazione della prima barriera di geobloc) e il margine orientale della rete paramassi posizionata in corrispondenza della sezione 14. Le protezioni già previste dovranno dunque essere prolungate fino a sovrapporsi l'una all'altra rispetto ad un'ipotetica traiettoria di caduta in modo da evitare la presenza di corridoi liberi e, analogamente, dovrà essere predisposta un'ulteriore barriera (da realizzare sfruttando eventualmente le rampe che conducono al primo tornante o al piazzale di quota 301 m s.l.m.) in grado di coprire il corridoio presente fra le sezioni 13 e 14";

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Documentazione tecnica a firma Dott. Ing. M. Gardenato datata 28/07/2014 presentata dalla Società Apuana Marmi srl con protocollo 41226/1127 del 20/08/2014 in risposta alla prescrizione contenuta nel verbale n°9 della CdS ex LR 78/98 del 16/07/2014;

Stato autorizzativo del Progetto: SI

OPERE AUTORIZZATE con Determinazione n°201 del 04/11/2014; l'atto autorizzativo fa riferimento al parere ASL favorevole con prescrizioni del 17/09/2014;

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI CONCLUSI

Come riferito dal Settore Marmo, gli interventi di messa in sicurezza a tutela dell'abitato di Pulcinacchia e della sottostante viabilità pubblica, verificati dall'ufficio mediante riscontri condotti sul sito, sono iniziati e terminati nel corso del 2015.

Scheda 1: RAVANETO PULCINACCHIA (prescrizioni cava n°16 "Crestola B")

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 e 14 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO in quanto non richiesto dalla normativa di Piano per aree esterne alle classi PFE e PFME

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 e art. 14 comma 7 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO perché NON DOVUTA in quanto la porzione di ravaneto interessata dagli interventi di messa in sicurezza ricade, secondo il PS vigente del 2012, fuori da aree PFME e PFE;

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO perché NON DOVUTA in quanto la porzione di ravaneto interessata dagli interventi di messa in sicurezza ricade, secondo il PS vigente del 2012, fuori da aree PFME e PFE;

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Preso atto degli interventi di messa in sicurezza realizzati sul ravaneto di Pulcinacchia, autorizzati con Determinazione n°201 del 04/11/2014, ed eseguiti a tutela delle abitazioni e viabilità comunale ad esso sottostanti, considerato che l'ufficio Settore Marmo ha verificato, sul campo, l'avvenuta esecuzione degli interventi autorizzati, si propone una ridefinizione della pericolosità geologica del ravaneto di Pulcinacchia definita nello studio POC 2016. Si propone, pertanto, di sostituire la classe G.4 con la classe G.3b.

Si ritiene che una eventuale ulteriore declassazione dell'abitato di Pulcinacchia potrà essere valutata solo a seguito dell'esame della relazione di fine lavori, a firma di tecnico abilitato, che attesti la conformità degli interventi eseguiti al progetto approvato, il raggiungimento della stabilità del versante, il corretto assetto idro-geomorfologico dell'area e la delimitazione delle aree risultanti in sicurezza.

Note:

Scheda 2: RAVANETO FOSSO DI PESCINA (Ordinanza n°654/2014)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 3gm) descrive la presenza di un debris flow attivo con relativi canali di incisione allungato lungo il fosso di Pescina che intercetta la viabilità di arroccamento che conduce alle cave di Pescina, Ruggetta e Crestola;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 (P. geomorfologica molto elevata);

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 (P. geologica molto elevata);

c. Disposizioni dell'Ordinanza del Settore Marmo n°654 del 2014

L'ordinanza n°654/2014 del 22/11/2014 indirizzata alle ditte "Escavazione La Gioia srl" titolare della cava n° 13 Pescina A, la "Società Apuana Marmi srl" titolare della cava n°16 Crestola, la società "Calacata Crestola srl" titolare della cava n° 17 Ruggetta A e la società "Settimo Donnini & C srl" titolare della cava n°187 Ruggetta B, contiene le seguenti disposizioni:

- la messa in sicurezza immediata dell'area del Fosso di Pescina interessata dal dissesto;
- presentazione entro 20 giorni di un progetto comune di risistemazione dell'area redatto ai sensi della L.R. 78/98 che, oltre ad indicare le modalità di esecuzione e manutenzione della via di arroccamento per le suddette cave e di protezione della viabilità pubblica di fondovalle, preveda il ripristino della Fossa di Pescina con opere idonee a ristabilire il corretto assetto idrogeologico dell'area;

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Documentazione tecnica a firma Dott. Ing. Giacomo Del Nero datata 14/04/2015, successivamente integrata in più fasi. L'integrazione n. 3 del progetto comune di risistemazione dell'area del fosso di Pescina presentata in data 18/12/2015 risponde a quanto richiesto con CdS ex L.R. 35/15 del 20/11/2015.

Il verbale n. 01 del 31/03/2016 a conclusione dei lavori della CdS ex L.R. 35/15, relativo alle opere di messa in sicurezza dell'area del Fosso di Pescina riporta il parere dell'ufficio ASL PISSL secondo cui "l'intervento non può essere considerato come una messa in sicurezza definitiva rispetto al rischio alluvionale che si è già manifestato **ma deve essere inteso come una risistemazione del fosso finalizzato ad una mitigazione del rischio**. Le verifiche degli argini a protezione degli invasi devono essere intese come dimensionamento di massima non prendendo in considerazione, ad esempio, fenomeni di filtrazione o sifonamento e si richiede pertanto particolare cura in fase realizzativa e l'assunzione di ipotesi maggiormente cautelative in fase di verifica finale. Appare necessario che le ditte considerino i rischi residui derivanti da fenomeni meteo particolarmente intensi con particolare riferimento alle fasi di accesso o abbandono dei cantieri nella loro valutazione dei rischi".

Stato autorizzativo del Progetto: SI

OPERE AUTORIZZATE con Determinazione n°58 del 21/04/2016 con le prescrizioni di seguito elencate:

- i lavori potranno iniziare solo a seguito dell'ottenimento dell'autorizzazione/omologazione idraulica da parte del competente ufficio regionale, da richiedere tramite l'apposita modulistica;
- le opere di risistemazione del fosso devono essere completate entro il periodo richiesto di 9 mesi dalla data dell'ottenimento dell'autorizzazione/omologazione idraulica da parte del competente ufficio regionale;
- a ultimazione delle opere realizzate, finalizzate alla mitigazione del rischio, dovrà essere trasmessa una relazione di fine lavori con verifica finale delle stesse, a firma di tecnico abilitato;
- ad un anno dal fine lavori e comunque dopo eventi meteorici che possano aver modificato l'assetto della fossa, deve essere presentata ulteriore relazione di verifica con assunzione di ipotesi maggiormente cautelative per eventuali modifiche alle opere realizzate.

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI NON INIZIATI

Come riferito dal Settore Marmo, le opere di risistemazione del ravaneto del Fosso di Pescina non sono state ancora avviate;

Scheda 2: RAVANETO FOSSO DI PESCINA (Ordinanza n°654/2014)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto del Fosso di Pescina si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione autorizzati non sono ancora stati realizzati.

Note:

Il ravaneto del Fosso di Pescina è stato interessato, nel tempo, da numerosi episodi di debris flows. Gli episodi più significativi si sono registrati in occasione degli eventi alluvionali del 2003 e del 2014. In tali occasioni le colate detritiche sono giunte sino al fondovalle danneggiando opere pubbliche (strada di Pescina-Boccanaglia), opere private (strada di arroccamento che conduce alle cave) e interessando l'asta idrica invasa dal materiale franato (Canale di Porcinacchia)

Scheda 3: RAVANETO POGGIO SILVESTRE (Ordinanza n°659/2014)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 4gm) descrive la presenza di complessivi n°3 debris flows attivi con relativi canali di incisione;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 e G2b;

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 e G3b;

c. Disposizioni dell'Ordinanza del Settore Marmo n°659 del 2014

L'ordinanza n°659/2014 del 22/11/2014 indirizzata alla ditta "Poggio Silvestro Marmi srl" titolare della cava n° 66 "Poggio Silvestre A", contiene le seguenti disposizioni:

- la messa in sicurezza immediata del versante in località Poggio Silvestre interessato dal dissesto;
- presentazione, entro 20 giorni, di un progetto di risistemazione dell'area, redatto ai sensi della L.R. 78/98, finalizzato al ripristino del corretto assetto idrogeologico della zona. Il progetto, oltre ad indicare le modalità di messa in sicurezza del versante e di protezione della viabilità pubblica di fondovalle, dovrà dettagliare la corretta regimazione delle acque superficiali, come peraltro già richiesto alle ditte del comprensorio Bettogli-Calocara per il piano di gestione coordinato delle AMD;

All'ordinanza di cui sopra è seguita una nota dell'ufficio Settore Marmo dell' 11/02/2015 in cui si sollecita la presentazione del progetto di messa in sicurezza del ravaneto.

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: NO

Come riferito dal Settore Marmo, la società non ha presentato un progetto di risistemazione dell'area ma un ripristino della stessa.

In data 25/02/2015 la società Poggio Silvestro Marmi srl comunica di aver provveduto alla sistemazione dello smottamento di una porzione limitata della strada di accesso che conduce al cantiere in sotterraneo della cava Poggio Silvestre A e di aver ripristinato la viabilità di cava operando una corretta regimazione delle acque. Allega inoltre documentazione tecnica a firma Dott. Ing. Orlando Pandolfi e Dott. Ing. Daniele Valentino in merito alla "Valutazione del rischio di caduta massi lungo il ravaneto della cava Poggio Silvestro e valutazione di stabilità". Il documento si occupa solo di una porzione del ravaneto, la parte più ad ovest compresa tra le quote 238 e 374 m s.l.m. (dislivello compreso tra la strada che conduce alla cava e la riesta di protezione posta al piede del versante già esistente) lungo questo versante è stata effettuata un'analisi probabilistica inerente il potenziale rischio di caduta massi per rotolamento. In base a tale documentazione, la riesta posta alla base del versante risulta efficace nei confronti del rischio legato al rotolamento dei gravi.

Stato autorizzativo del Progetto: NO

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: SOLO RIPRISTINO DELL'AREA

Come si evince dalla documentazione agli atti la ditta ha provveduto al ripristino dei luoghi alla situazione ante novembre 2014 (antecedente ai dissesti registrati);

Scheda 3: RAVANETO POGGIO SILVESTRE (Ordinanza n°659/2014)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto Poggio Silvestre si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione richiesti con ordinanza 659/2014 non sono stati progettati.

Note:

Il ravaneto Poggio Silvestre è stato interessato, nel tempo, da numerosi episodi di debris flows. Gli episodi più significativi si sono registrati in occasione degli eventi alluvionali del 2003 e del 2014. In tali occasioni le colate detritiche sono giunte sino al fondovalle danneggiando la strada comunale Carriona per Ravaccione.

Scheda 4: RAVANETO BETTOGLI (Ordinanza n°439/2012)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 4gm) descrive la presenza di n°2 debris flows attivi. Il primo e più grande risulta allungato lungo l'asse del Fosso Borrone e corrisponde al debris flow storico mobilitato più volte a partire dal 2003. Il secondo, più piccolo, è ubicato nella parte alta del ravaneto in area esterna a quella autorizzata e sembrerebbe attivatosi di recente. Da segnalare, in quest'area, la recente espansione del ravaneto verso nord-est (visibile nella foto satellitare del 2015) caratterizzato da evidenti solchi di ruscellamento concentrato. Nella parte centrale del ravaneto si osserva una profonda incisione contraddistinta da un orlo attivo di frana. Presenti diverse incisioni dovute a ruscellamento concentrato e al passaggio di colate detritiche;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 (P. geomorfologica molto elevata);

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 (P. geologica molto elevata);

c. Disposizioni dell'Ordinanza del Settore Marmo n°439 del 2012

L'ordinanza n°439 del 03/08/2012 indirizzata alle ditte "Vanelli Aldo Marmi di Giorgio Vanelli" esercente la cava n. 67 "Bettogli Zona Mossa", "Bettogli Marmi Srl" esercente la cava n. 68 "Bettogli B", "Ferdinando Vanelli di Giorgio Vanelli Srl" esercente la cava n. 70 "Bettogli A" contiene le seguenti disposizioni:

- di eseguire le opere di risistemazione del ravaneto dei Bettogli come da progetto a firma del Per. Ind. Gabriele Cillerai, della Geologa Vanessa Greco e dell'Ing. Michele Santini di cui al prot. n.48269/1138 del 06.10.2011, prot. n. 9745/397 del 06.03.12 e prot. n. 20745/667 del 05.05.12, con prescrizioni tra cui:
- le lavorazioni dovranno essere eseguite entro DUE ANNI dalla notifica della presente, con la prescrizione di presentare lo stato di avanzamento lavori entro UN ANNO dalla notifica;
- dovrà quindi essere presentata la relazione di fine lavori, a firma di tecnico abilitato, che attesti il raggiungimento della stabilità del versante e del corretto assetto idro-geomorfologico dell'area.

L'ordinanza di cui sopra era collegata ad una richiesta rivolta dal Settore Marmo alle ditte di cui sopra effettuata in data in 01/06/2010 con la quale veniva richiesto un nuovo progetto di bonifica e utilizzo del ravaneto dei Bettogli poiché l'area presentava un assetto morfologico difforme da quanto previsto nelle autorizzazioni rilasciate ai sensi della L.R. 78/98, avendo subito smottamenti ed erosioni calanchive che di fatto avevano eliminato le berme rompitratta a suo tempo realizzate.

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Progetto a firma del Per. Ind. Gabriele Cillerai, della Geologa Vanessa Greco e dell'Ing. Michele Santini di cui al prot. n.48269/1138 del 06.10.2011, prot. n. 9745/397 del 06.03.12 e prot. n. 20745/667 del 05.05.12

Stato autorizzativo del Progetto: SI

OPERE AUTORIZZATE con Ordinanza n°439 del 2012 successivamente prorogata con Determinazione n°52 del 13/04/2016 che fissa al 30/06/2016 il termine ultimo per completare le opere e per la presentazione della relazione di fine lavori, a firma di tecnico abilitato, che attesti il raggiungimento della stabilità del versante e del corretto assetto idro-geomorfologico dell'area

Stato attuazione interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI QUASI CONCLUSI

In data 30/06/2016 le ditte esercenti comunicano che "sono praticamente terminati i lavori di risistemazione del ravaneto comune dei Bettogli" (rimangono da completare le scarpate al piede dei muri interni). L'intervento è consistito nella realizzazione di due barriere parallele costruite con blocchi di marmo disposte alla base del ravaneto in località Pianello in grado di proteggere la viabilità comunale da detrito "*derivante da un eventuale innesco di una nuova colata detritica*".

NON è stata presentata la relazione di fine lavori che attesti il raggiungimento della stabilità del versante e del corretto assetto idro-geomorfologico dell'area. Le società di cui sopra hanno comunicato di aver dato incarico all'Ing. Angiolo Albani per la stesura della suddetta documentazione.

Il Settore Marmo riferisce che ad oggi le ditte esercenti non hanno presentato alcuna documentazione di fine lavori.

Scheda 4: RAVANETO BETTOGLI (Ordinanza n°439/2012)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO nonostante il settore Marmo abbia richiesto tale parere con propria nota datata 05/06/2012. A tale richiesta il comitato tecnico AdB Toscana Nord nella seduta del 22/06/2016 *"ha valutato che per quanto attiene la risistemazione del versante non sono da rilevarsi specifiche competenze da parte di questo Bacino"*

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto Bettogli si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione autorizzati e successivamente realizzati non sono ancora stati certificati.

Note:

Scheda 5: RAVANETO DI LORANO (Determinazione n°53/2013)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 2gm) descrive la presenza di n°2 debris flows attivi con relativi canali di incisione. Inoltre, altri 4 debris flows sono descritti nella parte alta del ravaneto non direttamente interessata dalle opere autorizzate con determinazione n°53/2013;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 (parte interessata dall'intervento) e G2b;

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 e G.3b;

c. Prescrizioni contenute nell'Autorizzazione di bonifica ed utilizzo ravaneto n°53 del 13/12/2013

La Determinazione n°53/2013 autorizza i lavori di bonifica del ravaneto di Lorano ubicato all'interno del complesso estrattivo della cava n°22 "Lorano", secondo il progetto a firma del Dott. geol. Maurizio Profeti di cui al prot. n. 23852/519 del 15/05/2013 così come modificato con la documentazione integrativa trasmessa con prot. n. 59209/1271 del 18/11/2013 con prescrizioni tra cui:

- entro 15 giorni dalla notifica dell'autorizzazione dovrà essere presentato al Comune e all'ASL U.F. PISLL copia del coordinamento per la gestione della sicurezza della strada di arroccamento che tenga conto delle misure da porre in opera in modo coordinato fra le ditte afferenti in caso di precipitazioni di livello tale da creare problematiche di sicurezza per i lavoratori;
- i lavori di bonifica e risistemazione di ravaneto dovranno essere conclusi entro il 30/06/2014, nel rispetto delle fasi temporali previste dal crono-programma di progetto;
- a fine lavori dovrà essere trasmessa a questo Ufficio relativa comunicazione a firma di tecnico abilitato.

L'autorizzazione di cui sopra è l'atto conclusivo del procedimento avviato dal Settore Marmo che in data 25/01/2013, ravvisata la necessità di provvedere alla risistemazione del ravaneto di Lorano al fine di ristabilire un corretto assetto idrogeologico dell'area già interessata da franamenti e colamenti detritici, richiedeva alla Coop. Cavatori Lorano, esercente il complesso estrattivo della cava n°22 "Lorano", la presentazione ai sensi della L.R. 39/00 e della L.R. 78/98 di un progetto di bonifica e utilizzo del ravaneto comprensivo di analisi di stabilità dell'intera area, delle opere necessarie alla risistemazione del versante nonché della corretta regimazione idraulica e di eventuali modifiche al piano di gestione dei detriti di lavorazione.

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Progetto a firma del Dott. geol. Maurizio Profeti di cui al prot. n. 23852/519 del 15/05/2013 così come modificato con la documentazione integrativa trasmessa con prot. n. 59209/1271 del 18/11/2013 a seguito del recepimento di prescrizioni emanate dall'ufficio PISLL.

Risulta significativo ricordare che nella documentazione integrativa, il progettista, "*non potendo escludere la presenza di un rischio da colamenti detritici rapidi in concomitanza ad eventi meteorici di eccezionale entità....*", definisce "*una perimetrazione della fascia di rispetto per rischio da colate detritiche in caso di precipitazioni di particolare entità*". Da ciò scaturisce la prescrizione contenuta nell'autorizzazione relativa al "coordinamento per la gestione della sicurezza della strada di arroccamento".

Stato autorizzativo del Progetto: SI

INTERVENTI AUTORIZZATI con prescrizioni nella Determinazione n°53/2013 di cui sopra.

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI CONCLUSI

Come riferito dal Settore Marmo, gli interventi previsti dall'autorizzazione, verificati dall'ufficio mediante riscontri condotti sul sito, sono iniziati e terminati nel corso del 2014;

NON è stata presentata la relazione di fine lavori che attesti il raggiungimento della stabilità del versante e del corretto assetto idro-geomorfologico dell'area.

Il Settore Marmo riferisce che ad oggi la ditta esercente non ha presentato il suddetto documento.

Scheda 5: RAVANETO DI LORANO (Determinazione n°53/2013)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto di Lorano si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione autorizzati e successivamente realizzati non sono ancora stati certificati.

Note:

Scheda 6: RAVANETO BATTAGLINO NORD (prescrizioni cava n°22 "Lorano I")

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 2gm) descrive la presenza di n°2 debris flows attivi con relativi canali di incisione;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.3;

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4;

c. Prescrizioni contenute nell'Autorizzazione della cava n°95 del 22/09/2016

La Determinazione n°95/2016 autorizza l'attività estrattiva e quindi il relativo piano di coltivazione della cava n°22 "Lorano I", nel Bacino n°2 di Torano a favore della ditta esercente "Cooperativa Cavatori Lorano".

L'autorizzazione non contiene, per l'area di scarico denominata ravaneto Battaglino Nord, un progetto di risistemazione dell'area e/o di messa in sicurezza del ravaneto. Contiene però una prescrizione che, in condizioni normali, obbliga la ditta esercente a non utilizzarlo più come area di scarico salvo particolari condizioni che dovranno essere preventivamente autorizzate: *"l'utilizzo dell'area del Battaglino per lo scarico dei detriti di lavorazione sarà consentito solo in caso di necessità, quale l'interruzione prolungata della viabilità di accesso ai cantieri soprastanti, in condizioni meteorologiche favorevoli, previa richiesta circostanziata e relativa autorizzazione da parte di questo ufficio".*

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: NO

Stato autorizzativo del Progetto: NO

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: NESSUNO

Scheda 6: RAVANETO BATTAGLINO NORD (prescrizioni cava n°22 "Lorano I")

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 14 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 14 comma 7 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto Battaglino Nord si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che non sono previsti, per l'area in esame, interventi di risistemazione finalizzati alla messa in sicurezza del ravaneto.

Note:

Scheda 7: RAVANETO FOSSA DI CANALBIANCO (Ordinanza n°660/2014)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 2gm) descrive la presenza di complessivi n° 4 debris flows attivi con relativi canali di incisione allungati lungo il fosso di Canalbianco che intercetta la viabilità di arroccamento che conduce alle cave n° 25 Canalbianco A, ex Vasaro I ed ex Fossa del Lupo;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 (P. geomorfologica molto elevata);

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 (P. geologica molto elevata);

c. Disposizioni dell'Ordinanza del Settore Marmo n°660 del 2014

L'ordinanza n°660/2014 del 22/11/2014 indirizzata alle ditte "Escavazione Marmi Canalbianco Alto srl" titolare della cava n° 25 Canalbianco A, alla società "Cave Amministrazione srl" titolare della cava n°42 Amministrazione e alla società "Conserva Dante" titolare della cava n° 41 Collestretto contiene le seguenti disposizioni:

- la risistemazione della Fossa di Canalbianco interessata dai recenti dissesti ("*riversamento sul piazzale dell'ex stazione della Ferrovia Marmifera il località Ravaccione, di volumi detritici provenienti dalla Fossa di Canalbianco, andando ad interessare anche la viabilità pubblica*"), provvedendo alla rimozione dei volumi detritici accumulatisi alla base della Fossa ed al ripristino ed adeguamento, entro 30 giorni dalla notifica, delle opere di regimazione delle acque già autorizzate nel 2013;
- la presentazione della relazione di fine lavori attestante l'avvenuta esecuzione di quanto ordinato.

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Secondo quanto riferito dal Settore Marmo, non è stata consegnata la fine lavori richiesta con l'ordinanza di cui sopra. La progettazione delle opere di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto della Fossa di Canalbianco sono però rientrate nell'autorizzazione della variante, allora in corso, al piano di coltivazione della cava n°42 "Amministrazione" della società Cave Amministrazione srl (Determinazione n°77 del 01/07/2015).

Nell'ambito del procedimento autorizzativo, a seguito di richiesta dell'ufficio PISSE, è stata presentata documentazione tecnica a firma Dott. Ing. Giacomo Del Nero e Dott. Geol. Fiorenzo Dumas datata Aprile 2015, successivamente integrata. Dall'esame della documentazione denominata "*Interventi di mitigazione sul Fosso Canalbianco*" si evincono i seguenti interventi:

- a) rimodellamento del versante detritico, con conseguente asportazione di materiale sia grossolano che fine, compreso tra la quota 753 m s.l.m. del piazzale della vecchia cava Canalbianco A e la quota 681.92 m s.l.m. del piazzale a lato della strada di accesso alla stessa (asportazione di 24.000 mc tra terre e sassi);
- b) rimodellamento del versante detritico, con conseguente asportazione di materiale sia grossolano che fine, da quota 630 m s.l.m., sottostante alla strada di accesso alla cava Canalbianco, fino quota 556 m s.l.m. di fondo valle (asportazione di 126.000 mc tra terre e sassi);
- c) realizzazione di una vasca atta a laminare l'onda di piena defluente all'interno del fosso (ubicata a quota 556 m s.l.m.);
- d) realizzazione di salti idraulici finalizzati a dissipare la velocità di deflusso delle acque.

È stata poi presentato un piano di manutenzione e pulizia della vasca di laminazione a quota 556 m s.l.m.

La scadenza dell'autorizzazione in variante e quindi di tutte le lavorazioni comprese (Determinazione n°77 del 01/07/2015) è fissata al 31/01/2017.

Stato autorizzativo del Progetto: SI

OPERE AUTORIZZATE con Determinazione n°77 del 01/07/2015 (vedi interventi di cui sopra)

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI IN CORSO

Come riferito dal Settore Marmo, le opere di mitigazione autorizzate per il ravaneto Fossa di Canalbianco sono tuttora in corso e quindi non è ancora stata data la fine dei lavori;

Scheda 7: RAVANETO FOSSA DI CANALBIANCO (Ordinanza n°660/2014)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto della Fossa di Canalbianco si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione autorizzati sono ancora in corso.

Note:

Il ravaneto denominato Fossa di Canalbianco è stato interessato, nel tempo, da numerosi episodi di debris flows. Gli episodi più significativi si sono registrati in occasione degli eventi alluvionali del 2003 e del 2014. In tali occasioni le colate detritiche sono giunte sino al fondovalle danneggiando opere pubbliche (strada comunale Carriona per Ravaccione) e opere private (strada di arroccamento che conduce alle cave).

Scheda 8: RAVANETI FOSSO DELLA PIANA E CALOCARA (Deter. n°162/2014)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

La carta geomorfologica (Tav. 4gm) descrive: per il ravaneto del Fosso della Piana la presenza di n°2 debris flows attivi di cui il più grande risulta allungato lungo il confine ovest del ravaneto. Per il ravaneto del Fosso Calocara, allo stesso modo, sono documentabili due debris flows di notevoli dimensioni che delimitano, sul confine est e sul confine ovest, il perimetro del ravaneto. Sono, in generale, riconoscibili numerosi canali di debris flows attivi. Da segnalare, la recente (vedi immagine satellitare 31/10/2015) creazione di un ravaneto (in corrispondenza della strada di collegamento tra i due ravaneti a quota 492 m slm) che mette in connessione il ravaneto di Calocara Ovest (da quota 492 m slm) con quello di Calocara Est (a quota 382 m slm circa);

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4;

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4;

c. Contenuti Determinazione n°162 del 26/07/2014 - Rinnovo autorizzativo (proroga) ravaneti Calocara

La Determinazione n°162/2014 del Settore Marmo costituisce l'atto più recente di "Rinnovo autorizzativo (proroga) per interventi di risistemazione dei ravaneti siti nella Fossa della Calocara e nella Fossa della Piana, bacino n°3 Miseglia: cava n°102 "Calocara A" della ditta "Gemignani & Vanelli Marmi snc", cava n°103 "Calocara B" della ditta "F.B. Cave srl" e cava n°105 "Calocara C" della "Società Apuana Marmi srl". La proroga riguarda lavori non ancora esauriti ma già autorizzati.

L'iter amministrativo della pratica in oggetto risulta molto complesso trattandosi di lavorazioni iniziate circa tredici anni fa e non ancora concluse. L'atto di cui sopra è collegato ad una richiesta di rinnovo autorizzativo delle lavorazioni, eseguita da parte delle ditte esercenti ai sensi della LR 78/98, consegnata in data 16/04/2014. I lavori di risistemazione dei ravaneti erano stati precedentemente autorizzati con Det. Dir. n°49 del 11/06/2004 e successiva variante autorizzata con Det. Dir. N°98 del 14/11/2008. Con Det. Dir. N°76 del 29/09/2012 era stata già rilasciata una proroga delle lavorazioni fino al 22/04/2014 per completare le opere non ancora esaurite.

La Det. Dir. n°162/2014 proroga le lavorazioni già precedentemente autorizzate fino al 22/04/2016.

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Le autorizzazioni alle lavorazioni del 2004 e del 2008 di cui sopra si riferiscono agli elaborati progettuali a firma del Dott. Ing. Massimo Gardenato presentate rispettivamente in data 23/12/2003, in data 15/03/2008 e 26/09/2008. Successivamente, a seguito dei danni rilevati dal Settore Marmo in occasione delle piogge del 5/11/2014 (*"in cui si sono verificati fenomeni di debris flow provocando colamenti di terra e fango riversatisi nel piazzale inferiore del ravaneto fino a raggiungere la sede stradale"*, *"che limitati debris-flow sono occorsi all'interno del corpo detritico di recente formazione nella parte superiore del ravaneto (piazzale a q. 490) in quanto sono stati riversati insieme ai detriti marmorei anche cospicui volumi di terre"*) le ditte esercenti hanno presentato documentazione tecnica in data 30/04/2015 in risposta alle prescrizioni Det. Dir. n°162/2014 successivamente integrata con elaborato datato 12/06/2015. Che la suddetta documentazione scaturisce da richieste del Settore Marmo formulate dopo l'alluvione del novembre 2014. Gli elaborati presentati ad Aprile 2015 riguardano il posizionamento di un tubo per il deflusso delle acque meteoriche (d = 1.5 m) da posizionarsi sotto la strada comunale oltre che modifiche progettuali relative ai deflussi superficiali lungo strada (realizzazione di cunette e attraversamenti) e l'intenzione di asfaltare tutto il tratto di strada fino ai piazzali di carico.

Stato autorizzativo del Progetto: SI

INTERVENTI AUTORIZZATI mediante proroghe. L'ultimo rinnovo autorizzativo è stato concesso con Determinazione n°162 del 26/07/2014 che però fissava come termine ultimo delle lavorazioni il 22/04/2016.

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI IN CORSO

Come riferito dal Settore Marmo gli interventi previsti dall'autorizzazione n°162/2014, di risistemazione dei ravaneti siti nella Fossa della Calocara e nella Fossa della Piana, sono tuttora in corso;

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per i ravaneti del Fosso della Piana e Fosso Calocara si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che le opere autorizzate non sono ancora terminate.

Note:

I ravaneti del Fosso della Piana e Fosso Calocara sono stati interessati, nel tempo, da numerosi episodi di debris flows. Gli episodi più significativi si sono registrati in occasione degli eventi alluvionali e/o intense precipitazioni verificatisi negli anni 2003, 2010, 2012 e 2014. In occasione degli episodi sopra ricordati, le colate detritiche sono giunte sino alla base dei ravaneti invadendo ed in alcuni casi danneggiando sia opere pubbliche (strada comunale Ponti di Vara - Torano ex Marmifera) che opere private (strada di arroccamento che conduce alle cave del comprensorio del Monte Bettogli).

Scheda 9: RAVANETO FOSSO CARPEVOLA (prescrizioni cava n°105 Calocara C)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 4gm) descrive la presenza di n°1 debris flow attivo con relativo canale di incisione;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 e G.2b;

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 e G.3b;

c. Prescrizioni contenute nell'Autorizzazione delle cave n°105 e n° 106 del 26/08/2010

La Determinazione n°91/2010 autorizza una variante per la gestione del detrito lato Carpevola per le cave n°105 "Calocara C" e n°106 "Carpevola B" nel bacino n°3 di Miseglia della ditta esercente "Società Apuana Marmi srl".

L'autorizzazione non contiene, per l'area di scarico denominata Carpevola, un progetto di risistemazione dell'area e/o di messa in sicurezza del ravaneto. Contiene invece, per quanto riguarda l'impatto ambientale, una prescrizione per limitare le polveri in atmosfera: "*viste comunque le condizioni di polverosità causate dallo scarico, tale operazione dovrà essere eseguita in condizioni meteorologiche favorevoli*".

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: NO

Stato autorizzativo del Progetto: NO

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: NESSUNO

Scheda 9: RAVANETO FOSSO CARPEVOLA (prescrizioni cava n°105 Calocara C)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto del Fosso Carpevola si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che non sono previsti, per l'area in esame, interventi di risistemazione finalizzati alla messa in sicurezza del ravaneto.

Note:

Scheda 10: RAVANETO FOSSO FOSSAFICOLA (Ordinanza n°1725/2008 e seg.)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 4gm) descrive la presenza di un debris flow attivo di notevoli dimensioni allungato lungo il Fosso di Fossaficola e di ulteriori due debris flows laterali di dimensioni ben più contenute. Sono poi cartografati diversi canali di debris flow ben riconoscibili nell'area di interesse.

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 (P. geomorfologica molto elevata);

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 (P. geologica molto elevata);

c. Disposizioni dell'Ordinanza del Settore Marmo n°1725 del 18/11/2008 e seguenti

Per l'area di Fossaficola il Settore Marmo ha emanato, nel tempo, diversi provvedimenti finalizzati alla bonifica e sistemazione del ravaneto dove *"la presenza di notevoli volumi detritici a granulometria fine ha causato il verificarsi di colamenti (debris flow) che nel passato hanno raggiunto la sottostante Fossa del Cardellino"*.

Dopo i lavori di bonifica autorizzati con Det. Dir. n°50 del 16/05/2005 (lavori post alluvione 2003), è stata emessa Ordinanza n°1725 del 18/11/2008 alla "Cooperativa Cavatori Canalgrande S.c." per la rimozione degli accumuli instabili ed il completamento dei lavori di risistemazione dell'intero canalone previa *"presentazione di un nuovo progetto di bonifica e sistemazione definitiva dell'intero canalone di Fossaficola fino alla confluenza con la Fossa del Cardellino, comprensivo di tutte le opere necessarie alla stabilizzazione del versante nonché alla corretta regimazione idraulica..."*. Il progetto di cui sopra presentato in data 14/01/2009 non è stato approvato da parte dei vari Enti competenti, pertanto, il Settore Marmo con Det. Dir. n°56 del 31/05/2011 richiedeva la presentazione di un nuovo progetto. In data 13/04/2012 la "Marmi Carrara Canalgrande srl" e la "Cooperativa Cavatori Canalgrande S.c." hanno presentato domanda di autorizzazione per la realizzazione di opere di bonifica e messa in sicurezza all'interno del ravaneto di Fossaficola allegando relativo progetto a firma del Dott. Geol. Alberto Cattani.

Il Settore Marmo con Ordinanza n°1548 del 14/11/2012 indirizzata alla "Cooperativa Cavatori Canalgrande S.c." disponeva di eseguire le opere di risistemazione della Fossaficola, come da progetto a firma del Dott. Geol. Alberto Cattani presentato in data 13/04/2012, con prescrizioni tra cui;

- termine delle lavorazioni entro 30 giorni dalla notifica dell'ordinanza;
- presentazione di relazione di fine lavori, a firma di tecnico abilitato, che attesti il raggiungimento del corretto assetto idro-geomorfologico dell'area.

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: SI

Progetto a firma del Dott. Geol. Alberto Cattani presentato in data 13/04/2012 che ha recepito le disposizioni dell'ufficio PISLL di *"non modificare lo stato dei luoghi a monte di quota 447 m slm e al contempo la necessità di migliorare la sicurezza idrogeologica dell'area sottostante"*.

Secondo quanto riferito dal Settore Marmo, i lavori prescritti sono stati terminati ma non è mai stata consegnata la fine lavori richiesta con l'ordinanza di cui sopra.

Stato autorizzativo del Progetto: SI

OPERE AUTORIZZATE con Ordinanza n°1548 del 14/11/2012

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI CONCLUSI

Come riferito dal Settore Marmo, le opere prescritte sono state terminate.

Si specifica che le opere realizzate, previste dal progetto approvato, risulterebbero idonee a garantire la sicurezza idro-geomorfologica della Fossa Ficola nell'area sottostante quota 447 m slm.

Secondo quanto riferito dal Settore Marmo, l'asportazione dell'ingente quantità di detrito fine presente nel settore di monte del ravaneto sarebbe dovuta avvenire a seguito degli sbassi previsti dal progetto di coltivazione autorizzato, sbassi che però non sono ancora stati realizzati.

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto della Fossa Fossaficola si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione autorizzati e successivamente realizzati non sono ancora stati certificati.

Note:

Scheda 11: RAVANETO FOSSO QUERCIOLA (Ordinanza n°658/2014)

a. Criticità geomorfologiche del ravaneto evidenziate nello studio POC 2016

Per il ravaneto di interesse la carta geomorfologica (Tav. 4gm) descrive la presenza di un debris flow attivo di notevoli dimensioni, con relativi canali di incisione, allungato lungo il fosso della Querciola;

b. Pericolosità geomorfologica 26/R e Pericolosità geologica 53/R del ravaneto di interesse

Pericolosità geomorfologica PS vigente (DPGR 26/R 2007): Classe G.4 (P. geomorfologica molto elevata);

Pericolosità geologica studio POC 2016 (DPGR 53/R 2011): Classe G.4 (P. geologica molto elevata);

c. Disposizioni dell'Ordinanza del Settore Marmo n°658 del 2014

L'ordinanza n°658/2014 del 22/11/2014 indirizzata alla ditta "Mega Stone Factory srl" titolare della cava n° 147 "Querciola" nel bacino n°4 di Colonnata contiene le seguenti disposizioni:

- la messa in sicurezza dell'area di versante ubicata in località Querciola, sede della viabilità di arroccamento alla cava n°147 "Querciola", provvedendo all'immediata rimozione dei volumi detritici accumulatisi alla base della Fossa della Querciola ed alla realizzazione, entro 30 giorni dalla notifica, delle opere di regimazione delle acque previste nel progetto autorizzato con Det. Dir. n°44 del 2/04/2014;
- la presentazione della relazione di fine lavori attestante l'avvenuta esecuzione di quanto ordinato.

Nel Settembre 2015, il Settore Marmo, con riferimento all'ordinanza di cui sopra che ordinava l'asportazione del materiale detritico accumulatosi alla base della Fossa della Querciola, avendo constatato che i lavori non erano stati eseguiti (incluse le opere di regimazione delle acque già autorizzate con Det. Dir. n°44 del 2/04/2014), ha emesso propria Ordinanza di ingiunzione (per provvedimento sanzionatorio L.R. 35/2015) n°1716 del 17/11/2015 ordinando:

- la sospensione immediata delle lavorazioni di vagliatura;
- la realizzazione delle opere di regimazione delle acque previste nel progetto autorizzato;
- l'asportazione del materiale detritico fine dal piazzale in località Narana;
- la rimozione del materiale dal Fosso della Querciola come da Ord. Dir. n°658/2014.

Successivamente, il Settore Marmo ha concesso una proroga alle lavorazioni suddette fino alla data del 01/08/2016 a seguito del recepimento della richiesta di proroga avanzata dalla ditta il 27/05/2016.

Infine, il Settore Marmo ha concesso un ulteriore proroga, al periodo utile all'asportazione del materiale detritico all'interno del Fosso della Querciola, fino alla data del 31/12/2016 accogliendo la richiesta di proroga avanzata in data 15/09/2016 da parte della ditta "Mega Stone Factory srl"

d. Progetto e stato di attuazione degli interventi

Progetto relativo agli interventi di messa in sicurezza e/o mitigazione del ravaneto: NO

Stato autorizzativo del Progetto: NO

Stato di attuazione degli interventi di messa in sicurezza/mitigazione del ravaneto: INTERVENTI IN CORSO

Come riferito dal Settore Marmo, le opere previste dall'Ordinanza di ingiunzione n°1716 del 17/11/2015 non sono state ancora completate e comunque la ditta non ha ancora provveduto alla presentazione della relazione di fine lavori attestante l'avvenuta esecuzione di quanto ordinato;

Scheda 11: RAVANETO FOSSO QUERCIOLA (Ordinanza n°658/2014)

e. Documentazione agli atti inerente le Norme di Piano del PAI AdB Toscana Nord

Parere AdB Toscana Nord sul progetto preliminare degli interventi in previsione sull'area (art. 13 comma 5 delle Norme di Piano - DGRT 1328/2004)

NO

Dichiarazione sugli effetti conseguiti con gli interventi (art. 13 comma 6 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

Certificati di collaudo o di regolare esecuzione (art. 25 delle Norme di Piano-DGRT 1328/2004)

NO

f. Valutazione sullo stato di pericolosità geomorfologica conseguente agli interventi realizzati

Per il ravaneto della Fossa Querciola si conferma la classe di pericolosità geologica G.4 così come definita nello studio POC 2016 avendo preso atto che gli interventi di risistemazione autorizzati sono ancora in corso e che manca un progetto complessivo di stabilizzazione del ravaneto.

Note:

L'area conosciuta come ravaneto della Fossa Querciola, come si evince dalla relazione del Settore Marmo datata Novembre 2008, è stata nel passato *"più volte interessata da debris flows a causa della presenza di ingenti volumi di detriti a granulometria fine prodotti e accumulati in passato dall'esercizio di un frantoio ora non più in funzione"*.

Gli episodi più significativi si sono registrati in occasione degli eventi alluvionali e/o intense precipitazioni verificatisi negli anni 2002 (13/11/2002), 2003 (23/09/2003), 2010, 2012 e 2014. In occasione degli episodi sopra ricordati, le colate detritiche sono giunte sino alla base del ravaneto invadendo ed in alcuni casi danneggiando sia opere pubbliche (strada comunale dei Canaloni) che opere private (fabbricato di civile abitazione posto al piede del ravaneto).