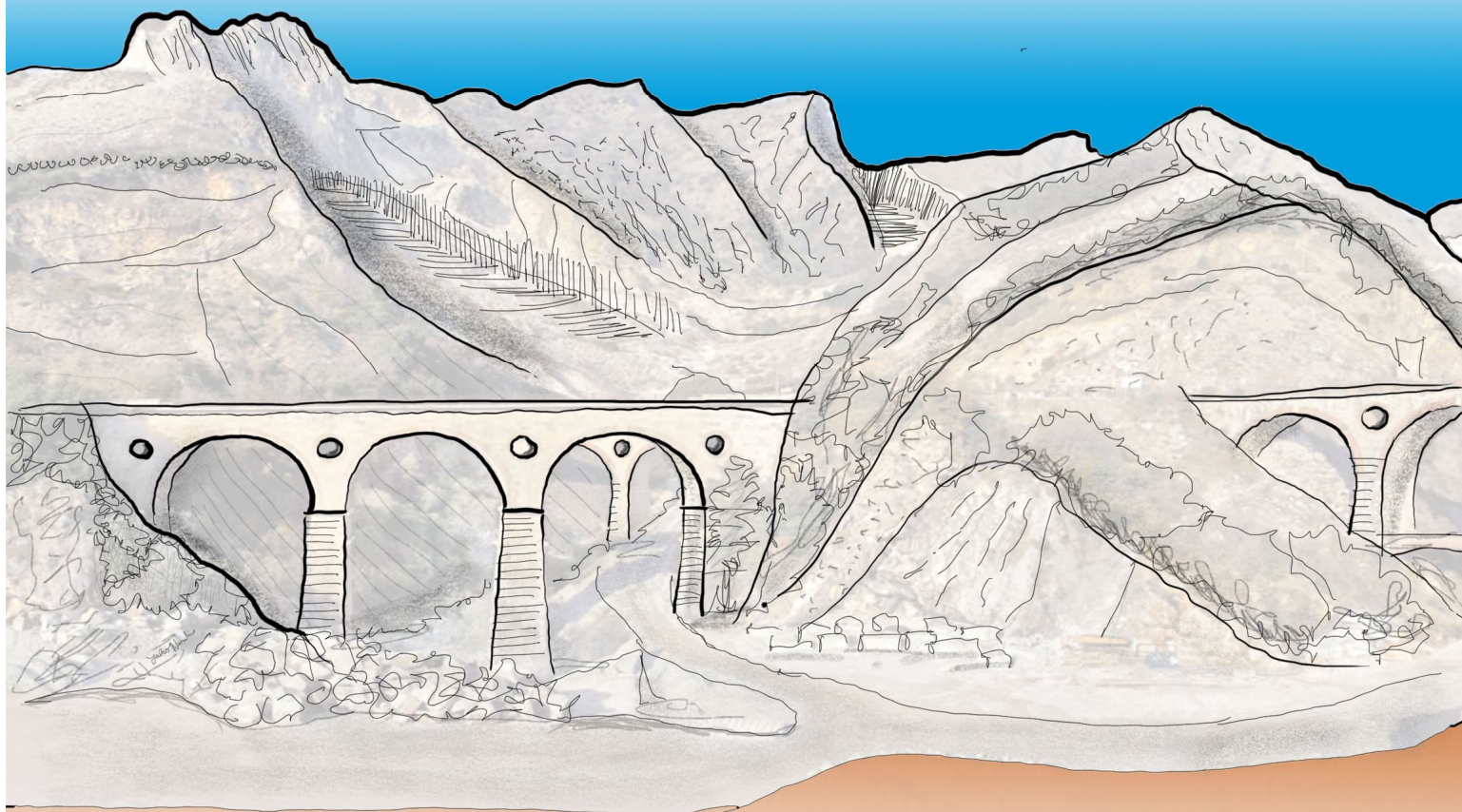




Comune di Carrara
Provincia di Massa-Carrara

Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi delle Alpi Apuane

ai sensi dell'Artt. 113 e 114 della L.R. 65/2014 e del PIT-PPR Allegato V



Coordinatore del gruppo di lavoro:
Arch. Roberto Bologna
Dirigente del Settore Urbanistica e Suap

**Responsabile del Procedimento
ex art.18 LRT65/2014:**
Arch. Nicoletta Migliorini
Settore Urbanistica e Suap

Progettisti:

Arch. Nicoletta Migliorini
Settore Urbanistica e Suap
Geol. Giuseppe Bruschi
Settore Servizi Ambientali/Marmo

Collaboratori interni:

Geom. Carlo Alberto Nicolini
Geom Sergio Torri
Settore Urbanistica e Suap
Geom. Massimo Dell'Amico
Ing. Alessandra Pacciani
Geol. Gabriele Stagnaro
Settore Servizi Ambientali/Marmo

Collaborazioni esterne:

Geol. Andrea Piccinini
Indagini Geologiche

Arch. Fabio Nardini
Quadro conoscitivo
delle componenti del paesaggio
e supporto cartografico

Biol. Antonella Grazzini
Procedura di V.A.S.

**Istituto di Ricerca sul Territorio
e l'Ambiente IRTA Leonardo**
Università di Pisa
Analisi sociale a criteri multipli per
l'individuazione delle quantità sostenibili

Dipartimento di Scienza della Terra
Università di Pisa
Ricerche geomorfologiche
applicate ai ravaneti

Avv. Domenico Iaria
Studio legale Lessona
Consulenza legale N.T.A.

SCHEDA N. 14 – BACINI DI CARRARA: PISCINICCHI-PESCINA BOCCANAGLIA BASSA

A) RELAZIONI E DISCIPLINA

A1 . 2 Ricerche geomorfologiche applicate ai ravaneti del Comune di Carrara

Luglio 2019



COMUNE DI CARRARA

Accordo di collaborazione scientifica tra il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa
e il Comune di Carrara (delibera della Giunta Comunale n° 294 del 14 giugno 2018).

RICERCHE GEOMORFOLOGICHE APPLICATE AI RAVANETI DEL COMUNE DI CARRARA

*per l'aggiornamento dei dati relativi all'estensione e alla caratterizzazione dei ravaneti
dei bacini marmiferi ed all'identificazione dei ravaneti dei bacini marmiferi da
sottoporre a tutela e valorizzazione (piani attuativi dei bacini estrattivi).*

Responsabile per il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa Prof. Geol. Carlo Baroni

Responsabile per il Comune di Carrara Dott. Geol. Giuseppe Bruschi

RICERCHE GEOMORFOLOGICHE APPLICATE AI RAVANETI DEL COMUNE DI CARRARA

Relazione tecnica

PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati delle ricerche geomorfologiche applicate ai ravaneti del Comune di Carrara svolte nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Università di Pisa e il Comune di Carrara (delibera della Giunta Comunale n° 294 del 14 giugno 2018). Tali attività sono finalizzate all'aggiornamento dei dati relativi all'estensione e alla caratterizzazione dei ravaneti dei bacini marmiferi ed all'identificazione dei ravaneti dei bacini marmiferi da sottoporre a tutela e valorizzazione, come richiesto dai Piani Attuativi dei Bacini Estrattivi (P.A.B.E.).

Il Comune di Carrara designa il **Dott. Geol. Giuseppe Bruschi** del Settore Servizi Ambientali / Marmo quale responsabile scientifico delle attività oggetto dell'Accordo.

Il Dipartimento designa quale responsabile scientifico dell'Accordo il **Prof. Geol. Carlo Baroni**.

Sono parte integrante della presente relazione i seguenti allegati:

- (i) Tavola 1 - "Carta geomorfologica dei ravaneti dei bacini marmiferi di Carrara" alla scala di 1:10.000 aggiornata al 2017;
- (ii) Tavola 2 - "Carta dei parametri di selezione dei ravaneti da sottoporre a tutela" alla scala di 1:5000;
- (iii) Tavola 3 - "Carta dei ravaneti da sottoporre a tutela" alla scala di 1:5000 e in versione digitale alla scala 1:2000;
- (iv) Versione digitale delle Tavole 1, 2 e 3 (CD I)
- (v) Dati vettoriali (shape file) e database annesso delle tavole di cui sopra (CD I). Gli shape file e annessi database relativi alla Tavola 1 sono da considerarsi ad uso esclusivo del Comune di Carrara e non dovranno essere divulgati a terzi sino ad avvenuta pubblicazione scientifica del prodotto da parte degli Autori coinvolti, che dovrà avvenire entro due anni dalla consegna della presente relazione passati i quali la pubblicazione sarà libera.

Hanno partecipato alla ricerca la **Prof.ssa Maria Cristina Salvatore** (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa) e la **Dott.ssa Linda Alderighi** (Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa).

Per quanto riguarda le Tavole 2 e 3, la scelta dei parametri di selezione dei ravaneti da sottoporre a tutela ha visto la collaborazione dei **Prof. Ing. Federico Preti** e **Dr. Alessandro Errico** (Università degli studi di Firenze, DAGRI - Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali; Convenzione con Anci Toscana nell'Ambito di EU Project "Assistere l'adattamento ai cambiamenti climatici dei sistemi urbani dello spazio Transfrontaliero-

ADAPT, programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 CUP B19J1600289000"), del **dott. Rodolfo Gentili** (Università di Milano Bicocca, Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra) e dell'Ing. **Alessandra Pacciani** (Comune di Carrara).

L'area investigata comprende l'intero complesso dei bacini marmiferi di Carrara (Alpi Apuane, Toscana settentrionale) e include i bacini estrattivi di Colonnata, Miseglia, Pescina-Boccanaglia, Torano, Piscinicchi e Combratta, (fig. 1a). Il territorio si estende su di una superficie di 11,458 km², distribuita altimetricamente tra le quote 182 m e 1280 m circa slm (fig. 1b).

La morfologia del territorio si caratterizza per la diffusa presenza di forme antropiche legate all'attività estrattiva, in particolare i ravaneti che costituiscono importanti testimonianze dell'antica storia estrattiva.

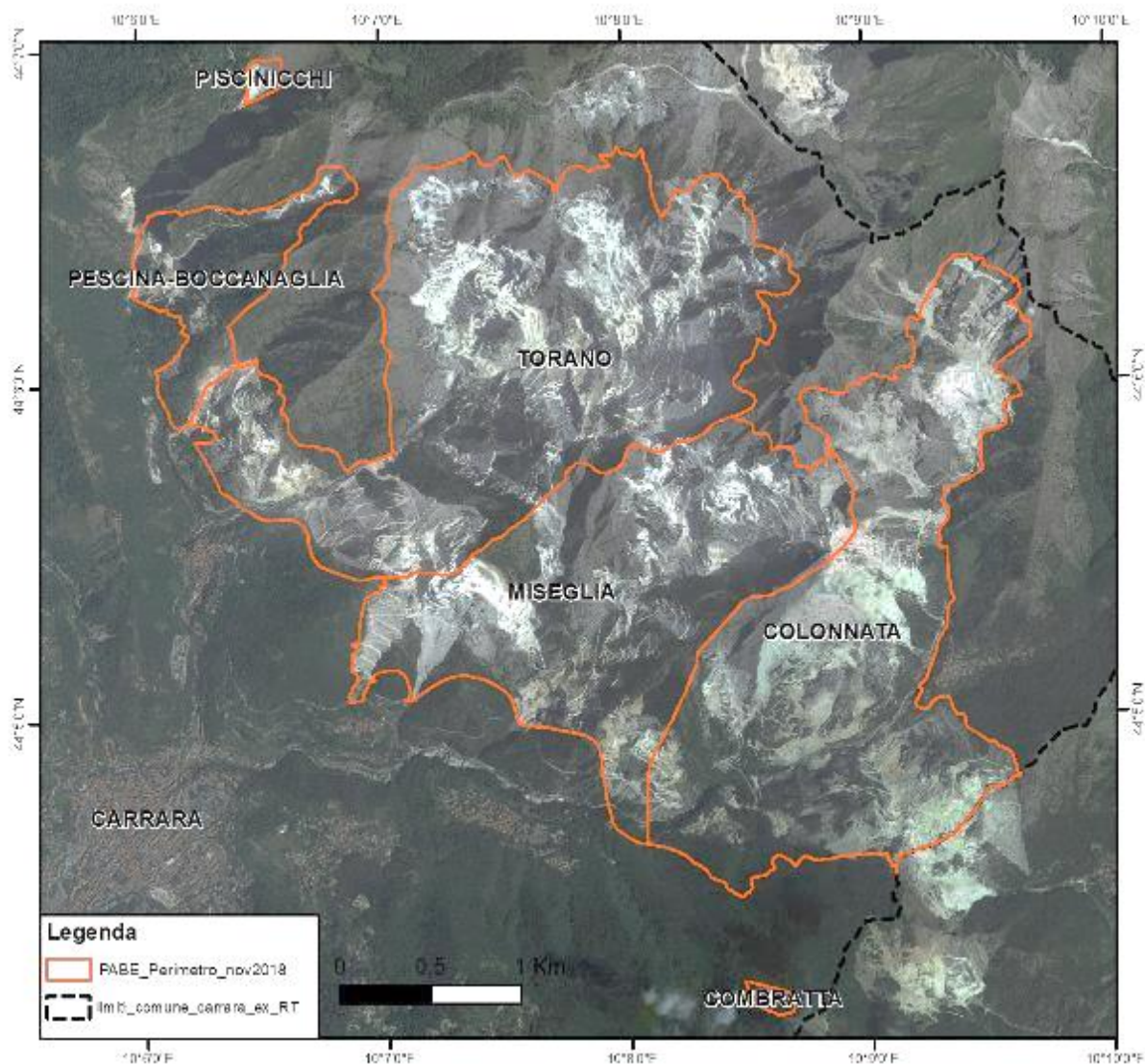


Figura 1 I limiti dei bacini marmiferi estrattivi (in arancio) presenti all'interno del limite amministrativo comunale di Carrara (in nero).

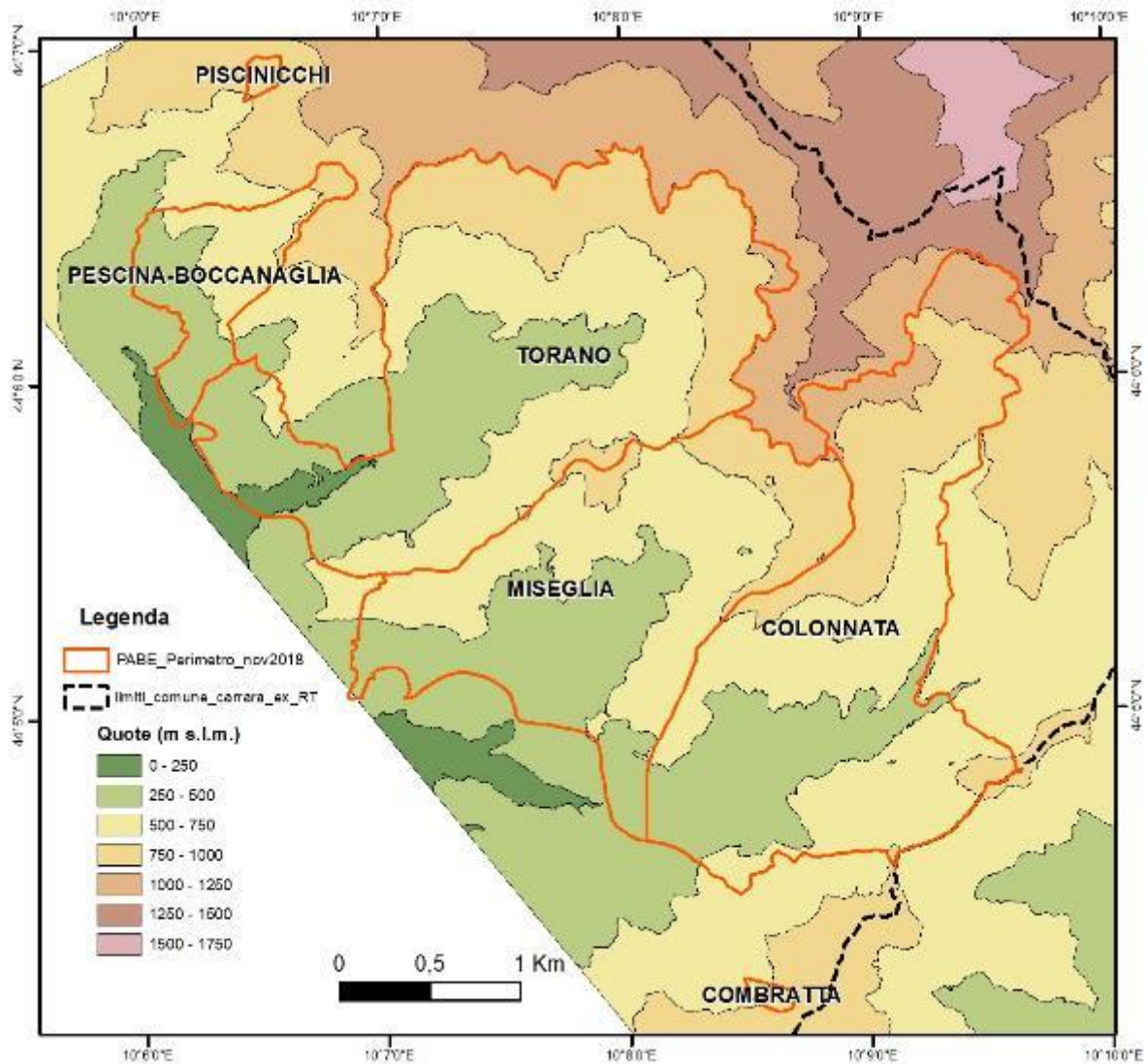


Figura 2 - Distribuzione per fasce altimetriche del territorio studiato. In arancione sono rappresentati i limiti dei bacini marmiferi estrattivi presenti all'interno del limite amministrativo comunale di Carrara (in nero).

Dal punto di vista climatico l'area apuana, per il peculiare allungamento della catena parallelamente alla linea di costa (NW-SE) e la vicinanza al mare, è una con le maggiori precipitazioni d'Italia ed è caratterizzata da un clima umido di tipo B1-B2, con un mese arido ed assenza di mesi freddi (Rapetti e Vittorini, 1994).

Dal punto di vista vegetazionale, Ferrarini (1972) inserisce l'area del bacino marmifero nell'ambito della serie del querceto xeromorfo; in particolare alcuni lembi esigui sono inquadrati nel querceto-carpinetto, le parti più estese nelle formazioni con *Ostrya sparsa* (Ansaldi e Gentili, 2004).

La vegetazione potenziale dell'area indagata ricade nella fascia dei querceto-ostrieti a *Quercus pubescens* Willd. (roverella) e *Ostrya carpinifolia* Scop. (carpino nero) (posto al di sopra della

macchia mediterranea) con dominanza di *Ostrya carpinifolia* che sui versanti soleggiati risalgono fin oltre i 1000 m di quota (Ferrarini e Alessandrini, 1988).

Pochi studi sono stati condotti all'interno dei bacini marmiferi per la caratterizzazione della copertura vegetazionale sui ravaneti. Fra questi, di particolare interesse risulta lo studio condotto da Gentili e Baroni (2008) che fornisce una dettagliata analisi della copertura vegetazionale in relazione alle caratteristiche geomorfologiche dei vari ravaneti, una rappresentazione cartografica completa della vegetazione all'interno del bacino estrattivo, oltre ad una analisi più dettagliata condotta su 74 siti di rilievo puntuale.

MATERIALI E METODI DI INDAGINE

L'aggiornamento dei dati relativi all'estensione dei ravaneti dei bacini marmiferi e la loro caratterizzazione è stato svolto attraverso l'analisi fotointerpretativa di immagini aerofotografiche riprese nel 2017.

Il lavoro è stato svolto attraverso fasi distinte di lavoro ma complementari tra loro, che comprendono la raccolta di materiale bibliografico, documenti cartografici, fotografici e

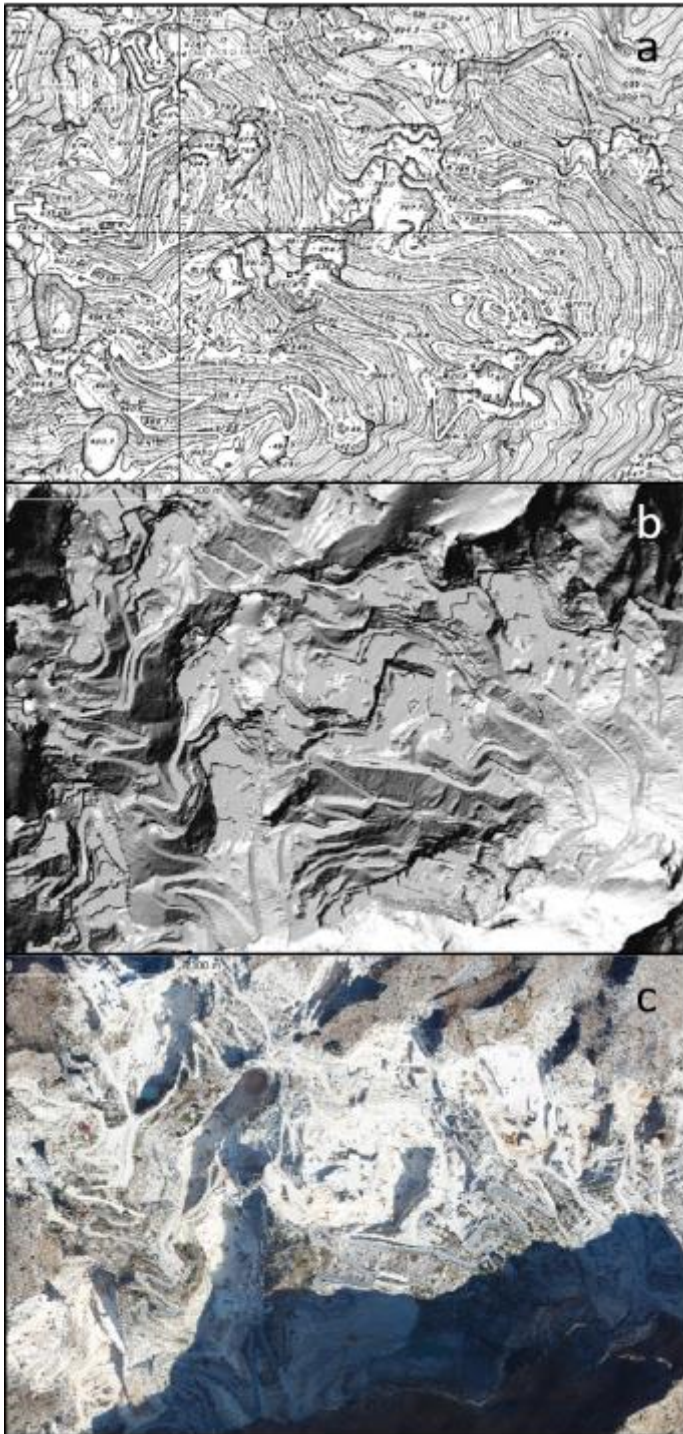


Figura 3 - Bacino marmifero di Miseglia: a) Stralcio delle CTR_5k, b) hillshade relief dai dati LIDAR 2017, c) stralcio dell'ortofotografia ripresa nel 2017.

aerofotografici (in formato digitale e a stampa) esistente per l'area oggetto di studio, analisi fotointerpretativa e informatizzazione dei dati. La letteratura di riferimento (si vedano riferimenti bibliografici in coda alla presente relazione) in particolare per la realizzazione la costruzione della legenda della carta, riguarda la Carta Geomorfologica dei Bacini Marmiferi di Carrara (Baroni et al, 2010) nella quale sono rappresentati gli elementi antropici caratteristici delle aree estrattive mediante l'innovativo utilizzo specifici simbolismi ai fini della rappresentazione della tessitura, dell'alterazione superficiale e della copertura vegetale dei ravaneti.

La cartografia di base utilizzata comprende le carte tecniche regionali (CTR; fig. 3a), fruibili *online* tramite il servizio *Web Map Service* (WMS) dal sito Geoscopio gestito dalla Regione Toscana. Come base di rappresentazione per la realizzazione delle Tavole allegate, sono state utilizzate le CTR in scala 1:10.000 del 2010, fornite in formato .tif e .shp dal Comune di Carrara.

I documenti aerofotografici utilizzati per l'analisi fotointerpretativa consistono in

ortofotografie riprese nel 2017 fornite dalla Regione Toscana su richiesta del Comune di Carrara. Si tratta di immagini a colori, con una risoluzione del *pixel* pari a 0,2m x 0,2 m (fig. 3c). Al fine di svolgere un'analisi più approfondita, sono state consultate anche le ortofotografie fruibili *online* tramite servizi *Web Map Service* (WMS) sia dal sito del Portale Cartografico Nazionale (PCN; anni 1988-89, 1994, 2000, 2006 e 2012) gestito dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sia dal portale Geoscopio (anni 1954, 1978, 1988-89, 1996, 2000, 2010, 2013, 2016).

Inoltre, l'analisi è stata supportata anche dall'utilizzo del rilievo LIDAR del settore Apuano del 2017, fornito dalla Regione Toscana, con una risoluzione del pixel pari a 0,5m x 0,5m. La disponibilità di entrambi gli impulsi del LIDAR (DSM e DTM) ha consentito l'analisi dei ravaneti anche nelle aree coperte da vegetazione arborea. Inoltre, la loro visualizzazione in *hillshade relief* (fig. 3b) ha permesso di avere una percezione più realistica della morfologia della superficie facilitando l'interpretazione delle forme del rilievo in particolare nelle aree caratterizzate da forte albedo dovuta al marmo non ossidato.

La fotointerpretazione, integrata dall'analisi di dati cartografici e LIDAR è avvenuta contestualmente all'informatizzazione dei limiti dei ravaneti e delle forme del rilievo operando direttamente a *video* sulle ortofotografie riprese nel 2017.

Data l'elevata risoluzione a terra delle immagini si è proceduto alla informatizzazione dei dati lavorando ad una scala compresa tra 1:500 e 1:1000 (scala del rilevamento concordata nella fase preliminare del lavoro).

I dati di fotointerpretazione sono stati raccolti e gestiti mediante il *software open source* Q-gis® (liberamente scaricabile all'indirizzo <http://www.qgis.org/it/site/>) con il quale è stato creato un progetto di lavoro nel sistema di riferimento EPSG:3003 – Monte Mario/ Italy Zone 1- all'interno del quale sono state caricate tutte le immagini ed i file vettoriali disponibili (fig. 4).

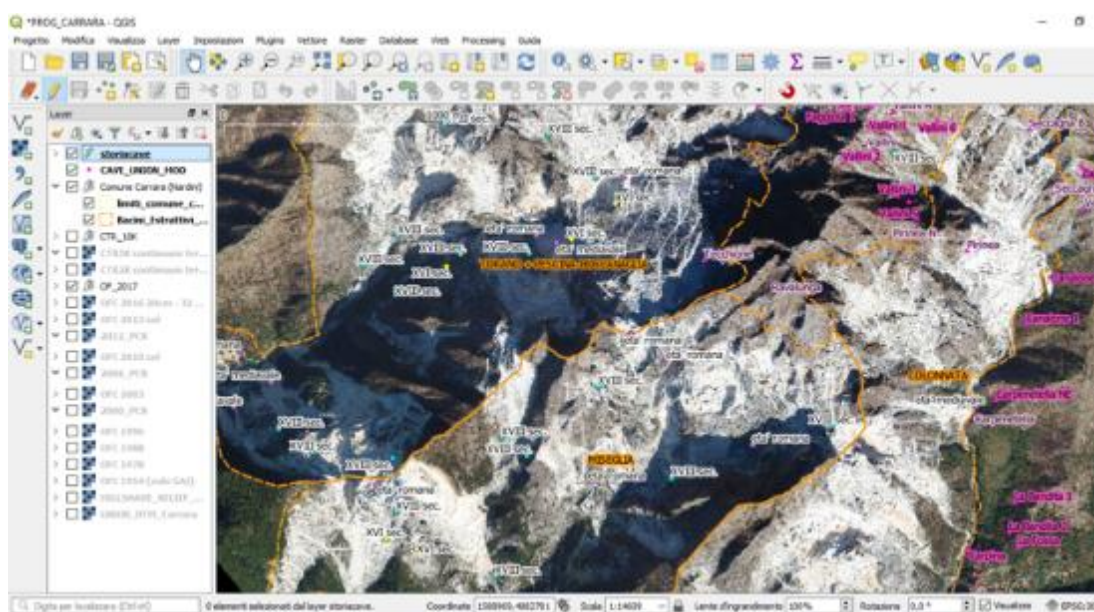


Figura 4 - Progetto in QGIS approntato per la visualizzazione e la consultazione del materiale digitale esistente.

Per l'informatizzazione delle forme del rilievo annesse ai ravaneti sono stati creati *layers* vettoriali di diverso tipo geometrico (areale, lineare e puntuale).

Il *layer* areale comprende, tra gli altri elementi del paesaggio, le aree di escavazione ed i ravaneti, il *layer* lineare comprende sia elementi antropici, come ad esempio i fronti di escavazione, che forme naturali, come orli di scarpata di degradazione, canali di *debris flow* o solchi di ruscellamento, mentre il *layer* puntuale tiene conto delle forme del rilievo non cartografabili alla scala di output. A ciascun *file* vettoriale (in formato .shp) è associata una tabella di attributi (.dbf) contenente le specifiche di ogni singolo elemento informatizzato (fig. 5).

	Nome	Numerc	Anno	Ag_morf	Morfotip	Tessitura	Note	Area	St_Alteraz	Cop_Veg
18	Finocchioso	463	2017	Antropico	Ravaneto	Fine		17922,86	Superficie ossidata	Copertura arborea
19		0	2017	Antropico	Ravaneto	Media		2448,27	Superficie non ossidata	
20		0	2017	Antropico	Ravaneto	Media		4888,04	Superficie ossidata	Copertura arbustiva
21		0	2017	Antropico	Ravaneto asportato	Fine		4350,73	Superficie ossidata	
22		0	2017	Antropico	Piazzale di cava			1926,19	Superficie non ossidata	
23		0	2017	Antropico	Ravaneto	Media		6663,58	Superficie ossidata	Copertura arbustiva
24			2017	Antropico	Area di escavazione			989,37	Superficie ossidata	
25		0	2017	Antropico	Area di escavazione			514,07	Superficie ossidata	
26		0	2017	Antropico	Ravaneto	Fine		1108,88	Superficie ossidata	Copertura arbustiva
27		0	2017	Antropico	Ravaneto	Media		476,08	Superficie ossidata	Copertura arbustiva
28		0	2017	Antropico	Ravaneto	Fine		0,00	Superficie ossidata	
29		0	2017	Antropico	Area di escavazione			5665,90	Superficie non ossidata	
30		0	2017	Antropico	Area di escavazione			3505,20	Superficie ossidata	Copertura arborea
31		0	2017	Antropico	Area di escavazione			8054,74	Superficie ossidata	Copertura arbustiva
32		0	2017	Antropico	Ravaneto	Grossolana		542,00	Superficie ossidata	

Figura 5 - Estratto del contenuto della tabella di attributi (.dbf) associata allo *shapefile* poligonale.

La struttura del *dataset* geomorfologico segue i criteri della legenda geomorfologica applicata per la redazione della Carta Geomorfologica dei Ravaneti del Comune di Carrara. Quest'ultima si ispira alle linee guida per il rilevamento geomorfologico redatto dal Servizio Geologico Nazionale (oggi ISPRA) e dal Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia (oggi AIGEO, 1994), e tiene conto della morfogenesi, della morfocronologia e della morfodinamica. Per quest'ultima viene adottato il criterio suggerito dai ricercatori dell'AIGEO e dall'ISPRA che indica come forme attive quelle in evoluzione per processi attivi o riattivabili, e come inattive le forme non più in evoluzione e non più riattivabili nelle condizioni morfoclimatiche attuali, sotto l'azione dello stesso processo morfogenetico principale. Per quanto riguarda le forme antropiche, vista la peculiarità dell'area, si è fatto riferimento alla Carta Geomorfologica dei Bacini Marmiferi di Carrara (Baroni

et al., 2010) nella quale viene prestata particolare attenzione agli elementi antropici, in particolare ai ravaneti per i quali sono stati approntati specifici simbolismi ai fini della rappresentazione della loro tessitura, alterazione superficiale e copertura vegetale.

La caratterizzazione dei ravaneti, realizzata mediante analisi foto interpretativa, su un territorio ben conosciuto dagli autori, si basa sulla differenziazione delle caratteristiche tessiturali, dello stato di ossidazione del materiale di scarto, della presenza di matrice (laddove riconoscibile) e della presenza, dello sviluppo e della tipologia di vegetazione.

Per quanto riguarda la tessitura dei ravaneti sono state distinte tre classi granulometriche (tessitura grossolana, media, fine) così come osservabili dalle ortofotografie alla scala del rilevamento (Fig. 6). In prima approssimazione la tessitura grossolana corrisponde alla presenza di massi di dimensioni superiori al metro, la media prevalentemente comprende la tessitura a testa d'uomo (30 cm) ma può contenere anche blocchi di dimensioni comunque inferiori al metro, la tessitura fine mediamente dimensioni al di sotto dei 30 cm.



Figura 6 - Ravaneto sul versante meridionale di Monte Campanile, bacino di Colonnata (2017) suddiviso in più settori in funzione della tessitura.

Per lo stato di ossidazione del materiale sono state distinte le aree dei ravaneti con superficie ossidata e non ossidata sulla base delle diverse tonalità di bianco e grigio (toni di grigio ossidate, toni del bianco, Fig. 7).

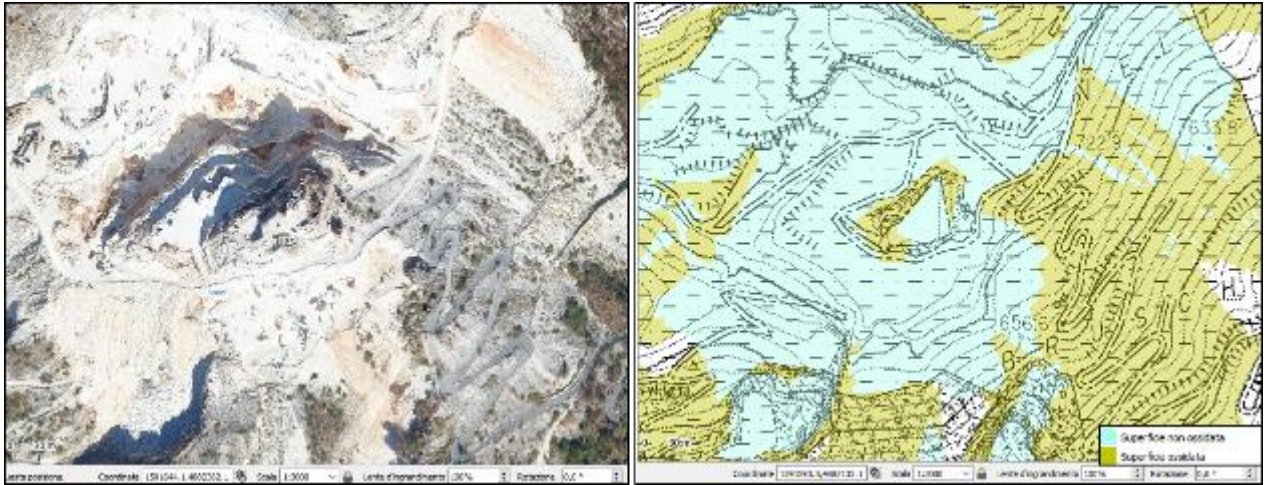


Figura 7 - Ravaneti in zona Campanili, bacino di Colonnata; a sinistra il territorio come osservabile nell'ortofoto del 2017; a destra la rappresentazione cartografica in funzione dello stato di alterazione della superficie (azzurro non ossidata, verde ossidata).

Rilevante ai fini della caratterizzazione è la delimitazione delle porzioni dei ravaneti che presentano copertura vegetale. Sulla base del portamento della copertura dominante, sono state distinte attraverso l'analisi delle immagini aeree 4 classi principali: privo di copertura vegetale, copertura arborea, arbustiva ed erbacea (fig. 8).

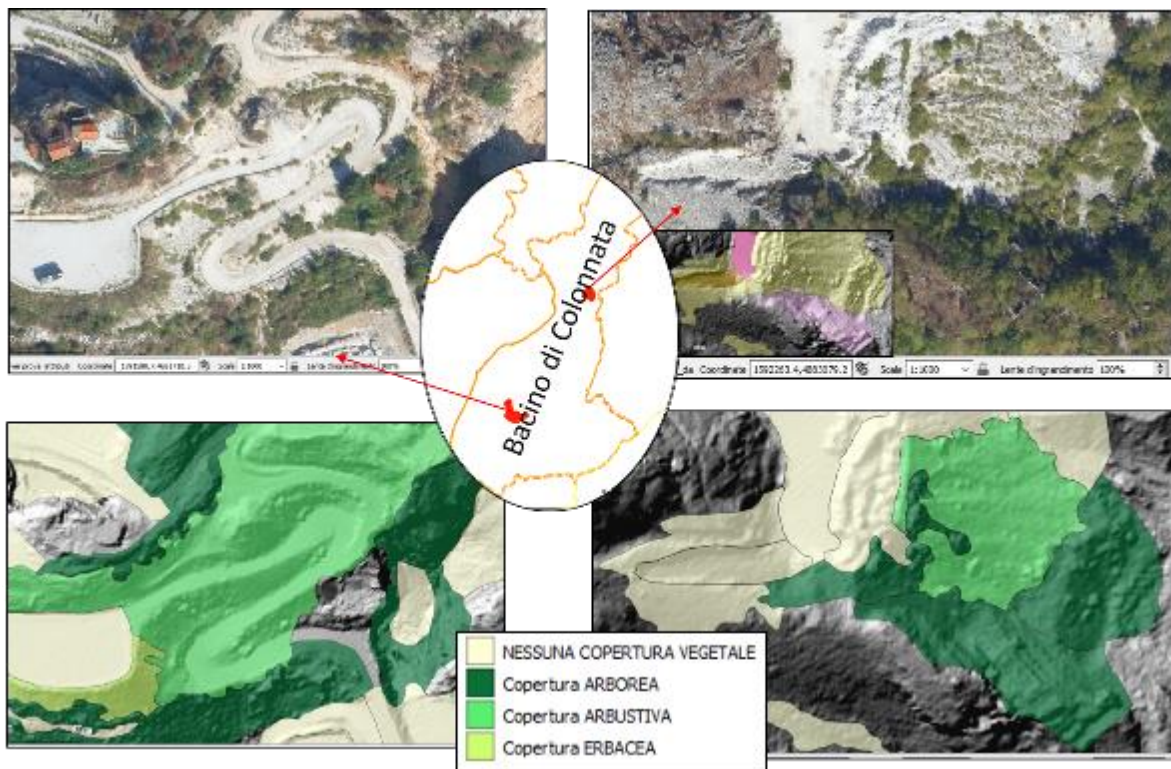


Figura 8 - Diversi settori del bacino di Colonnata; in alto si osservano le due aree nel 2017; in basso la copertura vegetale che li interessa.

Questa attività fotointerpretativa è stata integrata da una campagna di rilevamento di terreno in siti campione condotta dal dott. A. Errico nel corso dell'estate 2018. Il rilevamento ha riguardato in particolare la ripetizione delle osservazioni sulle 74 stazioni precedentemente censite dal dott. Gentili, i cui risultati saranno impiegati per una analisi comparativa a distanza di 10 anni finalizzata alla comprensione dei trend evolutivi della copertura vegetale, ad oggi ancora in corso di svolgimento.

Sulla base del portamento della copertura dominante, le 4 macroclassi che classificano i ravaneti in base alla vegetazione sono così distinti:

1) Ravaneto privo di copertura vegetale: ricadono in questa categoria tutte le aree di deposito in cui la vegetazione costituisce una copertura minima o è del tutto assente, e quindi non è presente alcun fattore stabilizzante o antierosivo sull'intera superficie del ravaneto (fig 9 e 10)



Figura 9 - Ravaneto composto da materiale fine e privo di copertura vegetale.



Figura 10 - Ravaneto recente composto da materiale di pezzatura variabile privo di vegetazione.

2) Ravaneto con copertura erbacea: ricadono in questa classe tutte le stazioni in cui vi è presenza di copertura, anche continua, ma limitata ad essenze a portamento erbaceo. Su tali depositi l'effetto della vegetazione si può considerare limitato al contenimento dell'effetto battente della pioggia, all'aumento nella capacità di infiltrazione, ed alla protezione dell'erosione per ruscellamento; l'effetto coesivo degli apparati radicali è da considerarsi limitato ai primi 5-10 cm di suolo, ed è quindi trascurabile per fenomeni di colamento o frana (fig. 11 e 12);



Figura 11 - Ravaneto a pezzatura variabile parzialmente colonizzato da specie erbacee, a prevalenza di *Brachipodium genuense*.



Figura 12 - Ravaneto a granulometria fine e prevalente copertura erbacea, a dominanza di *Inula viscosa*.

3) Ravaneto con copertura arbustiva: sono inclusi i ravaneti che presentano una copertura composta da specie a portamento arbustivo, inteso come specie con fusto lignificato di altezza massima 2-3 m. In tali stazioni l'effetto stabilizzante degli apparati radicali si può estendere fino ad alcune decine di cm di profondità, contribuendo quindi ad una maggiore stabilità dei pendii colonizzati. L'effetto è tanto maggiore quanto più il detrito risulta fine, e quindi soggetto al fenomeno della saturazione superficiale. In gran parte delle stazioni si riscontra la presenza di specie invasive, in particolare la *Buddleja davidii*. Nell'individuazione delle aree di maggior interesse per la tutela questo fattore dovrebbe essere preso in considerazione, privilegiando quelle stazioni in cui le invasive sono meno presenti o prevedendo interventi di contenimento ed eradicazione (fig. 13 e 14)



Figura 13 - Ravaneto colonizzato da specie arbustive ed erbacee xerofile.



Figura 14 - Ravaneto con copertura erbacea e arbustiva (*Spartium junceum*) in crescita.

4) Ravaneto con copertura arborea: si collocano in questa categoria i depositi che mostrano una prevalente copertura di specie vegetali lignificate e di altezza superiore ai 3 m. Spesso in tali stazioni si osserva la convivenza di strati diversi, comprendenti anche un piano arbustivo ed uno erbaceo, con notevole diversità di specie. In queste stazioni la *Buddleja* è presente ma è spesso contenuta dalla competizione delle specie in grado di raggiungere dimensioni maggiori e quindi di sottrarre lo spazio. In particolare, si sono rinvenuti soprassuoli strutturati a prevalenza di *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus ornus*, *Populus nigra*, *Quercus ilex*. In alcune stazioni si osserva la presenza al suolo di un orizzonte organico, che in taluni casi impedisce il riconoscimento del materiale detritico sottostante. I ravaneti maggiormente colonizzati mostrano limitate perturbazioni legate a

movimenti franosi e colamenti: gli apparati radicali profondi ed il grado di copertura elevato contribuiscono a contrastare tali fenomeni. Da un punto di vista della stabilità e della produzione di sedimenti, questi ravaneti si mostrano sicuramente da tutelare, in quanto costituiscono uno stadio avanzato nelle successioni secondarie avvenute nel corso di decine di anni (fig. 15 e 16).



Figura 15 - Copertura arborea a prevalenza di *Fraxinus angustifolia* e *Quercus ilex*, con compresenza di piano arbustivo (in foto, fra le altre, *Arbutus unedo* e *Viburnum lantana*) ed erbaceo (*Brachipodium genuense*).



Figura 16 - Copertura arborea discontinua (*Populus tremula*, *Fraxinus ornus*, *Alnus cordata*) alternata a patch di vegetazione erbacea ed arbustiva (con presenza di *Spartium junceum* e *Buddleja davidii*).

Completano il database contenuto all'interno delle tabelle di attributi (fig. 5) le informazioni relative all'anno di ripresa dell'ortofotografia interpretata. L'anno di ripresa dell'ortofotografia fa riferimento ai dati forniti dalla Regione Toscana su richiesta del Comune di Carrara e ai dati reperibili sul Geoscopio della Regione Toscana.

Risultati

Le indagini geomorfologiche condotte sulle aree estrattive presenti all'interno dei bacini marmiferi del Comune di Carrara, hanno permesso l'aggiornamento al 2017 del quadro conoscitivo dei ravaneti presenti sul territorio.

I dati di carattere geomorfologico ottenuti da fotointerpretazione sono contenuti in *files* vettoriali derivati dall'informatizzazione delle forme del rilievo strettamente legate alle aree estrattive e nel *geodatabase* ad essi associato. Tale organizzazione dei dati consente il loro aggiornamento con economie di costi e di tempi e contestualmente permette output cartografici fino alla scala di 1:2000.

L'editing cartografico delle Tavole prodotte allegate alla presente relazione è stato realizzato con il *software* GIS (*ArcMap*).

Tavola 1 – Carta geomorfologica dei ravaneti dei bacini marmiferi di Carrara

La “Carta geomorfologica dei ravaneti dei bacini marmiferi di Carrara” alla scala di 1:10.000 realizzata mediante fotointerpretazione e aggiornata al 2017 è stata costruita adottando gli stessi criteri descritti da Baroni et al. (2010). Circa il 20% del territorio comunale di Carrara rientra nei bacini marmiferi e nel complesso, sulla base dei dati raccolti, si osserva che i bacini più estesi - corrispondenti alle sottozone di Colonnata, Miseglia e Torano - sono anche quelli con maggiore abbondanza di ravaneti (fig. 17).

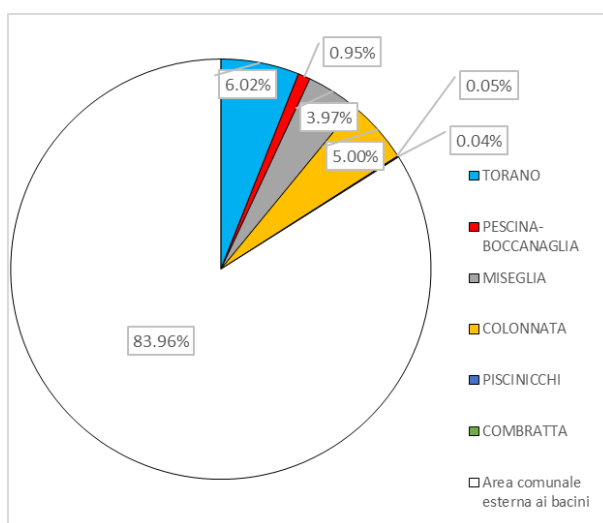


Figura 17– Estensione percentuale dei bacini marmiferi sul totale del territorio amministrativo comunale.

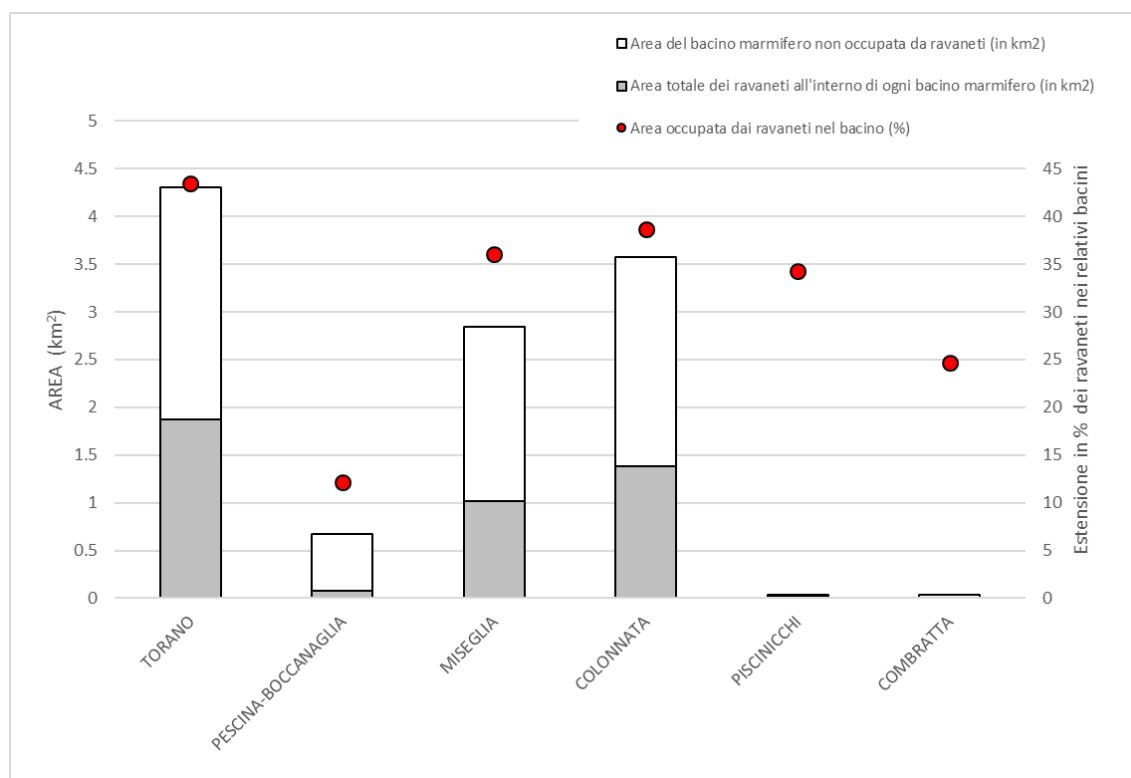


Figura 18 Distribuzione dei ravaneti all'interno di ogni bacino marmifero.

I ravaneti si presentano in maniera molto differenziata in base alla granulometria, alla tessitura e alla permeabilità, e rappresentano quindi habitat diversi (Baroni et al, 2003). Inoltre, i ravaneti rappresentano un ambiente estremo per la colonizzazione delle piante e dei popolamenti vegetali. La notevole variabilità che si osserva nei sedimenti costituenti i depositi è principalmente legata alle diverse tipologie di lavorazione e tecniche estrattive del marmo che si sono succedute nella storia. I ravaneti antichi affioranti, la cui produzione risale per lo più al periodo tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, presentano evidenti differenze rispetto a quelli più recenti, legati alle attuali tecniche di estrazione del marmo (Ansaldi e Gentili, 2004).

I primi si sono formati in un periodo in cui i detriti venivano ridotti alla pezzatura di circa 20 cm ed accumulati all'interno di bastioni e muri a secco di contenimento (Bruschi et al, 2003); molti di questi sono ancora oggi in posto e risultano omogenei, essendo costituiti da pezzame selezionato, con presenza di sabbia silicea derivante dall'utilizzo del filo elicoidale per il taglio dei blocchi. In assenza di movimenti di versante o movimentazioni legate all'attività antropica, il marmo di questi depositi si presenta di colore grigio, a causa dell'alterazione superficiale. Su questi ravaneti la carenza di suolo limita fortemente lo sviluppo di vegetazione: si osserva qualche sporadica forma di colonizzazione da parte di piante erbacee o suffrutici.

I ravaneti più recenti presentano invece detriti di pezzatura eterogenea, con presenza di blocchi anche di alcune decine di cm di diametro frammisti a polveri e abbondante matrice molto fine (nota anche come "marmettola"). In molti casi tali depositi subiscono una continua

rimobilizzazione, dovuta all'apporto di nuovo materiale e da movimenti di versante (principalmente osservabili sottoforma di solchi di erosione e colate detritiche) favoriti dalla forte acclività, che può superare i 30°. Tali dissesti, favoriti dalla presenza di matrice fine, maggiormente soggetta a fenomeni di saturazione, compromettono la stabilità dei versanti in caso di forti piogge, tutt'altro che infrequenti nell'area apuana (Baroni et al., 2000, 2003, 2010). Tutti questi fattori ostacolano la colonizzazione da parte delle piante e non permettono l'insediamento e l'evoluzione di comunità vegetali stabili e mature (Ansaldi e Gentili, 2004).

Sulla base dei dati raccolti al 2017, la maggior parte dei ravaneti presenta una tessitura fine, circa il 30% presenta una tessitura media e solo una piccola percentuale è costituita da tessitura grossolana (fig. 19). Per quanto riguarda lo stato di ossidazione poco meno del 30% risulta avere una superficie non ossidata mentre la maggior parte presenta clasti con superficie ossidata (fig. 20).

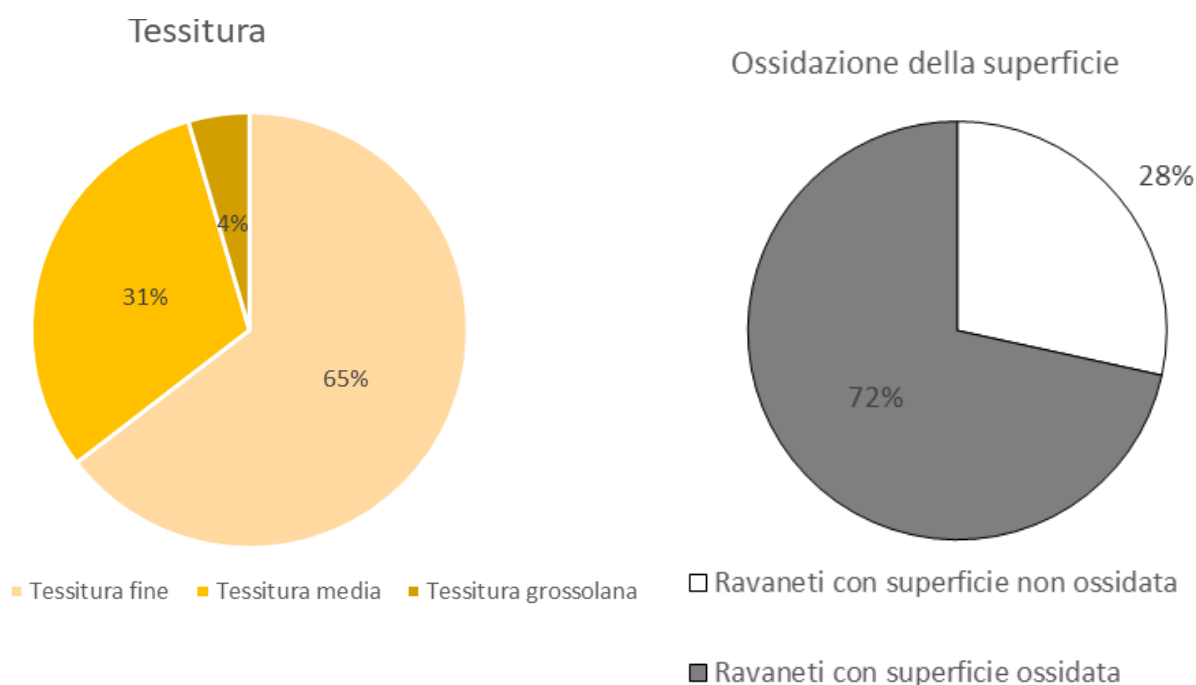


Figure 19 e 20 Estensione (in percentuale) dei ravaneti presenti nel territorio comunale distinti in funzione della tessitura (a sinistra) e dello stato di ossidazione della superficie (a destra).

Riguardo la presenza di copertura vegetale, si rileva, al 2017, che circa il 60% dei ravaneti risulta privo di copertura vegetale (fig. 21), e solo il 40% mostra una copertura di cui il 10% circa rappresentato da da vegetazione arborea, il 25% da vegetazione arbustiva e la restante piccola percentuale risulta interessata da vegetazione erbacea.

Vegetazione

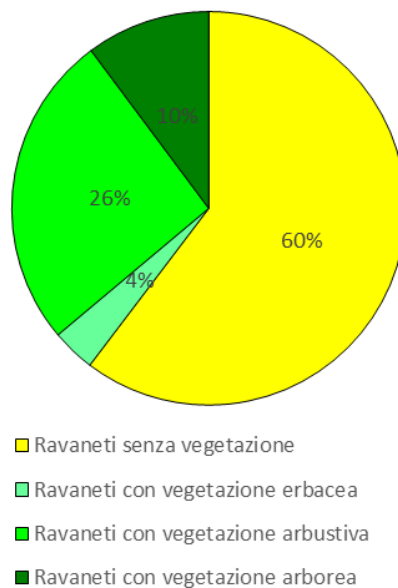


Figura 21- Distribuzione (in %) e tipologia della copertura vegetale dei ravaneti presenti nel territorio comunale.

Alcuni dei ravaneti rilevati mostrano evidenti forme di dissesto (fig. 22) delle quali le più diffuse sono da ricondursi all'azione delle acque di scorrimento superficiale, in particolare i canali e i lobi di *debris flow*, i solchi di ruscellamento concentrato, le scarpate di erosione e le aree soggette a dilavamento superficiale diffuso. Sebbene in numero molto minore sono presenti anche forme che vedono come agente morfogenetico principale la gravità. Tra queste vi sono le frane per scivolamento rotazionale, come indicate da Baroni et al. (2010), e frequenti scarpate di degradazione.

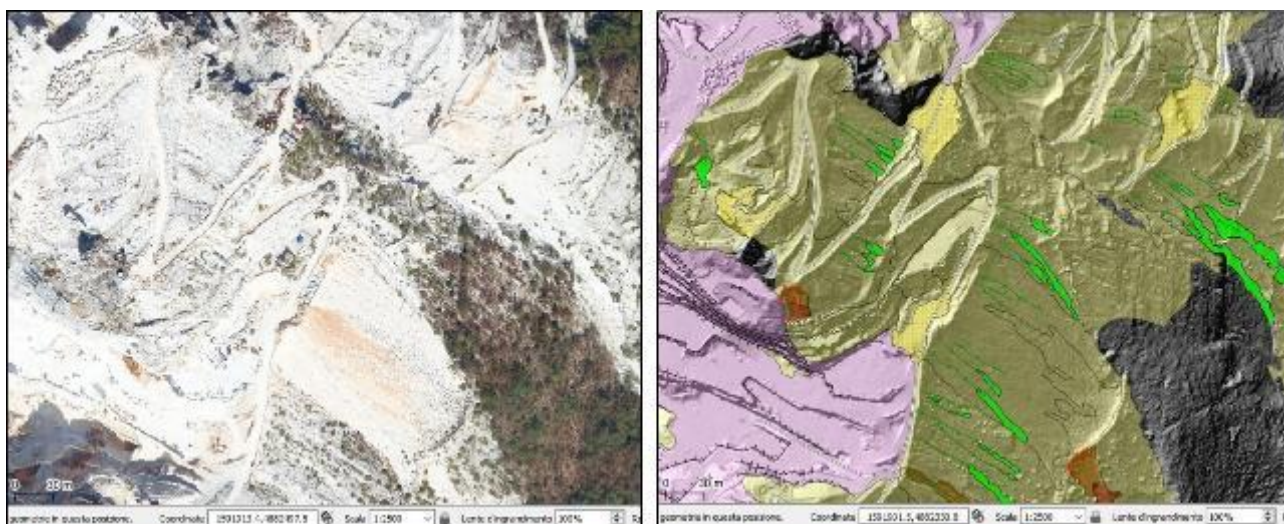


Figura 22 - Ravaneti presenti nell'area estrattiva «Campanili» sul versante del Monte Campanile esposto verso SE (1008 m s.l.m.), Bacino di Colonnata;



Tavola 2 - Parametri di selezione dei ravaneti di Carrara

A partire dalla carta geomorfologica, tutti i dati raccolti sono stati presi in considerazione per individuare parametri quanto più oggettivi per selezionare i ravaneti da sottoporre a tutela. Il gruppo di lavoro (Gruppo Università di Pisa, gruppo Università di Firenze e i referenti per il comune di Carrara) ha inizialmente individuato come fattore di “prima” selezione l’assenza di forme evidenti di dissesto sui ravaneti. Tale operazione è stata agevolmente eseguita attraverso l’utilizzo dei dati geomorfologici e vegetazionali informatizzati in ambiente GIS, escludendo dall’analisi tutti i ravaneti interessati da debris flow, frane e fenomeni di erosione concentrata.

A questa prima scrematura è seguito un criterio di selezione basato sul grado di sviluppo della copertura vegetale, assumendo che tale informazione sia strettamente correlata al potenziale effetto stabilizzante che la vegetazione può avere sui depositi di cava. Tale scelta è stata effettuata nella prospettiva di privilegiare la conservazione di quei depositi che mostrano una più bassa propensione al dissesto e un minor contributo alla produzione di sedimenti fini che interessano il bacino imbrifero.

Pertanto, per la redazione della presente “Carta dei parametri di selezione dei ravaneti da sottoporre a tutela sono stati considerati i seguenti parametri:

- tessitura dei ravaneti, presenza di successione di massicciate,
- presenza di copertura vegetale, in particolare arborea e subordinatamente arbustiva;
- contenuto in acqua gravimetrica media (mm), dai dati forniti da Lorenzo Gardin e Fabio Castelli, (Regione Toscana, 2018). In una prima fase, sono stati tenuti in considerazione anche i dati di conducibilità idraulica a saturazione, coefficiente di deflusso superficiale, permeabilità del substrato roccioso, contenuto massimo di acqua capillare e di acqua gravitazionale (Regione Toscana, 2018), e la permeabilità media delle rocce (IGG-CNR, 2009; Gardin, com. pers.).

Questi tre parametri sono fortemente interconnessi tra loro. Infatti, la copertura vegetazionale dei ravaneti appare fortemente influenzata dalla tipologia di substrato e dal grado di perturbazione che questo ha subito nel corso del tempo, ed è per questo piuttosto eterogenea sia per quanto riguarda la composizione specifica che il grado di copertura.

La vegetazione può svolgere un ruolo importante nel contrastare i fenomeni di dissesto e quindi la produzione di sedimenti all’interno di un bacino idrografico. Gli effetti principali si possono riassumere in:

- Riduzione della frazione di precipitazione che genera ruscellamento: grazie all’intercettazione della precipitazione svolta delle chiome, parte della precipitazione non raggiunge il suolo ma è trattenuta sulla superficie fogliare; un suolo vegetato presenta inoltre una maggiore capacità di infiltrazione grazie alle vie preferenziali aperte dagli apparati radicali;

- Riduzione dell'effetto battente della pioggia: soprattutto su substrati a granulometria fine, l'effetto battente della pioggia favorisce la rottura degli aggregati del suolo e quindi rendere le particelle più facilmente erodibili;
- Riduzione dell'erosione superficiale: la presenza di vegetazione aumenta la rugosità della superficie su cui l'acqua di ruscellamento si muove; si ha quindi una minor velocità del ruscellamento e una conseguente minor capacità di trasporto solido;
- Riduzione dell'umidità del suolo: grazie all'evapotraspirazione, la vegetazione contribuisce ad asportare l'acqua dal suolo, riducendo il rischio di accumulo in periodi piovosi caratterizzati da precipitazioni ravvicinate;
- Aumento di coesione del suolo: grazie alla elevata resistenza a taglio e sfilamento degli apparati radicali, la vegetazione incrementa la coesione, contrastando quindi l'innesco di movimenti di massa (fino alla profondità esplorata dagli apparati radicali). Tale effetto è massimo quando le radici attraversano l'intero spessore di suolo ancorandosi a substrati stabili.

Nel contesto dei ravaneti, il comportamento in caso di precipitazioni è estremamente variabile e influenzato anche dalla granulometria e stratigrafia dei depositi. I ravaneti più antichi, caratterizzati da granulometria grossolana, presentano una intrinseca stabilità e capacità di drenaggio delle acque, indipendentemente dal grado di copertura dato dalla vegetazione. Differentemente, i ravaneti più recenti, composti da sedimenti di pezzatura variabile e spesso a prevalenza di materiale fine, possono vedere modificata anche in modo significativo la propria risposta idrologica in presenza o assenza di piante, con benefici tanto maggiori quanto più è sviluppata la vegetazione.

Pertanto, per la selezione dei ravaneti da sottoporre a tutela, il gruppo di lavoro individua come parametri più significativi la presenza di massicciate, l'assenza di dissesti, la presenza di vegetazione e un contenuto in acqua gravitazionale compreso tra 180-300 mm.

In ambiente GIS, dai *layers* contenenti i dati geomorfologici sono stati estratti i ravaneti privi di dissesti (pari a poco più della metà dei ravaneti e delle massicciate presenti all'interno dei bacini estrattivi) e successivamente visualizzati in funzione della copertura vegetale presente e sovrapposti alle aree con contenuto in acqua gravitazionale compresa tra 180 e 300 mm. Il risultato di tali elaborazioni è esemplificato nella Tavola 2 - Carta dei parametri di selezione dei ravaneti di Carrara (in allegato).

4.3 Tavola 3 - Carta dei ravaneti da sottoporre a tutela

A seguito dell'elaborazione della carta dei parametri di selezione dei ravaneti da sottoporre a tutela, in accordo con referenti per il comune di Carrara sono state selezionate le aree da sottoporre a tutela. In funzione della copertura vegetale e del contenuto in acqua gravimetrica sono state distinte due classi di merito per la tutela dei ravaneti:

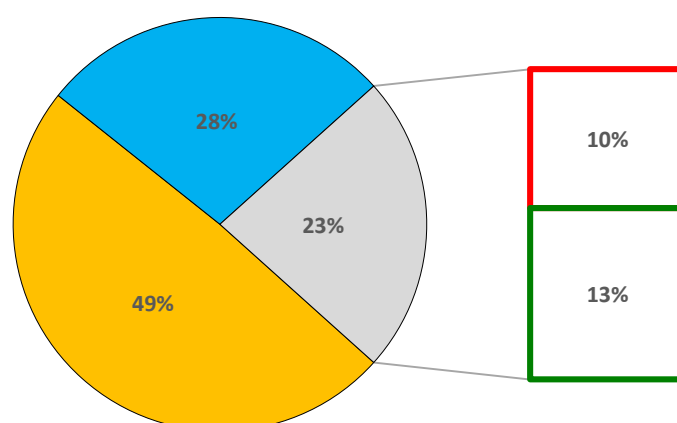
- *Totalmente o in parte con copertura arborea senza evidenze di dissesto. Tutela. Possibilità di messa in sicurezza senza asporto completo;*

-*In buona parte con copertura arbustiva o elevato effetto storage. Tutela. Possibilità di rimozione ma con compensazione idraulica. Permesso anche il riposizionamento del materiale grossolano.*

Queste aree potranno comunque essere estese per dare continuità fisiografica alle aree sottoposte a tutela.

Dai ravaneti non interessati da evidenti dissesti sono stati estratti quelli ricadenti nelle aree con vegetazione e con effetto storage. In seguito è stato tracciato il limite complessivo delle due tipologie di aree da sottoporre a tutela. Le cui specifiche delle diverse classi di tutela sono riportate nel *database* associato (.dbf, Tav.3).

Nel complesso si osserva che circa un quarto dei ravaneti presenti nei bacini marmiferi è proponibile per la tutela e tra questi poco più della metà corrispondono ad aree ad elevato effetto *storage* (fig. 23).



- Ravaneti e massicciate interni ai bacini marmiferi di Carrara che presentano dissesti (Carta dei parametri di selezione dei ravaneti di Carrara)
- Ravaneti e massicciate nei bacini marmiferi di Carrara da non sottoporre a tutela (Carta dei ravaneti da sottoporre a tutela)
- Ravaneti e massicciate nei bacini marmiferi di Carrara, totalmente o in parte con copertura arborea senza evidenze di dissesto. Tutela. Possibilità di messa in sicurezza senza asporto completo.

Figura 23 Distribuzione percentuale delle aree da sottoporre a tutela.

Bibliografia essenziale

Baroni C., Bini M., Coltorti M., Fantozzi P., Guidobaldi G., Nannini D., Pieruccini P., Ribolini A. & Salvatore M.C. (2013) - *Geomorphological maps as a key approach for enhancing the natural and cultural heritage of the Apuan Alps Regional Park area and surroundings (Tuscany, Italy)*. Rendiconti Online della Società Geologica Italiana, 28, 10-14.

Baroni C., Bruschi G. & Ribolini A. (2000) - *Man-induced debris flows in the Carrara Marble Basins (Italy)*, Earth Surface Processes and Landform, 25, 93-103

Baroni C., Bruschi G., Criscuolo A. & Ribolini A. (2001) – *Il rischio geomorfologico indotto dall'attività estrattiva nei Bacini Marmiferi Apuani (Alpi Apuane, Toscana)*. Atti Società Toscana Scienze Naturali Memorie, Serie A, 107 (2000), 87-96

Baroni C., Bruschi G., Criscuolo A., Mandrone G. & Ribolini A. (2003) – *Complete grain-size analyses on debris flow source area in the Carrara Marble Basins, Apuane Alps, Italy*. Proceeding of 3th International Conference on "Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment", Davos, 2002, Switzerland, 809-820

Baroni C., Pieruccini P., Bini M., Coltorti M., Fantozzi P.L., Guidobaldi G., Nannini D., Ribolini A. & Salvatore M.C. (2015) - *Geomorphological and Neotectonic Map of the Apuan Alps (Tuscany, Italy)*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 38(2), 201-227.

Baroni C., Ribolini A., Bruschi G. & Mannucci P. (2010) - *Geomorphological map and raised-relief model of the Carrara marble basins, Tuscany, Italy*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 33 (2), 233-243.

Bruschi G. Criscuolo A., Paribeni M. & Zanchetta G. (2004) - *¹⁴C-dating from an old quarry waste dump of Carrara marble (Italy): evidence of pre-Roman exploitation*. Journal of Cultural Heritage, 2, 3-6.

Bruschi G., Criscuolo A., Zanchetta G. (2003) – *Stratigrafia delle discariche di detrito dei bacini marmiferi di Carrara. I ravaneti antichi di Carbonifera, Strinato, Gioia e Scalocchiella*, Acta apuana, II, 25-32

Carmignani L., Conti P., Disperati L., Fantozzi P. L., Giglia G. & Meccheri M. (2000) – *Carta Geologica del Parco delle Alpi Apuane*. SELCA, Firenze

D'Amato Avanzi G. (1999) - *Landslides triggered by the intense rainstorm of June 19, 1996 in southern Apuan Alps (Tuscany, Italy)*. Transaction Japanese Geomorphological Union, 20-3: 203-218.

D'Amato Avanzi G., Falaschi F., Giannecchini R. & Puccinelli A. (2009) - *Soil slip susceptibility assessment using mechanical-hydrological approach and GIS techniques: an application in the Apuan Alps (Italy)*. Natural Hazards, 50, 591-603.

D'Amato Avanzi G. & Verani M., (1998). *Le valenze ambientali ed economiche dei ravaneti delle Alpi Apuane (Toscana, Italia)*. Memorie Società Geologica Italiana, 53: 489

Ferrarini E. (1972) – *Carta della vegetazione delle Alpi Apuane e zone limitrofe. Note illustrative*, Webbia, XXVII, 551-582.

Ferrarini E. & Alessandrini A. (1988) – *Aspetti della flora e della vegetazione dell'Appennino settentrionale dal M. Maggioreasca alle Alpi Apuane e al M. Fumaiolo*, Accademia Lunigianese di Scienze «Giovanni Capellini», Sci. Mat. Fis. e Nat., LI-LIII (1981-83), 3-57.

Gentili R., Baroni C. (2008) *Rilevamenti geomorfologico-vegetazionali nei bacini marmiferi di Carrara (Alpi Apuane, Toscana, Italia)*. Dati inediti.

Gentili R., Sgorbati S. & Baroni C. (2011) - *Plant species patterns and restoration perspectives in the highly disturbed environment of the Carrara marble quarries (Apuan Alps, Italy)*. Restoration Ecology, 19 (101), 32-42. doi: [10.1111/j.1526-100X.2010.00712.x](https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2010.00712.x)

Gruppo di Lavoro per la Cartografia Geomorfologica (1994) - *Carta Geomorfologica d'Italia - 1:50.000. Guida al rilevamento*. Quaderni Servizio Geologico Nazionale, 4, III, 42 pp.

Gruppo Nazionale Geografia Fisica E Geomorfologia (1993) - *Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo – A proposal of a legend for applied geomorphology*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 16, 129-152.

IGG-CNR, 2009 – *Convenzione per la realizzazione delle banche dati tematiche litotecnica descrittiva, permeabilità, geomorfologia, derivate dalla banche dati geologici*

Rapetti F., Vittorini S. (1994) – *Carta climatica della Toscana centro-settentrionale*, CNR - Centro di studio per la geologia strutturale e dinamica dell'Appennino, Pisa, Pacini.

Regione Toscana, 2018, Contratto con la Regione Toscana avente ad oggetto “Progetto di Approfondimento Conoscitivo per l'idrologia dei Bacini del Carrione e del Frigido”, professionisti incaricati prof. ing. Fabio Castelli e dott. Lorenzo Gardin, Misure e ed elaborazioni di idrologia dei suoli Ordinativo n.215 del 29 nov 2017,
http://www.regione.toscana.it/bancadati/atti/Contenuto.xml?id=5190313&nomeFile=Delibera_n.902_del_06-08-2018-Allegato-C.

Ringraziamenti:

-Dott. Lorenzo Gardin, SoilData srl, P.le Donatello, 24, Firenze, per le informazioni e le comunicazioni personali anche su dati non pubblicati

- Ing. Gennarino Costabile e dott. Francesco Piani, Difesa del Suolo e Protezione Civile, Regione Toscana Anci Toscana per il coinvolgimento nell'Ambito di EU Project "Assistere l'adattamento ai cambiamenti climatici dei sistemi urbani dello spazio Transfrontaliero - ADAPT, programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 CUP B19J1600289000"