

ING. GIACOMO DEL NERO

INGEGNERE CIVILE, AMBIENTALE ED EDILE

Via Venezia,1 54033 Marina di Carrara (MS)

Cel. +39 327 3750954

giacomo.delnero@gmail.com

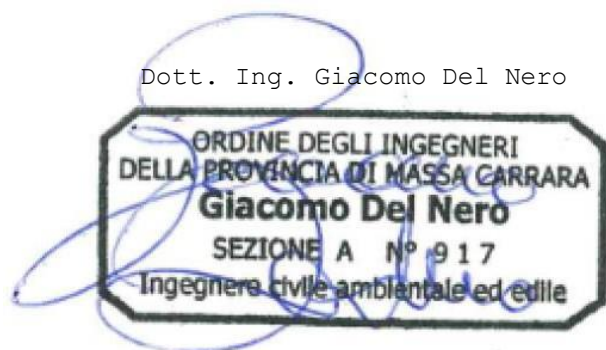
giacomo.delnero@ingpec.eu

**PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA N. 46
“POLVACCIO”, REDATTO AI SENSI DELL’ART. 17 L.R. 35/15,
AUTORIZZATA CON DETERMINA N. 4117 DEL 24.08.2023 E
PROROGATA CON DETERMINA N. 5449 DEL 22.10.2025, SITA NEL
BACINO INDUSTRIALE N.° 2 TORANO – SCHEDA PIT/PPR N. 15 –
PABE COMUNE DI CARRARA**

15 AGGIORNAMENTO STUDIO IDRAULICO CAVA POLVACCIO

Il Tecnico

Dott. Ing. Giacomo Del Nero



SOMMARIO

SOMMARIO	2
1. PREMESSA	3
2. METODOLOGIA	3
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3.1. VINCOLISTICA.....	6
3.1.1. <i>piano strutturale</i>	6
3.2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI GENERALI.....	7
3.2.1. <i>litotipi permeabili per fratturazione e carsismo:</i>	7
3.2.2. <i>litotipi permeabili per fratturazione e limitati fenomeni carsici:</i>	8
3.2.3. <i>litotipi da semimpermeabili ad impermeabili::</i>	8
3.2.4. <i>litotipi permeabili per porosità:</i>	8
4. STIMA DEI PARAMETRI IDRAULICI	9
4.1. STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	9
4.1.1. <i>tempo di corrivazione medio</i>	10
4.2. STIMA DELLA PORTATA E DEI VOLUMI DI PROGETTO	10
5. VALUTAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA IDEALE	12
6. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI REALI	15
6.1. SOTTOBACINO DEL FOSSO DEL MORETTO	15
6.1.1. <i>strada consortile per val pulita</i>	15
6.1.2. <i>area sovrastante la galleria ex-marmifera</i>	15
6.1.3. <i>invaso del cantiere inferiore</i>	16
6.1.4. <i>valutazioni idrauliche definitive relative al sottobacino</i>	17
6.2. SOTTOBACINO DEL FOSSO DI CONCA	18
6.2.1. <i>considerazioni sulla viabilita'</i>	19
6.3. SOTTOBACINO DEL FOSSO DI CANALBIANCO	20
6.4. SOTTOBACINO DI COLLESTRETTO.....	21
6.4.1. <i>invaso di collestretto</i>	22
6.4.2. <i>valutazioni idrauliche definitive relative al sottobacino</i>	22
6.5. IDROGRAMMA DI PIENA REALE	23

1. PREMESSA

Per incarico della Escavazione Polvaccio srl, società esercente la Cava n°46 "Polvaccio" è stato redatto lo studio lo Studio Idraulico dell'area su cui insite il cantiere Vecchia Cava, coincidente in parte con i mappali 7, 10, 168, 169 e 170 del Fg 27.

Tale area rimane ascritta nel PABE alla classe "I4-pericolosità idraulica Molto Elevata tr≤30 anni", come da Tavola G6.1-Carta-della-Pericolosità-idraulica-(Tav_Nord), di cui si rimette stralcio la scheda 46.

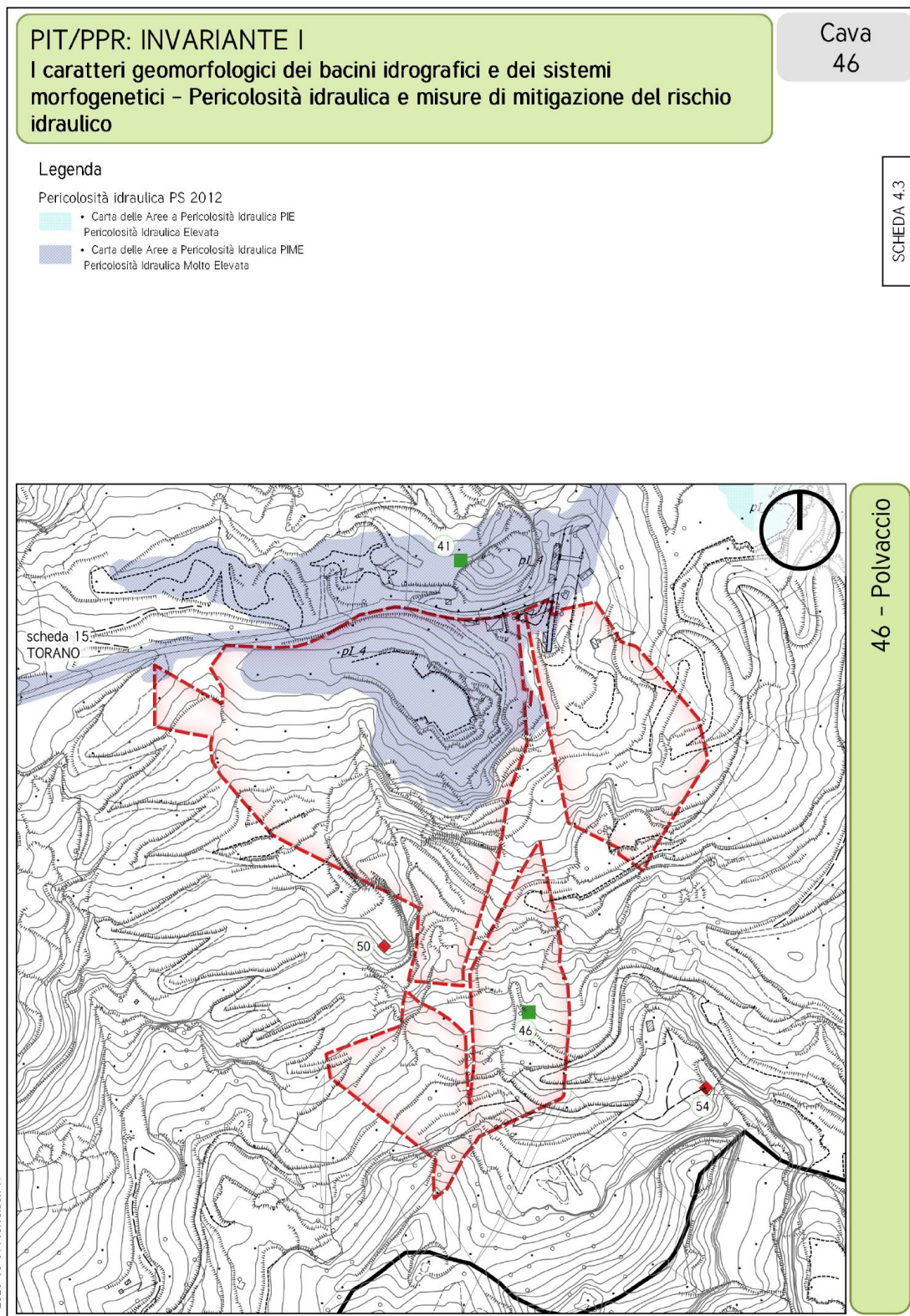


Fig. A: stralcio della scheda di PABE relativa alla cava 46, d cui si evince che il cantiere Vecchia Cava ricade in area I4- Pericolosità Idraulica Molto Elevata da cartografia tematica di PABE

Lo studio è stato condotto nel Maggio 2010 in ottemperanza alla prescrizione contenuta nella Det. Dir. N.8 del 27/01/2010 Settore Marmo - Comune di Carrara (MS) e rinnovato nel Febbraio 2018 ed aggiornato nel Maggio 2026.

L'obiettivo dello studio è stimare le volumetrie idriche che a seguito di eventi meteorici con determinati tempi di ritorno raggiungono il cantiere denominato Vecchia Cava dell'unità estrattiva n. 46 Polvaccio.

A tal fine, vista la conformazione morfologica del Bacino n.2 di Torano e l'ubicazione plano-altimetrica dell'area indagata è stato necessario conoscere l'entità dell'evento critico (portata e volumetria di piena) che interessa l'intero bacino estrattivo a monte della sezione di chiusura ubicata in corrispondenza del cantiere.

Si premette che le successive valutazioni hanno dovuto tenere conto dell'intervento antropico che ha fortemente alterato il paesaggio e con esso il deflusso idrico verso valle.

2. METODOLOGIA

Lo studio è stato affrontato attraverso le seguenti fasi:

- Inquadramento territoriale e vincolistico dell'area di studio;
- Inquadramento idraulico ed idrogeologico attraverso la perimetrazione del Bacino del Carrione di Ravaccione e dei relativi Sottobacini affluenti, definiti in relazione alla conformazione morfologica dei versanti ed alla posizione della sezione di chiusura;
- Definizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del Bacino in modo da definire gli afflussi/deflussi reali dei vari litotipi presenti;
- Stima delle portate e dei volumi idraulici che interessano la sezione di chiusura di riferimento considerando il problema a grande scala e sfruttando metodologie dell'idraulica e dell'idrologica tradizionale, nonché studi di dettaglio dell'area;
- Stima delle portate e dei volumi idraulici che interessano la sezione di chiusura di riferimento considerando il problema a piccola scala considerando lo stato aggiornato dei luoghi (gennaio 2018) comprese opere antropiche di canalizzazione e deviazione idrauliche documentate da riprese fotografiche che influenzano le portate in arrivo alla sezione di chiusura;
- Valutazioni ed osservazioni conclusive.

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il Bacino Imbrifero oggetto del presente studio è ubicato all'interno del Comparto Estrattivo n°2 Torano - Comune di Carrara (MS) e presenta la sua sezione di chiusura in corrispondenza dell'accesso alla Cava n°46 "Polvaccio" ubicato a q. circa 404.0 m s.l.m. presso la Strada Comunale Carriona di Torano.

Il Bacino alimenta il Torrente Carrione, principale corso d'acqua nell'area comunale, attraverso il suo ramo di Ravaccione che a monte della sezione di chiusura può essere suddiviso in quattro sottobacini, come riportato anche in Figura 1 stralcio satellitare Google Earth ®):

- il **Sottobacino Fosso di Canalbianco**, possiede una superficie originaria di circa 1.018 Km² ed è ubicato in destra idrografica nella porzione nord-occidentale. La presenza di un avvallamento nella strada comunale Pianza Vallini (q. 1279.9 m s.l.m.) produce tuttavia un incremento delle superfici di circa 31'883.8 mq dovuti all'influenza della zona occidentale di Costa Felce ed al versante meridionale del Zucco del Latte, per un'area complessiva di circa **1.049 Km²**.

L'invaso possiede un'asta principale di circa **2'350.00 m** la cui traiettoria è rimasta praticamente inalterata, anche se nella parte inferiore, sottostante la Cava n.25 Canalbianco, l'invaso principale risulta ricoperto di materiale detritico (ravaneto). I principali rilievi del sottobacino sono il Monte Borla (picco del bacino a circa **1'466.0 m s.l.m.**) ed il Zucco del Latte (1'356.4 m s.l.m.). I rami affluenti nel perimetro sono rappresentati dal Fosso dell'Acero, il Fosso del Vasaro, il Fosso Murlungo e la Fossa del Serrone, quest'ultimi prolungamenti naturali dell'asta principale prima di raggiungere il picco del bacino.

- il **Sottobacino Fosso di Conca** è ubicato in posizione centro-orientale e risulta fortemente alterato dall'attività estrattiva condotta nelle cave ubicate nella parte inferiore (Cava n.42 Conca, Amministrazione). La superficie risulta di circa **1.549 Km²** e l'asta principale costituita dalle fosse di Conca e Ravalunga misura circa **2'652.80 m**. Il bacino è contornato dai versanti del Monte Borla (1'464.3 m s.l.m.) a nord ovest, del Monte La Faggiola (1451.7 m s.l.m.) a Nord-est e del Monte Maggiore (1389.0 m s.l.m.) ad est.

I principali affluenti sono rappresentati da fosse stagionali delle quali le principali sono la Fossa Canal Chiosa, il Canale del Tedesco la Fossa della Rutola e Fossa Paolina;

- il **Sottobacino del Fosso del Moretto** è ubicato nel settore sud-orientale in sinistra idrografica del Torrente Carrione di Ravaccione e presenta una superficie originale di circa 0.423 Km². Il sottobacino è stato tuttavia interessato da un'intensa attività antropica dovuta prettamente all'attività estrattiva condotta nella Cava n°46 Polvaccio e nelle Cave Torrione, Fior di Chiara, Nocciola e Battaglino. La realizzazione della viabilità di arroccamento, la costituzione dei fronti di scavo e delle discariche di materiale detritico (ravaneti che occupano la maggior parte delle superfici centrali ed inferiori) ne hanno fortemente alterato l'originaria conformazione morfologica e per effetto della viabilità del Cantiere superiore dell'unità estrattiva Polvaccio (zona del Battaglino) il bacino viene ampliato fino a circa **0.445 Km²**.

L'asta principale di circa **1'580.5 m** trova le sue origini dal versante sud-occidentale del Monte Maggiore (q. **1305.5 m s.l.m.**) principale rilievo del sotto involucro insieme al Monte Torrione (q. 895.8 m s.l.m.). Altri affluenti minori presenti sono il Fosso della Nocciola che raccoglie l'acqua del versante settentrionale del Monte Torrione ed in parte il Fosso del Battaglino.

- Il **Sottobacino Colle Stretto** anche se di "soli" 17'069 mq possiede una conformazione che influisce fortemente sull'intero Bacino. Al termine di un'asta di circa 254.1m i deflussi idrici raggiungono infatti una

depressione con forma ad invaso avente superficie di circa 3'977.12 mq ed altezza di circa 25 m riempiti di materiale detritico per circa il 50% e con capacità di circa **26'079.6 mc.**

Gli spartiacque naturali del Bacino Imbrifero oggetto di studio definiscono pertanto una superficie complessiva di circa **3.01 Km²** ed una superficie considerando anche il contributo esterno agli spartiacque dovuto agli interventi antropici di circa **3.06 Km²**.

La quota massima è rappresentata dalla vetta del Monte Borla a q. circa **1'466 m s.l.m.** mentre la sezione di chiusura è ubicata all'accesso al cantiere inferiore della Cava Polvaccio a q. **438.42 m s.l.m..**

L'asta principale presenta lunghezza 2.65 Km (equivalente alla lunghezza dell'asta principale del sottobacino del Fosso di Conca sommato a circa 315.5 m dovuti al tratto di strada comunale necessario al raggiungimento della sezione di chiusura generale). In Tabella 1 vengono riassunti i dati geometrici dei sottobacini e del bacino sopra descritti.

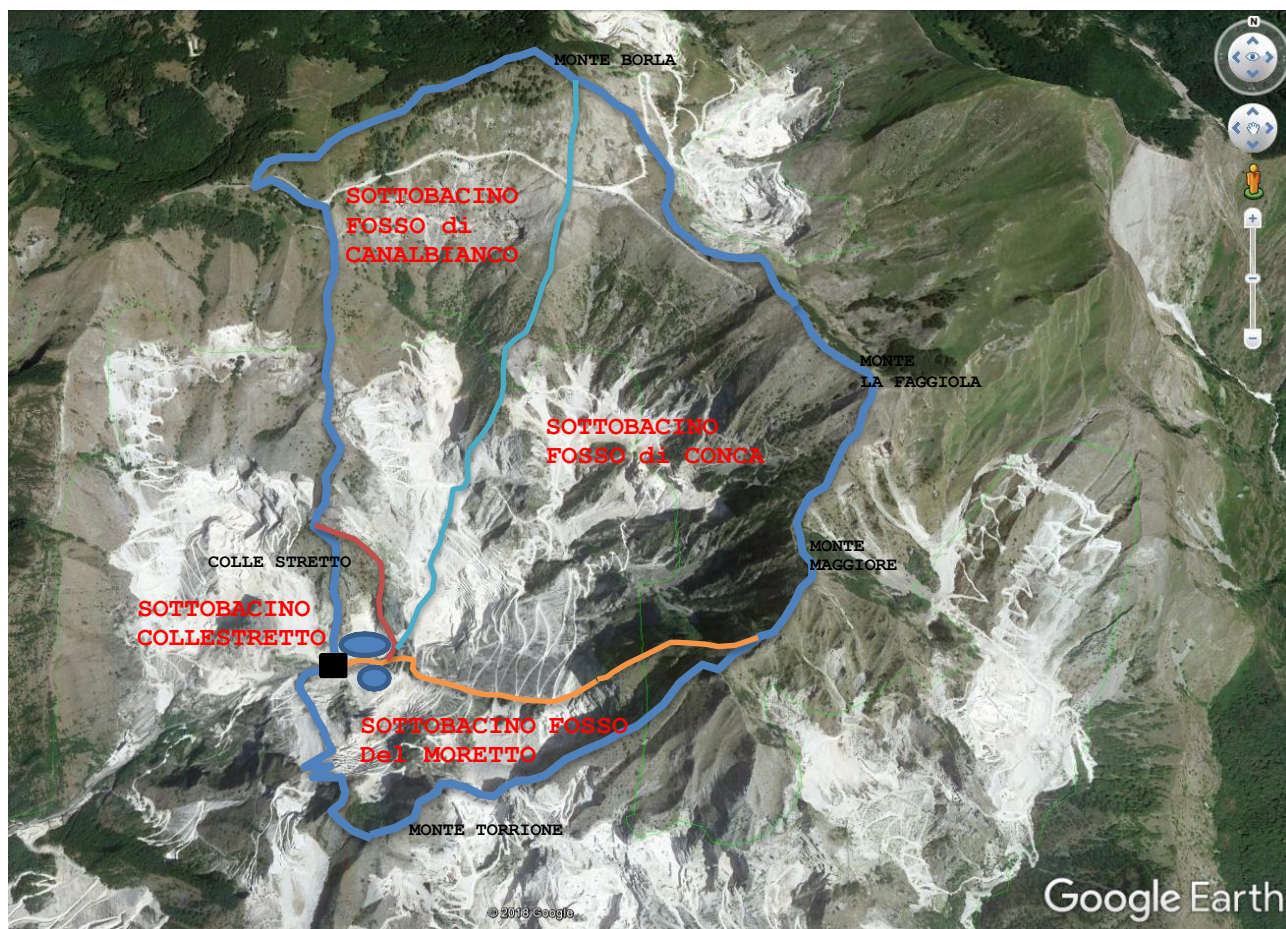


Figura 1: Bacino Imbrifero e Sottobacini del Torrente Carrione di Ravaccione alla sezione di chiusura del cantiere inferiore della Cava Polvaccio con indicato l'invaso di Colle Stretto e del Cantiere Inferiore della Cava Polvaccio(in blu) e la sezione di chiusura (in nero); stralcio satellitare tridimensionale da Google

BACINO CARRIONE DI RAVACCIONE SEZ CHIUSURA	SOTTOBACINI	Sup nat (mq)	Sup reale (mq)	L (m)	H max (m)	H min (m)	% sottobac.
	BACINO FOSSE DEL MORETTO	422,815.16	444,728.72	1,265.51	1,305.50	404.00	14.53%
	BACINO FOSSE CANALBIANCO	1,017,548.84	1,049,432.64	2,034.66	1,466.00	404.00	34.29%
	BACINO FOSSE DI CONCA	1,549,416.25	1,549,416.25	2,337.84	1,451.00	404.00	50.62%
	BACINO BUCA COLLESTRETTO	17,069.00	17,069.00	254.09	620.00	404.00	0.56%
	TOTALE	3,006,849.25	3,060,646.61	2,337.84	1,451.00	404.00	100.00%

Tabella 1: dati geometrici del Bacino e dei sottobacini del Carrione di Ravaccione alla sezione di chiusura della Cava Polvaccio.

3.1. VINCOLISTICA

3.1.1. PIANO STRUTTURALE

Dallo stralcio della già citata Tv. G61.1 (Tav_Nord) del PABE si evince che il piazzale principale del cantiere Vecchia Cava dell'unità estrattiva a n.46 Polvaccio è inserito all'interno della area **I3** ai sensi del DPGR n.53/R 2011, ovvero **Aree a Pericolosità Idraulica molto elevata - aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni** così come tutte le aree limitrofe ivi comprese il ramo inferiore del Fosso di Canalbiano, la Strada Comunale Carrione di Ravaccione ed il tratto basale delle Cave Ravaccione compresa la depressione posto ai piedi di Colle Stretto.

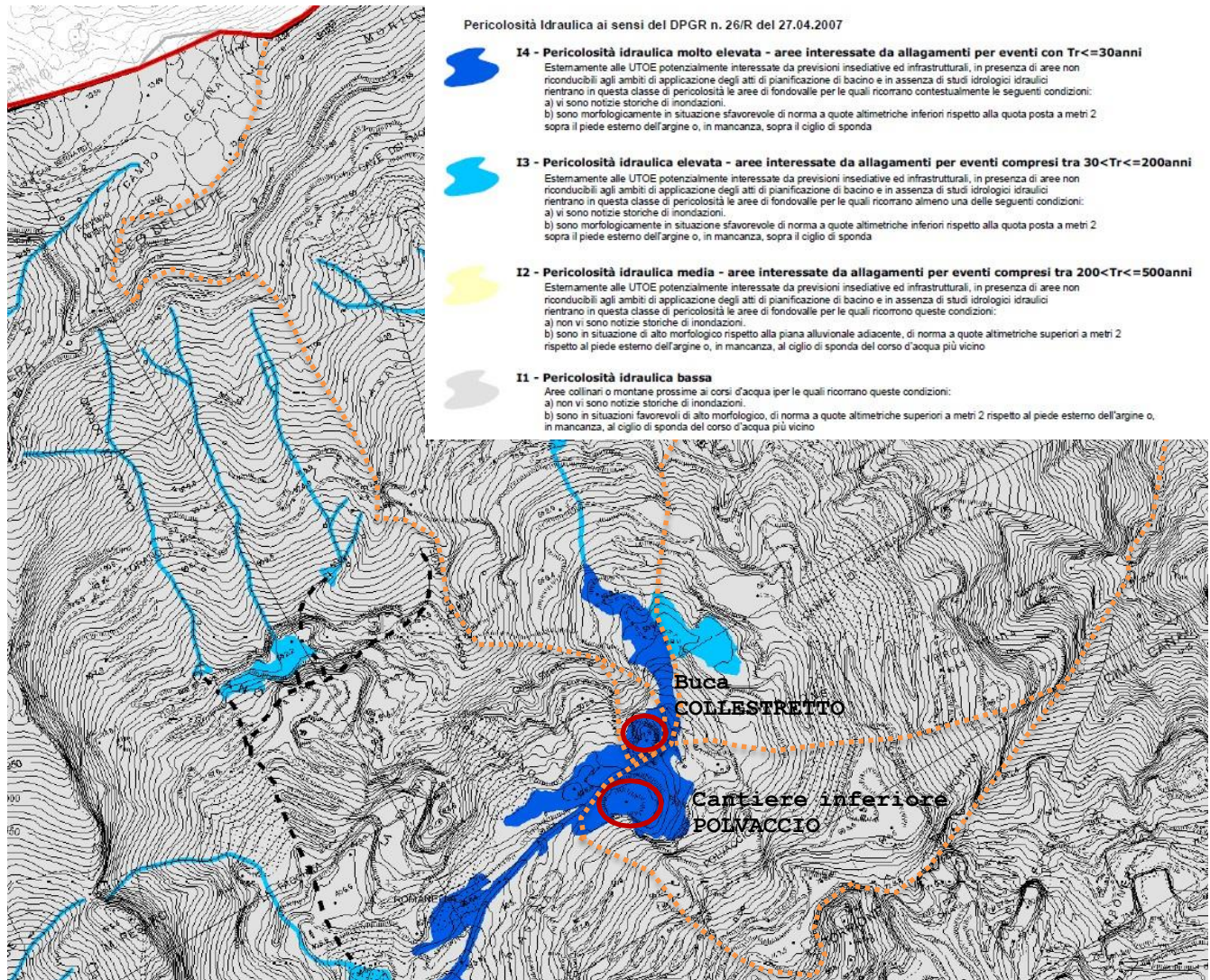


Figura 2: Stralcio della Carta delle aree a pericolosità idraulica (Tav. G2a del Piano Strutturale del Comune di Carrara, Variante Generale 2009 L.R. 1/05).

3.2. CARATTERI GEOMORFOLOGICI, GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E IDROLOGICI GENERALI

Sotto il profilo geomorfologico l'area del Bacino Imbrifero del Carrione di Ravaccione è caratterizzata da una morfologia di tipo pluvio-fluviale, dove l'elemento carsico rimane, seppur presente, poco pronunciato. I versanti, specialmente quelli costituiti dalle rocce carbonatiche, hanno acclività elevata, con valori generalmente $>45^\circ$, risultando spogli o con scarsa vegetazione, prettamente erbacea ed in subordine arborea che quando è presente predomina la forma arbustiva.

Le rocce affioranti sono rappresentate essenzialmente dalla Formazione dei Marmi dell'Hettangiano, i quali sono caratterizzati da un elevato grado di permeabilità per fratturazione ed in subordine per carsismo, in quanto la rete carsica, seppur presente, non è ben sviluppata. Inoltre, nell'area affiorano, sebbene in subordine, le Formazioni dei Calcari Selciferi e degli Scisti Sericitici, con i primi che affiorano lungo la strada per Pianza ed i secondi presenti nei pressi dello spartiacque.

Nei conoidi detritico artificiale di ampia variabilità granulometrica, gli elementi rimangono compresi tra limi ed elementi litoidi >1 mc, ricopre pressoché in continuità i versanti, ad esclusione della loro parte sommitale.

Sotto il profilo idrogeologico si riconoscono differenti domini di permeabilità corrispondenti ai vari litotipi affioranti; che in base al tipo di permeabilità posseduta possono essere suddivisi in:

3.2.1. LITOTIPI PERMEABILI PER FRATTURAZIONE E CARISMO:

Formazione dei Marmi s.s.:

La permeabilità per fratturazione è tipica delle rocce coerenti, quella per carsismo si riscontra nelle rocce solubili, quali i carbonati e le dolomie.

La fratturazione per permeabilità o secondaria è rappresentata da una rete di fratture che possono essere tra loro comunicanti o non. La rete di fratture principale è acquisita dalla roccia a seguito della deformazione tettonica che subisce, mentre una rete secondaria, che interessa il primo livello morfologico 15-30 m, può essere generata dall'azione degli agenti atmosferici, con particolare riguardo all'azione del gelo e disgelo.

La rete di fratture ascrivibile al sistema principale è, generalmente, formata da discontinuità appartenenti ad un diverso ordine di importanza:

- le fratture principali molto aperte, i cosiddetti "condotti carsici" responsabili della veloce circolazione delle acque sotterranee, quindi della ricarica repentina delle sorgenti;
- da fratture secondarie, di differente estensione ed apertura, nelle quali la circolazione sotterranea avviene più lentamente, responsabili della costanza nella portata delle sorgenti. La rete secondaria di fratture generalmente comunica con quella primaria, così da partecipare all'alimentare dei vari "condotti carsici".

Il termine carsismo si indica il fenomeno di dissoluzione chimica della roccia, con conseguente ampliamento delle fratture di differente ordine. Ciò si verifica quando l'acqua circolante all'interno delle discontinuità si trova in condizioni di P e T idonee alla dissoluzione della roccia.

Le formazioni di questo tipo sono caratterizzate da un grado di permeabilità medio-alto, che generalmente alimenta un acquifero profondo, come appunto avviene per il caso in esame.

3.2.2. LITOTIPI PERMEABILI PER FRATTURAZIONE E LIMITATI FENOMENI CARSICI:

Formazione dei Calcari Selciferi:

La permeabilità in questa formazione avviene essenzialmente per fratturazione, in quanto lo sviluppo dei fenomeni carsici è molto limitato per la presenza delle inclusioni di noduli e liste di selci insolubili.

Nella zona in esame la presenza di queste inclusioni silicee associata alla sedimentazione di argilla residuale all'interno delle fratture occluse impedisce la infiltrazione delle acque meteoriche all'interno dell'ammasso.

3.2.3. LITOTIPI DA SEMIMPERMEABILI AD IMPERMEABILI:::

Formazione degli Scisti Sericitici:

La permeabilità in questa formazione è molto ridotta ed avviene esclusivamente per fratturazione. La circolazione idrica, quando avviene, interessa il primo livello superficiale dell'affioramento; perché in profondità le fratture tendono ad ostruirsi per accumulo dei prodotti di alterazione della roccia stessa (argille e limi). Nel complesso la formazione è da considerarsi impermeabile, ruolo che svolge sicuramente ogni qualvolta la stessa è geometricamente sottostante ad una formazione calcarea permeabile.

3.2.4. LITOTIPI PERMEABILI PER POROSITÀ:

Depositi detritici artificiali:

Questi accumuli detritici sono permeabili per porosità, in quanto incoerenti e costituiti da elementi a spigoli vivi, con ampia variazione volumetrica. Il suo grado di permeabilità, pur rimanendo elevato, tende a diminuire mano a mano che si entra nell'interno dell'accumulo, perché aumenta il contenuto in frazione terrosa presente tra gli interstizi.

Si stima comunque, relazionando il peso specifico medio dei ravaneti (2.0 ton/mc) con quello dell'ammasso roccioso da cui derivano (2.7 ton/mc) che la percentuale di vuoti sia mediamente circa il 25% del volume.

Tale parametro sarà successivamente molto importante per valutare la capacità degli invasi identificati e parzialmente riempiti da detrito.

L'elevato grado di permeabilità dei ravaneti è confermato dalla assenza di falda idrica o di deflussi nel suo interno, perché le acque meteoriche infiltratesi ed ivi circolanti vengono assorbite direttamente dal substrato marmoreo, molto permeabile per fratturazione e carsismo. Infatti alla base del ravaneto non si riscontra mai la presenza di emergenze idriche, che altrimenti si dovrebbero avere data l'estensione, la potenza e la permeabilità.

Sotto il profilo idrologico si segnala che i deflussi superficiali sono assenti per la maggior parte dell'anno e si manifestano essenzialmente durante gli eventi piovosi di una certa intensità; quando all'interno dell'impiuvio si concentrano tutte le acque ruscellanti.

La presenza di vaste aree impermeabili o semipermeabili, dove affiorano gli Scisti sericitici e i Calcari Selciferi, praticamente tutta l'area soprastante la strada per Pianza, associata alla elevata pendenza ed alla nudità dei versanti fanno sì che molte delle acque meteoriche ricadenti all'interno della porzione superiore del Bacino defluiscono rapidamente verso valle, nonostante che le stesse attraversino un substrato molto permeabile.

4. STIMA DEI PARAMETRI IDRAULICI

4.1. STIMA DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione T_c viene assimilato al tempo impiegato dalla particella d'acqua più distante dalla sezione di chiusura per raggiungerla.

Tale parametro risulta pertanto condizionato da numerosi fattori:

- parametri relativi alla topografia e alle caratteristiche planimetriche del bacino, come la superficie, la lunghezza e la pendenza dell'asta principale, la lunghezza media del bacino, la distanza del baricentro del bacino dal punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, la pendenza media dei versanti;
- parametri che definiscono le caratteristiche della rete idrografica quali la densità della rete, la capacità d'invaso dei bacini naturali ed artificiali, le scabrezze degli alvei;
- parametri relativi alla copertura vegetale;
- parametri relativi alle caratteristiche geologiche e fisiche del suolo quali permeabilità e capacità ritentiva.

Vista la difficoltà a determinare tutti i parametri elencati, il tempo di corrivazione può essere calcolato per mezzo di formulazioni empiriche, numerosissime in letteratura, basate su caratteristiche di facile determinazione.

Il legame delle suddette espressioni con casi reali talvolta aventi caratteristiche molto differenti dal bacino in esame ha fatto virare lo studio sulla scelta di utilizzare tra tutte le formule presenti in letteratura solo quelle riferite a bacini di piccole dimensioni e definire successivamente un valor medio dei tempi di corrivazione (espressi in ore).

Nelle formule esposte in Tabella 2, sono state utilizzate le seguenti simbologie (con indicato fra parentesi valore ed unità di misura utilizzati nello specifico):

- S è l'area del bacino idrografico;
- L è la lunghezza dell'asta principale in Km;
- H è l'altitudine media del bacino riferita alla sezione di chiusura;
- i_m è la pendenza media dell'asta principale;
- i_v è la pendenza media dei versanti;
- V è la velocità media del deflusso all'interno del bacino (1.5 m/s).

FORMULAZIONI EMPIRICHE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	
FORMULA DI GIANDOTTI	$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H}}$
FORMULA DI PASINI	$T_c = \frac{0.108 \sqrt[3]{S L}}{\sqrt{i_m}}$
FORMULA DI CARLO MERLO (TOURNON)	$T_c = 0.396 \frac{L}{\sqrt{i_f}} \left(\frac{S}{L^2} \frac{\sqrt{i_f}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0.72}$
FORMULA DI PEZZOLI	$T_c = \frac{0.055 L}{\sqrt{i_m}}$
FORMULA DI VENTURA	$T_c = \frac{0.1272 \sqrt{S}}{\sqrt{i_m}}$
FORMULA DI VIPARELLI	$T_c = \frac{1000 L}{3600 V}$
FORMULA DI KIRPICH	$T_c = \frac{0.000325 (1000 L)^{0.77}}{i_v^{0.385}}$
FORMULA DI PUGLISI	$T_c = 6 L^{\frac{2}{3}} (h_{max} - h_{min})^{-\frac{1}{3}}$

Tabella 2: Formulazioni empiriche per il calcolo del tempo di corrivazione.

4.1.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE MEDIO

	BACINO TOTALE	SOTTOBACINI			
		CANAL BIANCO	CONCA	MORETTO	COLLE STRETTO
FORMULAZIONE	TEMPO DI CORRIVAZIONE (ore)				
GIANDOTTI	0.42	0.29	0.35	0.21	0.08
PASINI	0.34	0.22	0.28	0.13	0.02
TOURNON	0.73	0.35	0.45	0.22	0.04
KIRPICH	0.20	0.17	0.20	0.12	0.02
PEZZOLI	0.23	0.19	0.23	0.12	0.02
VENTURA	0.35	0.19	0.25	0.11	0.02
PUGLISI	0.19	0.17	0.19	0.14	0.07
MEDIA	0.35	0.23	0.28	0.15	0.04

Tabella 3: Valori dei tempi di corrivazione ottenuti con le formulazioni empiriche e valor medio per il bacino imbrifero e per i sottobacini sopra descritti.

Sviluppando le formule elencate in precedenza, si ottengono i valori dei tempi di corrivazione riportati in Tabella 3, dai quali è stato possibile ricavare il valor medio del bacino imbrifero e dei sottobacini precedentemente descritti.

Per il bacino imbrifero complessivo è stato ottenuto un tempo di corrivazione:

$$T_c = 0.35 \text{ ore} = 21.1 \text{ minuti}$$

4.2. STIMA DELLA PORTATA E DEI VOLUMI DI PROGETTO

La stima della portata di progetto viene definita in funzione del parametro probabilistico tempo di ritorno (T_r). Il tempo di ritorno rappresenta l'intervallo temporale che intercorre tra il verificarsi di un evento ed uno successivo ad esso identico o con caratteristiche superiori.

La stima della portata e dei volumi di progetto è stata effettuata utilizzando i tempi di ritorno standard per le valutazioni idrauliche e rispettivamente 2, 30, 50, 100 e 200 anni.

Sfruttando i risultati dello studio effettuato da Castelli et al. per conto della Regione Toscana denominato **"Attività B3 - Implementazione modello idrologico distribuito per la Toscana - Bacino Toscana Nord"** (2014) che nello specifico ha interessato i corsi d'acqua delle Province di Massa-Carrara e Lucca è stato possibile ottenere celermente i dati necessari a procedere. Nello studio, i tecnici, analizzando le curve di possibilità pluviometrica, la conformazione morfologica, la capacità idrica del suolo e la conducibilità idraulica dello strato superficiale per l'intero Bacino Regionale Toscana Nord ha calibrato un modello di piena per i principali corsi d'acqua dell'area attraverso il modello MOBIDIC, ivi compreso il Torrente Carrione ed i suoi affluenti.

Con buona approssimazione i risultati ottenuti hanno permesso di definire per le zone delle "acque alte", i contributi specifici per portate funzione del tempo di ritorno assegnato, e tra le varie relazioni testate, il Metodo di Gumbel (relazione logaritmica) è risultato quello con il miglior coefficiente di determinazione ($R^2=0.998$).

In Figura 3 vengono riportati gli stralci delle sole aree di studio delle carte tematiche rappresentanti i risultati del modello MOBIDIC per "le acque alte" dei corsi d'acqua della Toscana Nord-Occidentale, mentre in Tabella 4 si riportano i valori numerici per il ramo del Carrione di Ravaccione fino alla confluenza con il Fosso di Lorano.

E' evidente che la posizione della sezione di chiusura più a valle di quella indagata produce un aumento delle superfici del bacino imbrifero con un conseguente incremento delle portate di picco per ogni tempo di ritorno considerato.

Vista la conformazione dell'intero Bacino Imbrifero del Carrione di Ravaccione si può ritenere a scopo semplificativo che il contributo idrico resti costante su tutta la superficie che lo costituisce.

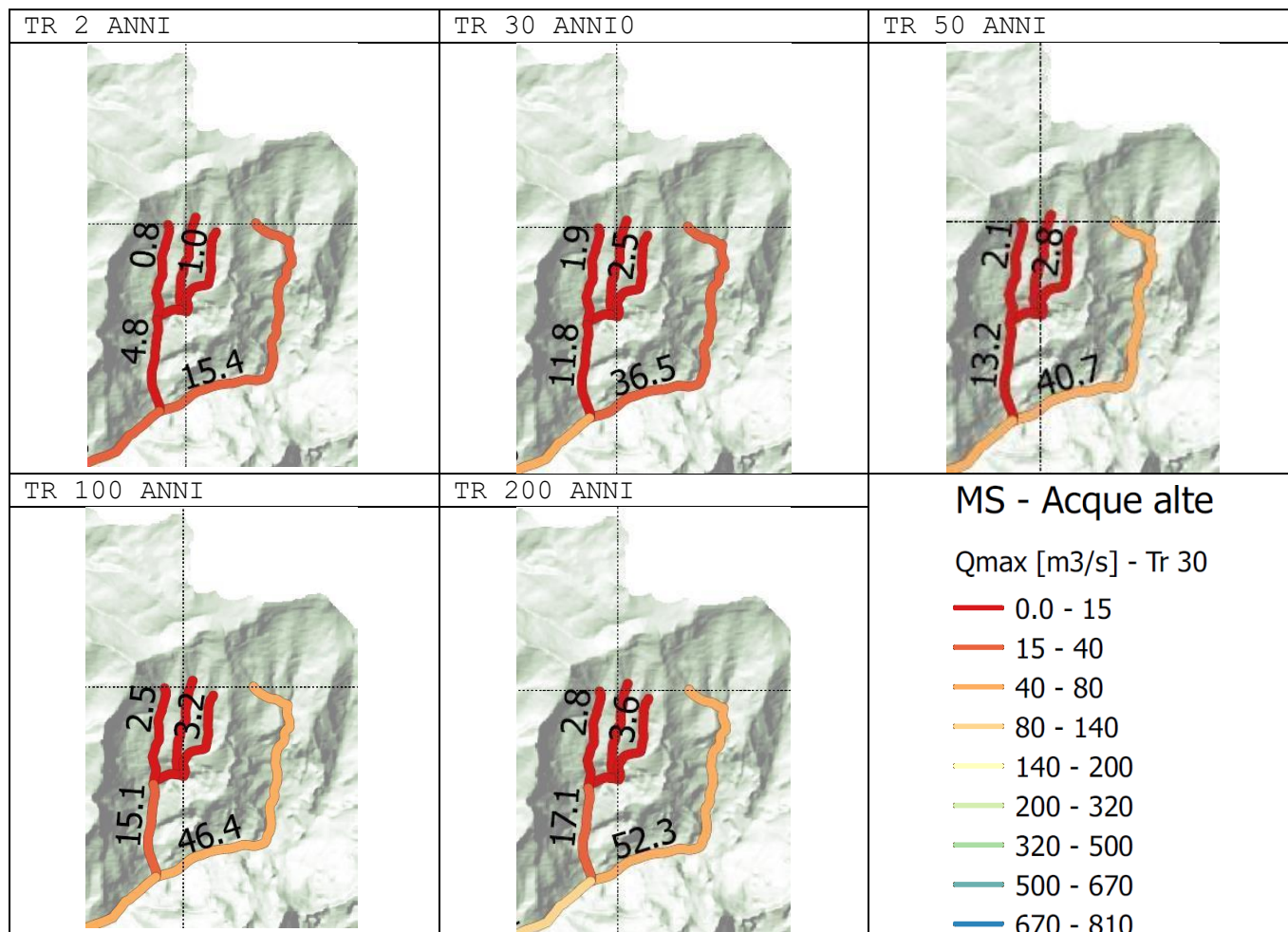


Figura 3: Stralci dell'area indagata delle portate di picco ottenute mediante il modello MOBIDIC per i corsi d'acqua della Toscana Nord-Occidentale per i diversi tempi di ritorno (2, 30, 50, 100 e 200 anni).

BACINO IMBRIFERO CARRIONE DI RAVACCIONE		
TEMPO DI RITORNO (anni)	PORTATA DI PICCO EVENTO CON MASSIMA PORTATA DI PIENA(mc/s)	
2	15.4	
30	36.5	
50	40.7	
100	46.4	
200	52.3	

Tabella 4: portata di picco per eventi di massima portata di piena ottenuti dall'analisi di regressione sull'area "acque alte" del Bacino complessivo Ramo Carrione di Ravaccione per i diversi tempi di ritorno (MODELLO MOBIDIC, Castelli et al.i. 2014).

In questo modo è possibile ricavare la portata affluente alla sezione di chiusura di studio mediante un rapporto tra l'area del bacino imbrifero a monte della sezione di chiusura del cantiere inferiore della Cava Polvaccio e l'area dell'intero Bacino Imbrifero fino alla confluenza con il Fosso di Lorano.

La superficie complessiva del Bacino Imbrifero del Torrente Carrione di Ravaccione risulta circa 3.519 Km²; pertanto la superficie della sola porzione di studio, stimata in circa 3.06 Km², rappresenta circa l'87% di quella totale.

In funzione della percentuale areale sono state definite le portate di picco a monte della sezione di studio della Cava Polvaccio i cui valori sono elencati in Tabella 5.

BACINO IMBRIFERO CARRIONE DI RAVACCIONE SEZ. CHIUSURA CAVA POLVACCIO	
TEMPO DI RITORNO (anni)	PORTATA DI PICCO EVENTO CON MASSIMA PORTATA DI PIENA (mc/s)
2	13.39
30	31.75
50	35.40
100	40.36
200	45.49

Tabella 5: portata di picco per eventi di massima portata di piena ottenuti dalla parzializzazione delle portate di picco delle "acque alte" del Bacino di studio per i diversi tempi di ritorno (MODELLO MOBIDIC, Castelli et al.i. 2014).

Applicando la stessa ipotesi semplificativa ai sottobacini precedentemente descritti, è stato possibile definirne la specifica portata di picco per ogni tempo di ritorno indagato, come riportato in Tabella 6.

PORTATA DI PICCO EVENTO MASSIMA PORTATA (mc/s)					
TEMPO DI RITORNO (anni)	TOTALE	BACINO FOSSO DEL MORETTO	BACINO FOSSO DI CANALBIANCO	BACINO FOSSO DI CONCA	BACINO BUCA COLLE STRETTO
2	13.39	1.95	4.59	6.78	0.07
30	31.75	4.61	10.89	16.07	0.18
50	35.4	5.14	12.14	17.92	0.20
100	40.36	5.86	13.84	20.43	0.23
200	45.49	6.61	15.60	23.03	0.25

Tabella 6: portata di picco per eventi di massima portata di piena per i sottobacini del Bacino Imbrifero indagato per i diversi tempi di ritorno.

5. VALUTAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PIENA IDEALE

L'idrogramma di piena rappresenta l'andamento delle portate in funzione del tempo di propagazione dell'evento critico ed è rappresentato dall'onda di piena che si sviluppa per un prefissato intervallo temporale crescente fino al raggiungimento della portata di picco e successivamente decrescente.

L'ingegneria idraulica ha provato a descrivere il fenomeno attraverso numerose modellazioni empiriche più o meno precise ma comunque sempre approssimative atte a descrivere qualitativamente il reale andamento della piena in forme geometriche semplici (triangoli, parabole, etc.).

Per il bacino imbrifero indagato è stato utilizzato il metodo del Soil Conservation Service dell'USDA (United States Department of Agriculture) che propone un idrogramma triangolare asimmetrico direttamente correlato al tempo di corrivazione avente durata del ramo di accumulo $3/8$ e deflusso ad esso complementare ($5/8$).

Per brevi tempi di ritardo, come il caso in esame, la pioggia critica è quella avente durata (t_c) pari al tempo di accumulo e doppia rispetto al tempo di ritardo (t_L), con quest'ultimo correlato al tempo di corrivazione mediante la seguente espressione:

$$t_L = 0.6 T_c$$

Effettuando le dovute sostituzioni la durata critica risulta

$$t_c = 2 t_L = 1.2 T_c = 0,427 \text{ ore} = 25.31 \text{ min}$$

In questo modo è stato possibile calcolare la scala delle portate del Bacino Imbrifero complessivo del Carrione di Ravaccione alla sezione di chiusura della Cava Polvaccio per ogni tempo di ritorno considerato, (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) e l'Idrogramma di Piena di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Dalle portate calcolate, attraverso semplici formule geometriche, è stato possibile definire le volumetrie idriche che cadono sul Bacino in funzione dell'evento critico.

Per il Bacino di studio le volumetrie variano da 27'431 mc per un evento biennale a 93'193 mc per un evento duecentennale.

CARRIONE DI RAVACCIONE					
SCALA DELLE PORTATE TR2					
Tr (anni)	2	30	50	100	200
t (min)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.31	13.39	31.75	35.40	40.36	45.49
67.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣV (mc)					
	27,113.76	64,291.40	71,682.38	81,726.01	92,113.88

Tabella 7: Scala delle Portate e volumi idrici defluenti dal Bacino del Carrione di Ravaccione alla sezione di chiusura della Cava Polvaccio calcolata per i tempi di ritorno indagati

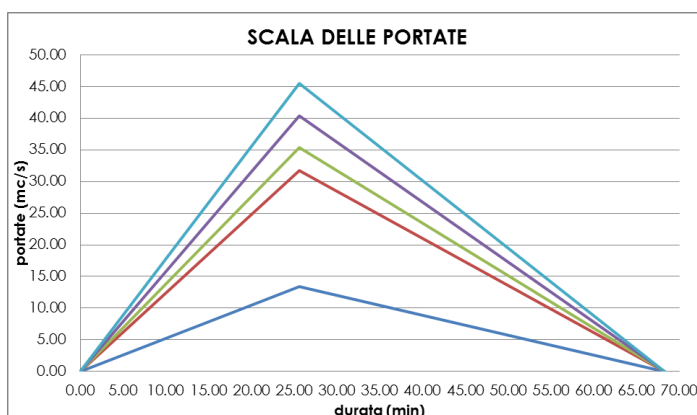


Figura 4: Idrogramma di Piena del Fosso del Carrione di Ravaccione alla sezione di chiusura della Cava Polvaccio calcolata per i tempi di ritorno indagati

Attraverso la conoscenza dell'area del singolo sottobacino è stato possibile parzializzare la volumetria idrica in termini percentuali; successivamente noto il tempo di corrivazione medio di ciascun sottobacino sono state ipotizzate onde di piena similari a quella definita per l'intero Bacino in modo da ottenere la portata di picco del sottobacino per ogni tempo di ritorno assegnato.

	CARRIONE DI RAVACCIONE					
	SCALA DELLE PORTATE					
	Tr (anni)	2	30	50	100	200
	t (min)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)
MORETTO	10.68	4.61	10.93	12.19	13.90	15.66
	28.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ΣV (mc)	3'939.78	9'341.89	10'415.84	11'875.24	13'384.65
CANALBIANCO	16.37	7.10	16.83	18.77	21.40	24.12
	43.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ΣV (mc)	9'296.75	22'044.20	24'578.41	28'022.17	31'583.95
CONCA	19.97	8.59	20.37	22.72	25.90	29.19
	53.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ΣV (mc)	13'726.02	32'546.76	36'288.36	41'372.83	46'631.57
COLLESTRETTO	2.72	0.70	1.65	1.84	2.10	2.36
	7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ΣV (mc)	151.21	358.55	399.77	455.78	513.71

Tabella 8: Scala delle Portate e volumi idrici defluenti per i sottobacini Carrione di Ravaccione alla sezione di chiusura della Cava Polvaccio calcolata per i tempi di ritorno indagati

La linearità del modello afflussi-deflussi permette di determinare la portata complessiva effluente dalla sezione di chiusura di riferimento (q. 404.04 m s.l.m.) attraverso il principio della sovrapposizione degli effetti. Tale sommatoria ha permesso di mettere in evidenza che la parzializzazione percentuale delle volumetrie idriche dei sottobacini in funzione delle aree produce una variazione del picco di portata complessivo in relazione al fatto che i tempi di corrivazione dei sottobacini, non sono direttamente proporzionali a quello del bacino imbrifero di appartenenza.

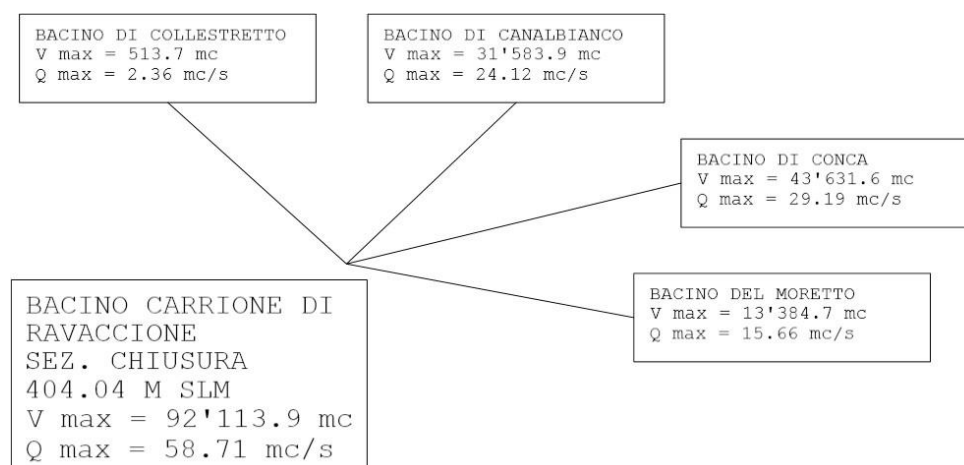
Le variabili utilizzate per il calcolo dei periodi di percorrenza massimi non dipendono infatti solo dall'area dell'invaso, ma da altri parametri ad essa indipendenti.

In ragione di questo si evince che a parità di volumetrie idriche defluite la portata di picco ottenuta dalla sovrapposizione delle portate parziali risulta superiore alla portata di picco complessivo dal momento che il tempo di corrivazione si riduce.

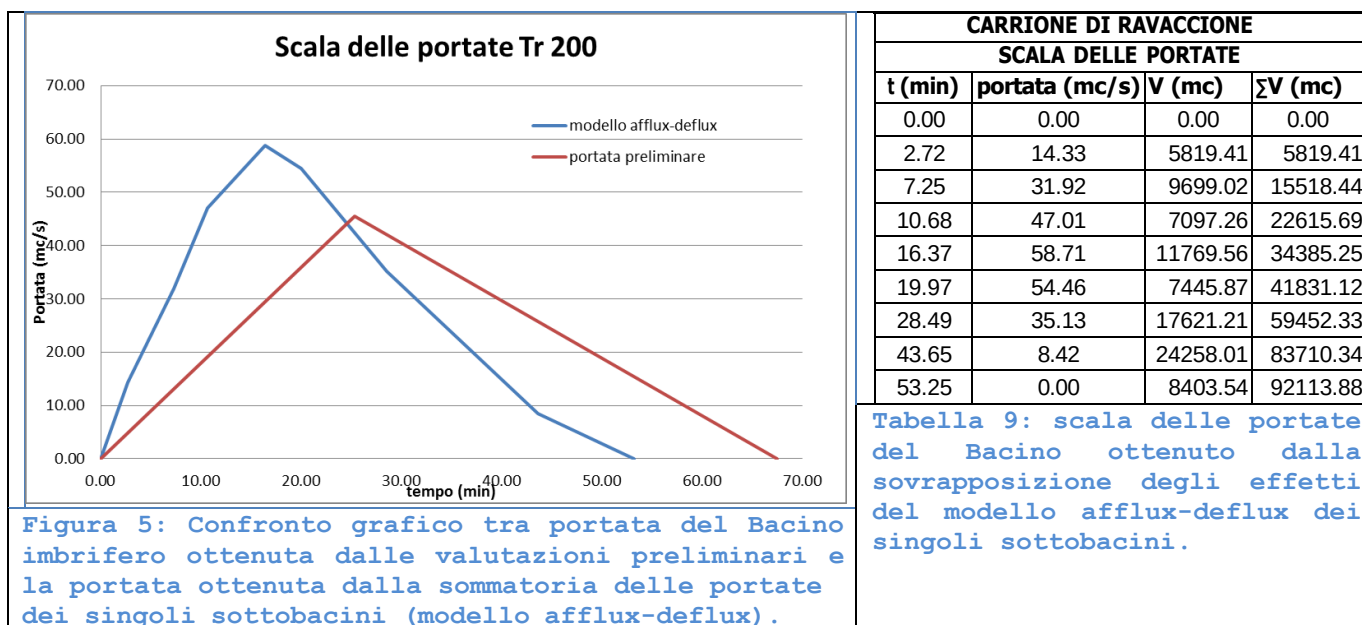
Tale aspetto, anche se non altera i risultati dal punto di vista dei volumi complessivi effluenti nell'intero Bacino Imbrifero di studio, produce un importante incremento delle portate di picco, accentuando la pendenza dell'onda di piena. A livello progettuale tale fenomeno produrrebbe un eccessivo sovra dimensionamento di eventuali opere idrauliche all'interno degli impluvi, ma per gli obiettivi preposti da questo studio gli effetti sono trascurabili.

Anche un'eventuale confronto delle varie condizioni affrontate produrrà variazioni costanti ed indipendenti dagli incrementi di portata senza pertanto andarne ad alterare la valenza qualitativa.

A livello schematico i risultati idraulici ottenuti in Tabella 8 vengono di seguito rappresentati graficamente.



Per quanto detto in precedenza la portata di picco passa da 45.49 a 58.71 mc/s con un incremento percentuale del 29.05%.



6. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI REALI

La trattazione finora condotta ha ipotizzato una linearità dei deflussi senza andare a considerare alcuni aspetti che producono importanti effetti sulla propagazione di un'eventuale piena.

Solo l'analisi particolareggiata di ciascun sottobacino, di seguito esposta, permette di avere un quadro più verosimile del comportamento idraulico ed idrogeologico dell'area.

6.1. SOTTOBACINO DEL FOSSO DEL MORETTO

Il Bacino del Fosso del Moretto è interessato da taluni interventi antropici influenzano fortemente l'andamento dei deflussi idrici verso valle. Nel dettaglio si deve affrontare l'influenza prodotta dalla strada consortile sovrastante il cantiere superiore della Cava Polvaccio che conduce a Val Pulita, area orientale sovrastante la galleria ex-marmifera ed il cantiere inferiore della Cava Polvaccio che ha assunto la forma di un vaso in condizioni depresse rispetto alla viabilità comunale di fondo valle e risulta ad oggi parzialmente riempito di detrito.

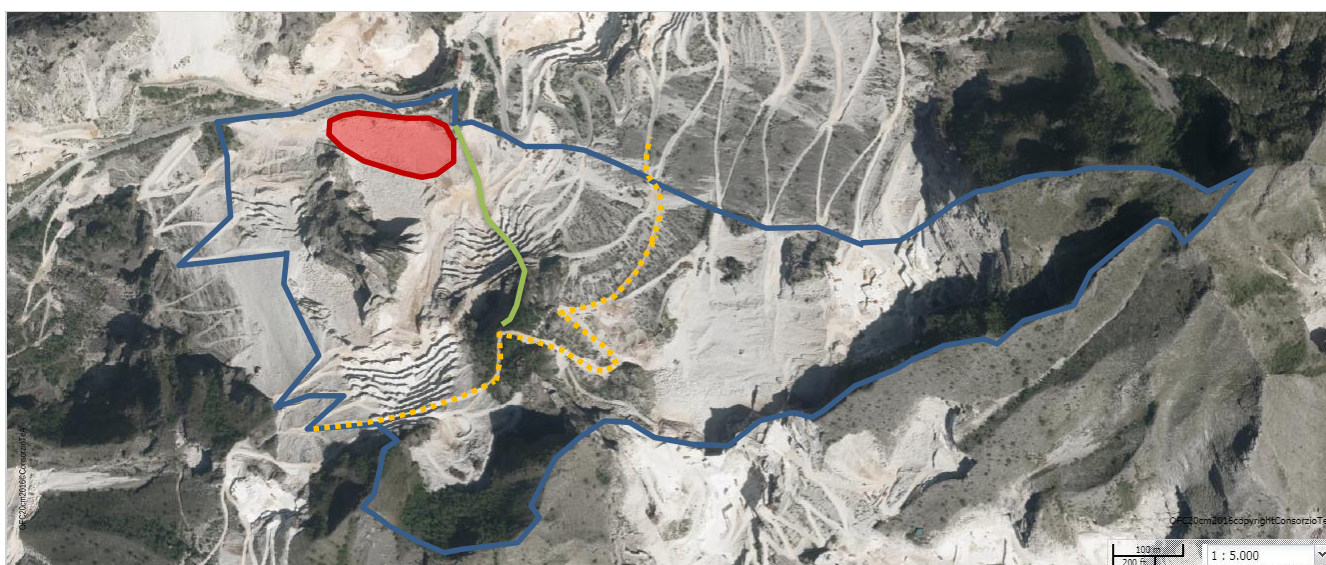


Figura 6: Ripresa satellitare del Sottobacino Fosso del Moretto (in blu) con evidenziata la strada consortile per Val Pulita (in giallo), l'invaso della Cava Polvaccio (in rosso) e il bacino che interessa la galleria ex-marmifera (in verde).
Fonte <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

6.1.1. STRADA CONSORTILE PER VAL PULITA

La strada consortile per Val Pulita attraversa il sottobacino tra le q.te 708.62 m e 702.97 m s.l.m. con andamento pressappoco pianeggiante nella zona centro-occidentale ed in discesa nella zona orientale verso Conca.

Per la forma assunta dalla viabilità si ritiene che NON si hanno apporti dall'esterno, mentre si ha una deviazione del deflusso verso l'area orientale per tutte le acque ricadenti sopra la q.ta della strada in corrispondenza del Monte Torrione, per una superficie di circa 53'831.2 mq.

6.1.2. AREA SOVRASTANTE LA GALLERIA EX-MARMIFERA

Tale zona, stimata in circa 241'076.52 mq, rappresenta la propaggine orientale del Sottobacino del Fosso del Moretto. Nell'area la strada consortile per Val Pulita, compresi gli afflussi del Torrione, raggiunge la zona delle Cave di Fiordichiara e del Tecchione ove l'andamento della viabilità e la conformazione del versante invita i deflussi idrici dapprima all'interno di un corpo detritico compreso tra le q.te 648.0 m e 524.4 m s.l.m. e successivamente verso l'area ad oriente del cantiere inferiore della Cava Polvaccio (fino a q.ta 485.50 m s.l.m.).

Si ritiene che, per le pendenze misurate, parte delle bancate della stessa unità estrattiva scarichino i propri afflussi verso tale area.

Nel tratto inferiore, raggiunto il naturale impluvio del Fosso del Moretto, l'acqua viene riversata in corrispondenza dell'accesso della Galleria ex-marmifera Fantiscritti-Ravaccione (453.0 m s.l.m.).

La presenza di un muretto in sassi e calce alto circa 1.0 m non permette all'acqua percorsi alternativi se non il deflusso all'interno del tunnel che, nonostante la ridotta pendenza (inferiore a 2.5%) necessaria al passato tracciato ferroviario, allontana i deflussi verso l'accesso lato Fantiscritti ubicato a quota inferiore (420.8 m s.l.m.).



Figura 7: Ripresa dell'accesso alla galleria ex-marmifera lato Ravaccione ove si evince la presenza di un muretto in sassi e calce lato ovest e la strada di accesso al parcheggio del cantiere Polvaccio in discesa.

6.1.3. INVASO DEL CANTIERE INFERIORE

Il piazzale principale del cantiere inferiore della Cava Polvaccio si sviluppa ad est della sezione di chiusura di q. 404.03 m s.l.m..

La quota del piazzale detritico risulta compresa tra 395.0m e 395.51m s.l.m.. mentre le quote del piazzale in roccia risultano a circa 386.34m s.l.m. con ricoprimenti anche di 10m di spessore.

Suddividendo la porzione sopra il piano di calpestio e la porzione compresa tra il piano di calpestio ed il piazzale in roccia si ottengono i seguenti volumi disponibili:

- 18'380.15 mc a cielo aperto compresi tra 395.5 m e 404.0 m s.l.m.;
- 31'902 mc di riempimento sui piazzali in roccia tra 395.51 e 386.34 m s.l.m..

In relazione alla percentuale dei vuoti del materiale detritico precedentemente stimata (25%) si ritiene che i volumi disponibili all'interno del corpo detritico siano circa 7'975.5mc.

In totale si ritiene che il piazzale del cantiere abbia una capacità idrica di circa 26'355.65mc.

6.1.4. VALUTAZIONI IDRAULICHE DEFINITIVE RELATIVE AL SOTTOBACINO

A causa dei deflussi alternativi descritti nei paragrafi precedenti, il Sottobacino del Fosso del Moretto è stato ridimensionato.

La superficie utile del sottobacino, al netto delle dovute scorporazioni, risulta circa 149'821.03 mq ovvero circa il 33.7% di quella definita in sede preliminare.

In funzione delle ultime valutazioni si può ristabilire la portata di picco e la volumetria idrica che raggiunge l'invaso del cantiere inferiore della Cava Polvaccio attraverso un'ulteriore parzializzazione percentuale dell'area che risulta adesso il 4.90% di quella complessiva.

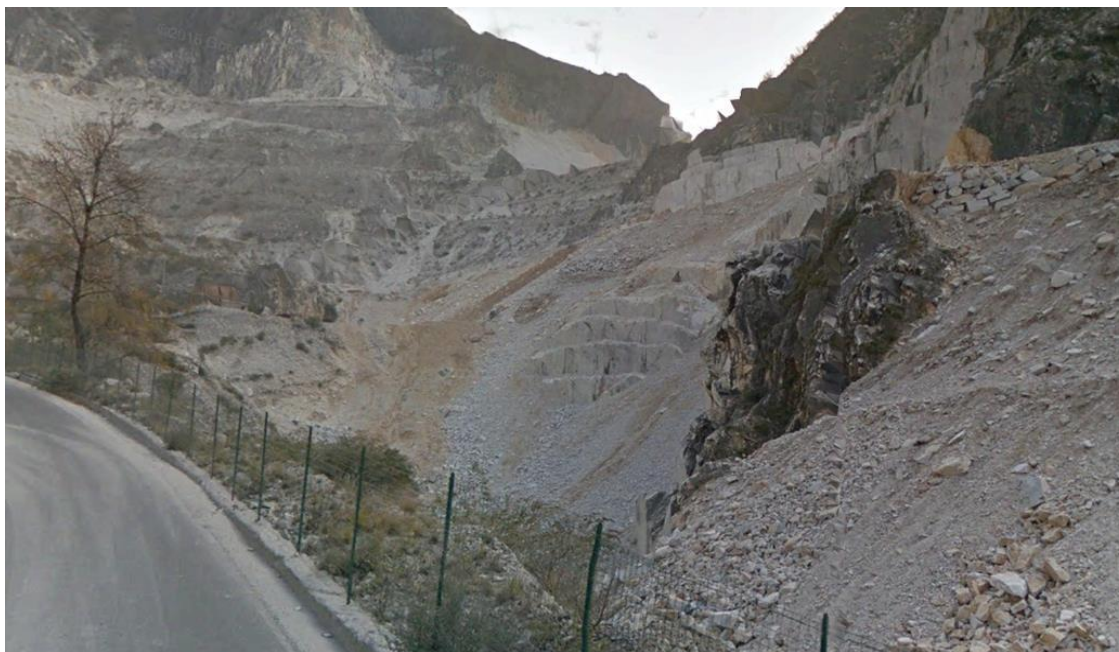


Figura 8: Ripresa del cantiere inferiore della Cava Polvaccio lato, si noti la presenza del muretto di cordolatura a bordo strada.

Tuttavia, il ridimensionamento areale dell'impiuvio è stato accompagnato anche dalla variazione della traiettoria dell'asta principale, ridotta a 734.18 m e più coerente al tracciato originario del Fosso del Moretto e dalla riduzione dell'altezza massima a circa q. 732.18 m s.l.m..

Inserendo i nuovi parametri nelle formulazioni empiriche viste in precedenza, il nuovo tempo di corrivazione risulta 0.10 ore (6 minuti).

	Tr (anni)	2	30	50	100	200
	t (min)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)
MORETTO II	7.48	2.22	5.26	5.86	6.69	7.54
	19.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ΣV (mc)	1'327.24	3'147.11	3'508.91	4'000.55	4'509.05

Figura 9: Scala delle Portate e volumi idrici defluenti per il sottobacino del Fosso del Moretto II alla sezione di chiusura della Cava Polvaccio calcolata per i tempi di ritorno indagati a seguito delle valutazioni definitive.

Ripercorrendo il medesimo procedimento visto in precedenza è stata ottenuta, per i diversi tempi di ritorno assegnati, una portata di picco compresa tra 2.22 e 7.54 mc/s ed un deflusso idrico compreso tra 1'327.24 e 4'509.05 mc.

I volumi idrici defluenti dal sottobacino, in relazione alle dimensioni disponibili dell'invaso a cielo aperto e nel corpo detritico compreso tra il piazzale in roccia e lo stesso piano di calpestio attuale, sono completamente assorbite dal ravaneto per ogni tempo di ritorno indagato.

Analizzando le quote e le superfici dei piazzali sommersi del cantiere Vecchi Cava ed ipotizzando cautelativamente una completa impermeabilità dell'invaso (che nella realtà dei fatti non risulta verosimile), è possibile determinare l'altezza idrica massima raggiungibile dall'acqua all'interno dell'invaso riempito da detrito (25% del volume disponibile).

Dal momento che il piazzale di q. 385.0 m s.l.m. ha un'estensione di circa 4'718.5 mq e bancate al perimetro di circa 5.0 m, si ritiene che alle condizioni attuali l'acqua possa raggiungere l'altezza di circa 1.13 m per l'evento con tempo di ritorno di due anni e 3.82 m per quello duecentennale. ovvero possa variare tra 387.46 m e 390.16 m in base alla criticità dell'evento. Tale condizione permette di affermare che ad oggi non sussiste alcun pericolo di allagamento del piazzale di q. 395.5 m s.l.m. del cantiere inferiore della Cava Polvaccio e che la pulizia dell'invaso, con rimozione del riempimento detritico verrebbe effettuata in completa sicurezza fino a q. 390.16 m s.l.m.. La successiva scopertura del piazzale in roccia produrrebbe conseguenzialmente l'aumento dei volumi disponibili e pertanto anche la riduzione delle altezze idriche a valori compresi tra 0.28-0.96 m in funzione del tempo di ritorno assegnato (2-200 anni). Si deve ricordare che tali condizioni non tengono conto del fatto che l'acqua possa defluire all'interno del ravaneto inferiore.

6.2. SOTTOBACINO DEL FOSSO DI CONCA

L'elemento più importante del Sottobacino di Conca è rappresentato dall'andamento della viabilità che occupa principalmente il settore sud-orientale dell'invaso.

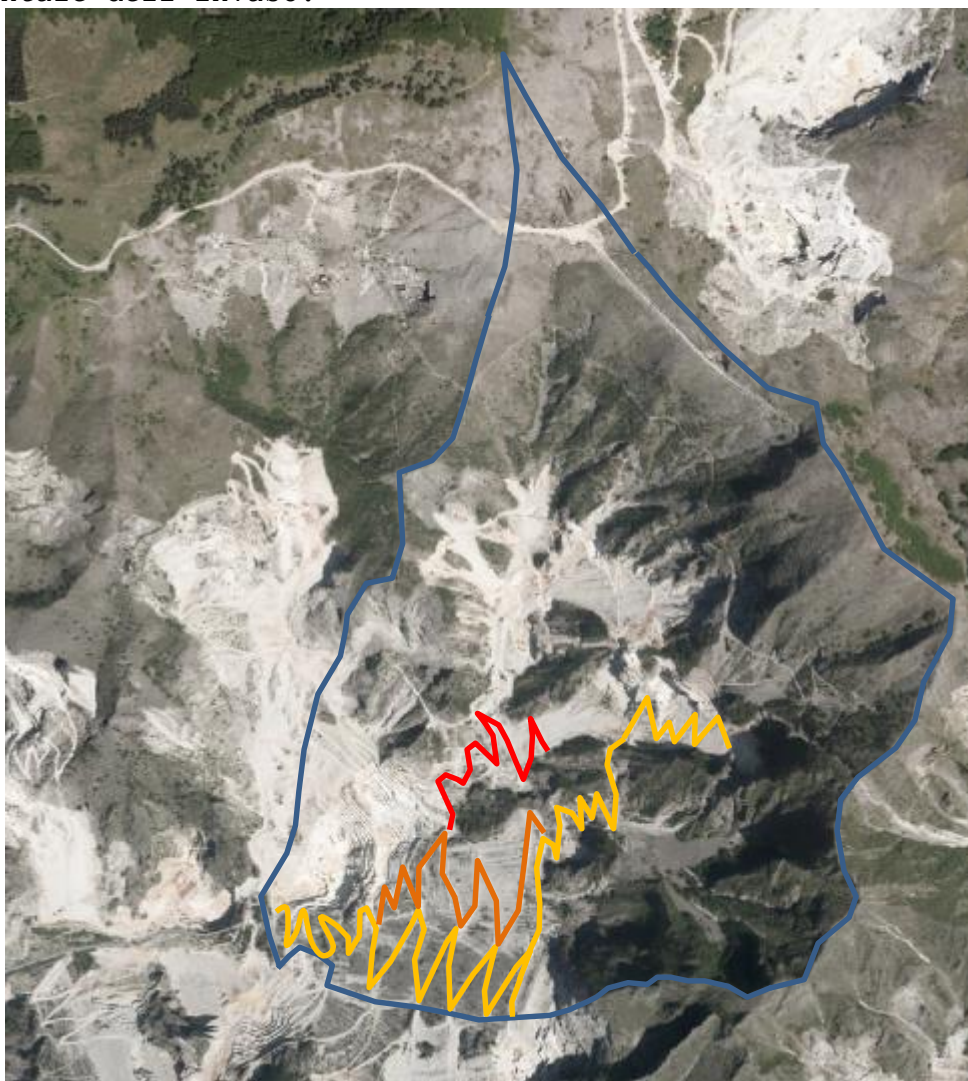


Figura 10: Ripresa satellitare del Sottobacino Fosso di Conca (in blu) con evidenziata la viabilità presente. Fonte <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

6.2.1. CONSIDERAZIONI SULLA VIABILITA'

La presenza della viabilità di arroccamento a partire dalla strada comunale di fondo valle (q.453.0 m s.l.m.) è l'elemento che più di tutti condiziona idraulicamente l'intero sottobacino.

Le strade di arroccamento identificate, riportate in Figura 8, sono:

- nel settore meridionale la strada di arroccamento compresa tra q.453.0 m fino a q. 979.7 m s.l.m. che conduce a sud verso le Cave del Torrione, Fiordichiara e Val Pulita e a nord verso le Cave di Ravalunga (in giallo);
- La viabilità a servizio dei cantieri della Cava Amministrazione fino a 1.683.47 m s.l.m. (in arancio);
- La viabilità a servizio dei cantieri di Conca e di Fossa del Lupo nella porzione superiore del sottobacino (in rosso).

Le pendenze delle arterie stradali fanno sì che la maggior parte delle aree (circa l'80% del sottobacino) riversino i propri deflussi idrici verso il settore sud-orientale e percorrendo la strada di comparto asfaltata arrivino pertanto alla strada comunale Carrione di Ravaccione da dove, per le pendenze possedute dalla viabilità, affluiscono nella ex cava 44 Buca di Ravaccione, mentre le rimanenti volumetrie raggiungono la biforcazione della ex-marmifera Ravaccione-Fantiscritti.

in corrispondenza della biforcazione che conduce all'accesso lato Torano della galleria ex-marmifera Ravaccione-Fantiscritti. Le rimanenti volumetrie vengono riversate sulle bancate della Cava Amministrazione dalle quali raggiungono successivamente il piazzale del principale del cantiere di q. 474.11 m s.l.m. e vengono immessi nella strada comunale.



Figura 11: Ripresa da monte della Strada Comunale Carrione di Ravaccione nel tratto compreso tra la sezione di chiusura corrispondente all'accesso al piazzale basale del cantiere inferiore della Cava Polvaccio (q.404.0 m s.l.m.) e la galleria ex-marmifera (q.453.0 m s.l.m.).

Per quanto già detto in precedenza l'acqua proveniente del Bacino del Fosso del Moretto che raggiunge l'imbocco del tunnel viene allontanata verso Fantiscritti, mentre quella proveniente dal Sottobacino di Conca, incontrando una contropendenza della strada viene direzionata verso la strada comunale e

la sezione di chiusura.

Nel tratto compreso tra il bivio verso la galleria ex-marmifera (q. 453.0 m s.l.m.) e l'area servizi della Cava Polvaccio (q. 438.42 m s.l.m.) è presente a lato del tracciato stradale, un muretto in cemento armato avente altezze sempre superiori a 1.0 m, come riportato in Figura 9, sia in destra che in sinistra idrografica. Tale struttura impedisce di fatto perdite idrauliche verso gli impluvi presenti a bordo strada e costituiti dal piazzale basale della Cava Polvaccio e dalla Buca di Collestretto.

Procedendo verso valle, tra q. 438.42 m e 404.04 m s.l.m., i muretti vengono ridotti a circa 0.3-0.5 m di altezza e la strada subisce una piega verso destra.

Come evidenziato anche dalla documentazione fotografica allegata, in conseguenza della curvatura, l'asse stradale viene inclinato complessivamente verso il centro di curvatura allo scopo di compensare la forza centrifuga prodotta dalla traiettoria curvilinea.

In questo modo l'inclinazione trasversale del tracciato allontana la corrente idrica dall'accesso al cantiere inferiore della Cava Polvaccio.

Alla luce di quanto osservato si ritiene pertanto che il contributo idraulico del sottobacino di Conca alle portate ed alle volumetrie idriche che interessano il piazzale basale del Polvaccio sia NULLO che la totalità dei volumi idrici caduti all'interno del sottobacino supera la sezione di chiusura e si dirige verso Torano.

Rimangono pertanto confermate le calcolazioni di portata e volume idrico precedentemente effettuate.

6.3. SOTTOBACINO DEL FOSSO DI CANALBIANCO

Il sottobacino di Canalbianco rappresenta l'area occidentale del Bacino Imbrifero analizzato. Gli impluvi compresi tra la strada comunale di Pianza e la Cava Canalbianco riversano i propri deflussi all'interno della Fossa di Canalbianco.



Figura 12: Ripresa satellitare del Sottobacino Fosso di Canalbianco (in blu).

Fonte <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

La Fossa, nel tratto compreso tra q. 762.55 m e 459.4 m s.l.m. risulta

riempita da un corpo detritico molto esteso che costituisce il ravaneto di Canalbianco. Su questo ravaneto è collocata la viabilità di arroccamento che conduce all'omonima unità estrattiva, dalla quale si diramano alcune strade che conducono alle bancate della Cava Amministrazione.

Nel tratto basale la Fossa di Canalbianco riversa tutta la sua portata nella Buca di Collestretto, previo una condizione di calma che si manifesta con l'occlusione della vasca di laminazione di q. 561.28m s.l.m., con capacità di circa 660mc. I quantitativi idrici del Sottobacino saranno pertanto affrontati nel successivo sotto-capitolo dopo aver eseguito le dovute considerazioni riguardo all'effetto idraulico dell'invaso compreso tra la Strada Comunale e Colle Stretto.

6.4. SOTTOBACINO DI COLLESTRETTO

Come già detto in precedenza, il sottobacino di Collestretto, anche se di ridotte dimensioni riveste un ruolo fondamentale per l'assetto idraulico dell'intero Bacino Imbrifero del Carrione di Torano. La presenza dell'impluvio prodotto artificialmente attraverso l'attività di cava condiziona il deflusso idrico non solo dell'acqua che lo raggiunge dal versante meridionale di Collestretto, ma anche la totalità delle precipitazioni che si riversano all'interno del Sottobacino di Canalbianco, come riportato in Figura 13.

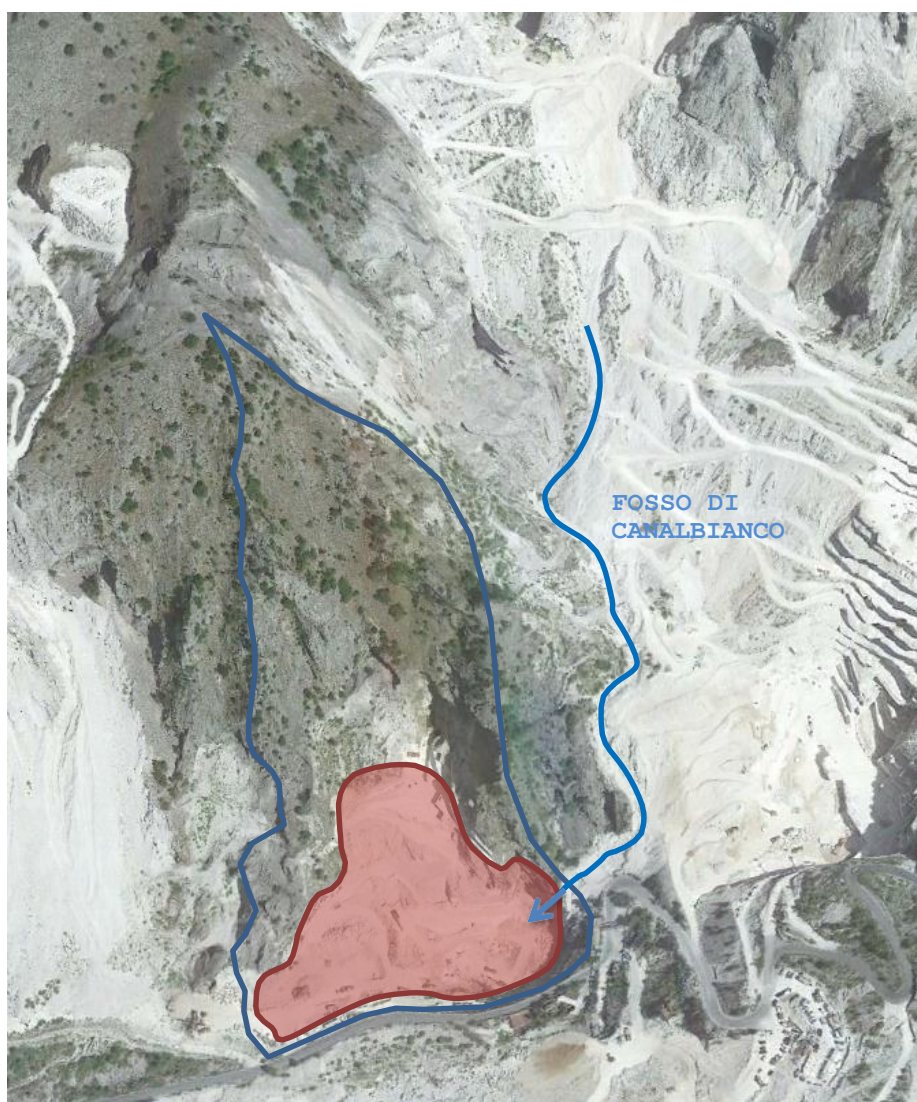


Figura 13: Ripresa satellitare del Sottobacino Buca di Collestretto (in blu) e dell'invaso artificiale (in rosso).

Fonte <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>.

6.4.1. INVASO DI COLLESTRETTO

Attraverso il rilievo plano-altimetrico è stato possibile stimare il volume dell'invaso costituito dalla Buca di Collestretto.

La "vasca artificiale" presenta q. di fondo a circa 378.5 m s.l.m. ed incile ubicato all'estremità sud-orientale a circa q.430.0 m s.l.m..

Dal punto di vista litologico le sponde sono costituite prettamente da ammasso roccioso marmoreo mentre il fondo risulta ricoperto di detrito del quale tuttavia non si conoscono con esattezza lo spessore dal momento che la disponibilità dell'area è in capo ad altra società.

La buca presenta pertanto un'altezza massima di circa 51.5 m e volume disponibile, in base all'andamento delle curve di livello decametriche di circa 108'286.4 mc.

Al momento all'interno dell'area sono sospese attività di scopertura del giacimento e di rimozione del corpo detritico accumulato che, se riprese, potrebbero a lungo termine anche aumentare le volumetrie disponibili se:

- la q.ta dell'incile, rappresentato dal piano della strada di arroccamento in diretta connessione con la viabilità pubblica, non viene abbassata;
- le attività porteranno alla rimozione di ammasso roccioso o detrito sotto la q.ta di 430.0 mm s.l.m. o al di sotto della nuova q.ta dell'incile in caso di variazioni dell'assetto stradale.

6.4.2. VALUTAZIONI IDRAULICHE DEFINITIVE RELATIVE AL SOTTOBACINO

In relazione alle stime idrauliche ed alle considerazioni precedentemente affrontate si ritiene che nell'invaso si riversino le portate idriche provenienti dal sottobacino di Collestretto e dal Fosso di Canalbianco le cui risultanze vengono di seguito riportate.

			Tr (anni)	2	30	50	100	200
			t (min)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)
CANALBIANCO			16.37	7.10	16.83	18.77	21.40	24.12
			43.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			ΣV (mc)	9'296.75	22'044.20	24'578.41	28'022.17	31'583.95
COLLESTRETTO			2.72	0.70	1.65	1.84	2.10	2.36
			7.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			ΣV (mc)	151.21	358.55	399.77	455.78	513.71

Tabella 10: estratto della Tabella 8 riferito ai soli sottobacini di interesse per l'invaso di Collestretto.

Associando gli idrogrammi di piena dei due sottobacini è possibile ottenere un unico idrogramma di piena di riempimento dell'invaso in relazione ai diversi tempi di corrivazioni ed alle diverse portate provenienti dai due impluvi.

Tr (anni)	2	30	50	100	200
t (min)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)	Q(mc/s)
0	0	0	0	0	0
2.72	1.874558	4.4449	4.955889	5.650273	6.368457
7.25	3.14391	7.454754	8.311757	9.476342	10.68084
16.37	7.10	16.83	18.77	21.40	24.12
43.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ΣV (mc)	9'447.96	22'402.74	24'978.18	28'477.95	32'097.66

Tabella 11: scala delle portate e volumi idrici affluenti all'invaso di Collestretto in relazione al tempo di ritorno dell'evento critico considerato.

Nell'invaso affluiscono complessivamente, in relazione al tempo di

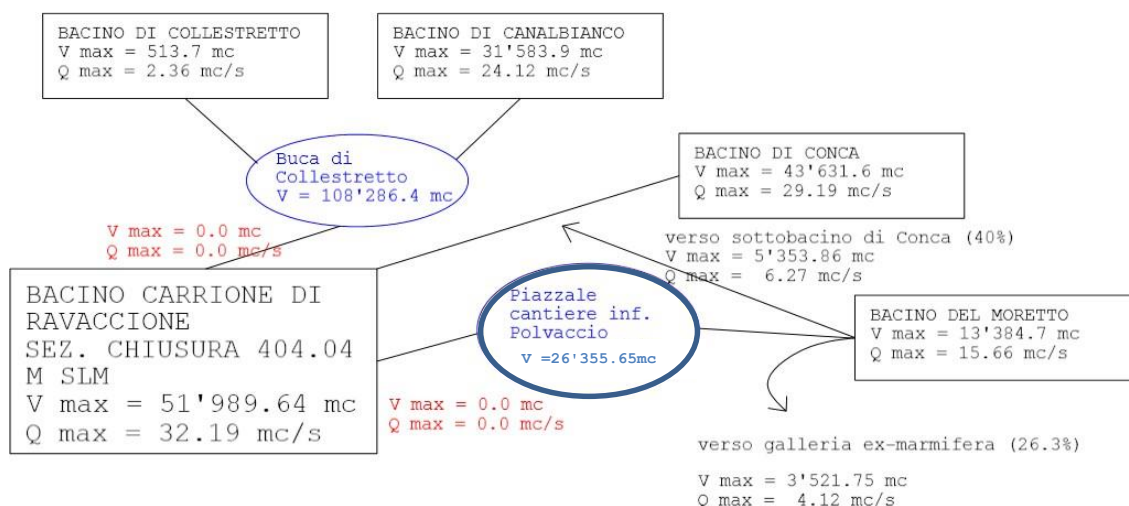
ritorno assegnato, valori di volumi idrici compresi tra 9'448 e 32'098 mc.

In relazione alla capacità dell'invaso ubicato alla base di Collestretto si ritiene che le dimensioni dello stesso siano sufficienti a trattenere l'intero volume affluente per ciascuno degli eventi critici considerati.

Per la conformazione morfologica della buca si ritiene, ipotizzando la completa impermeabilità del fondo e delle sponde dell'invaso, che le altezze idriche massime raggiungibili durante gli eventi critici considerati siano comprese tra 10.16 m (Tr=2 anni) e 22.85 m (Tr=200 anni) e pertanto vengano raggiunte rispettivamente le q. di 389.06 m e 401.35 m s.l.m..

6.5. IDROGRAMMA DI PIENA REALE

In base ai risultati ottenuti per ciascun Sottobacino è stato ridefinito lo schema idraulico del Bacino Imbrifero complessivo.



Lo schema idraulico è stato realizzato considerando che dalla porzione del sottobacino del Moretto circa il 40% dei volumi si riversa all'interno del sottobacino di Conca, mentre solo il 26.3 % si allontana attraverso la galleria ex-marmifera. Tale condizioni alla luce delle osservazioni effettuate appare sovradimensionare le volumetrie che permangono all'interno del Bacino Imbrifero.

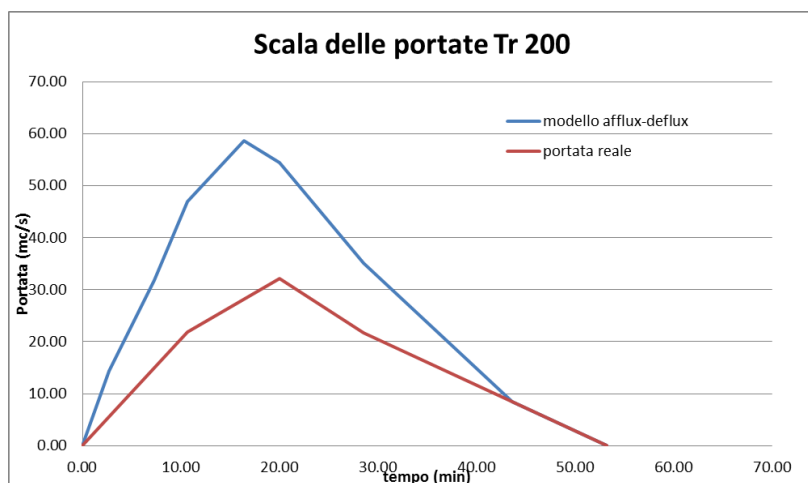


Figura 14: Confronto grafico tra portata del Bacino imbrifero nelle condizioni reali e nelle condizioni ideali (modello afflux-deflux).

CARRIONE DI RAVACCIONE			
SCALA DELLE PORTATE			
t (min)	portata (mc/s)	V (mc)	ΣV (mc)
0.00	0.00	0.00	0.00
10.68	21.88	11363.54	11363.54
19.97	32.19	9879.44	21242.97
28.49	21.72	9059.79	30302.76
53.25	0.00	21686.88	51989.64

Tabella 12: scala delle portate del Bacino nelle condizioni reali ottenuto dalla sovrapposizione degli effetti del modello afflux-deflux dei singoli sottobacini.

Dal bacino di Collestretto e di Canalbianco non arrivano contributi idrici alla sezione di chiusura per effetto dell'invaso artificiale presente dal quale si ritiene che l'acqua possa defluire solo per infiltrazione

profonda nello strato detritico o nell'ammasso roccioso attraverso il reticolo di fratturazione esistente.

Anche dal piazzale del cantiere inferiore della Cava Polvaccio non si ritiene possano sussistere contributi idrici per la presenza dell'invaso, parzialmente coperto, dal quale l'acqua può allontanarsi solo per deflusso profondo nel corpo detritico o nel reticolo fessurativo dell'ammasso roccioso.

Alla luce di quanto esposto si ritiene che alla sezione di chiusura di q. 404.04 m s.l.m. del Bacino del Carrione di Ravaccione arrivi una portata massima per eventi critici duecentennali di circa 32.19 mc/s e l'onda di piena possa far defluire circa 51'990 mc in un periodo confermato di circa 53 minuti.

Confrontando l'andamento degli idrogrammi di piena ottenuti dal modello afflussi-deflussi nelle condizioni reali ed ipotetiche si denota che la portata ed il volume idrico che arriva alla sezione di chiusura subiscono una drastica riduzione, valutata nell'ordine del 45%.

Tale condizione evidenzia che la presenza dei due invasi creati artificialmente e della galleria ex-marmifera uniti alla conformazione plano-altimetrica della viabilità di arroccamento che si sviluppa all'interno del comparto estrattivo permettono un notevole contenimento degli eventi critici che si potrebbero manifestare nella zona.

A seguito di opportune valutazioni si ritiene inoltre che la ripresa della coltivazione all'interno del cantiere inferiore della Cava Polvaccio non sarebbe soggetta ad alcun allagamento al di sopra della q. 390.16 m s.l.m., mentre potrebbe essere condotta a q. inferiori a seguito della scopertura del giacimento con battenti compresi tra 0.28-0.95cm in funzione del tempo di ritorno considerate. Le condizioni di sicurezza valutate sono state approntate ipotizzando la completa impermeabilizzazione dell'invaso, condizioni poco verosimile, dal momento che già oggi l'allontanamento dell'acqua avviene per infiltrazione nel sottosuolo.

Comunque in relazione alle risultanze di detto studio la ripresa della coltivazione del cantiere Vecchia Cava può essere condotta prevedendo la redazione di procedura specifica all'interno del DSS che preveda l'interdizione delle attività in caso di allerta meteo arancione o superiore, la sospensione delle attività in caso di pioggia intensa e lo spostamento dei mezzi a quote superiori a 1.5m dal piano di calpestio in roccia.

Carrara 29.05.2026

Il Tecnico

