

AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA CAMPANIA CENTRALE

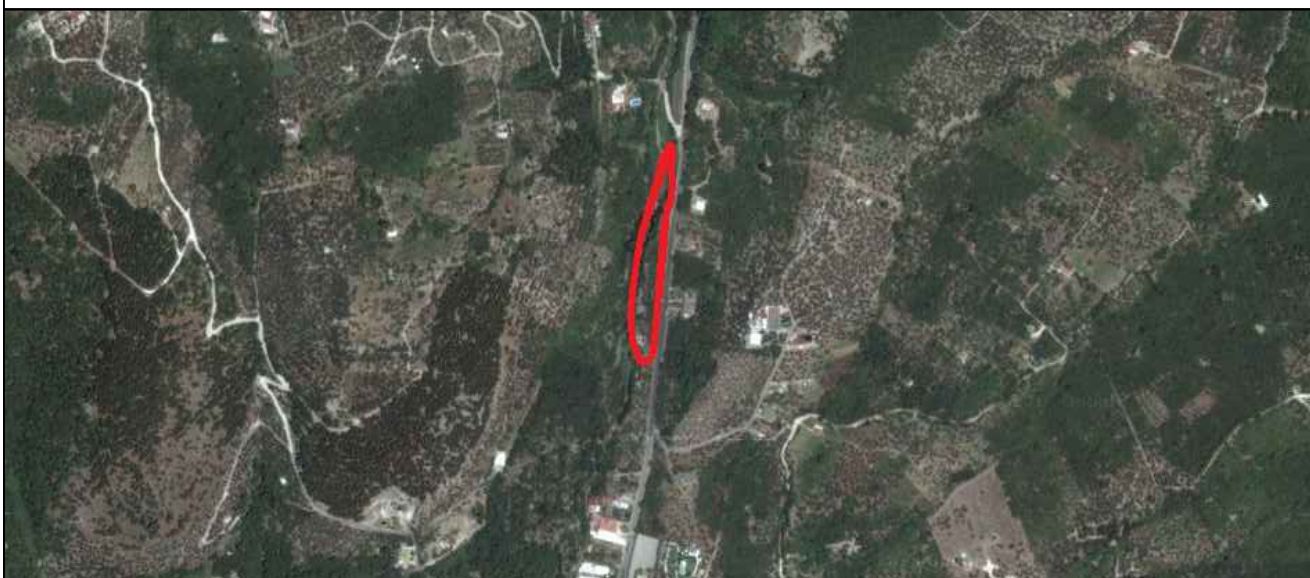
COMUNE DI ROCCARAINOLA

"Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico elevato (R3) e molto elevato (R4)", di cui all'allegato 1 dell'A.P.Q.
Codice Istat 34 - CUP Definitivo D43B12000380001

Alta Sorveglianza del

Commissario Straordinario Delegato per la realizzazione degli interventi individuati nell'Allegato 1 all'Accordo di Programma finalizzato alla programmazione e al finanziamento di interventi urgenti per la mitigazione del rischio idrogeologico da effettuare nel territorio della Regione Campania

Commissario: prof. ing. Giuseppe De Martino
D.P.C.M. 21.01.2011



PROGETTO PRELIMINARE

ELABORATO	Relazione di compatibilità idraulica	SCALA: -
		TAV: 02.1
Responsabile Unico del Procedimento: arch. Assuntino Russo		DATA: genn. 2014
Gruppo di progettazione interno (Comune di Roccarainola e AdB della Campania Centrale): ing. Luigi Iodice - Coordinatore della Progettazione arch. Michele Glorioso - Coordinatore della Sicurezza dott. geol. Stefania Coraggio - Membro esperto geom. Aniello Apicella geom. Luigi Beracci Il Consulente idraulico Prof. Ing. Giuseppe Del Giudice	Il Sindaco del Comune di Roccarainola: Avv. Raffaele De Simone	
	Il Commissario Straordinario della Autorità di Bacino della Campania Centrale: Ing. Pasquale Marrazzo	
	Il Commissario Straordinario Delegato A.P.Q.: Prof. Ing. Giuseppe De Martino	

Sommario

1	Compatibilità idraulica.....	2
1.1	Aspetti idrologici.....	2
1.2	Stima della portata idrologica	3
1.3	Valutazione delle portate di piena	10
1.4	Stima dei volumi mobilizzabili	11
1.5	Fangogramma della colata	15
1.6	Confronto tra i volumi disponibili ed il volume mobilizzabile.....	17

1 Compatibilità idraulica

I tre valloni a maggiore pericolosità per il centro abitato sottostante Sasso, Materno e Veterale sono individuati nella figura seguente:

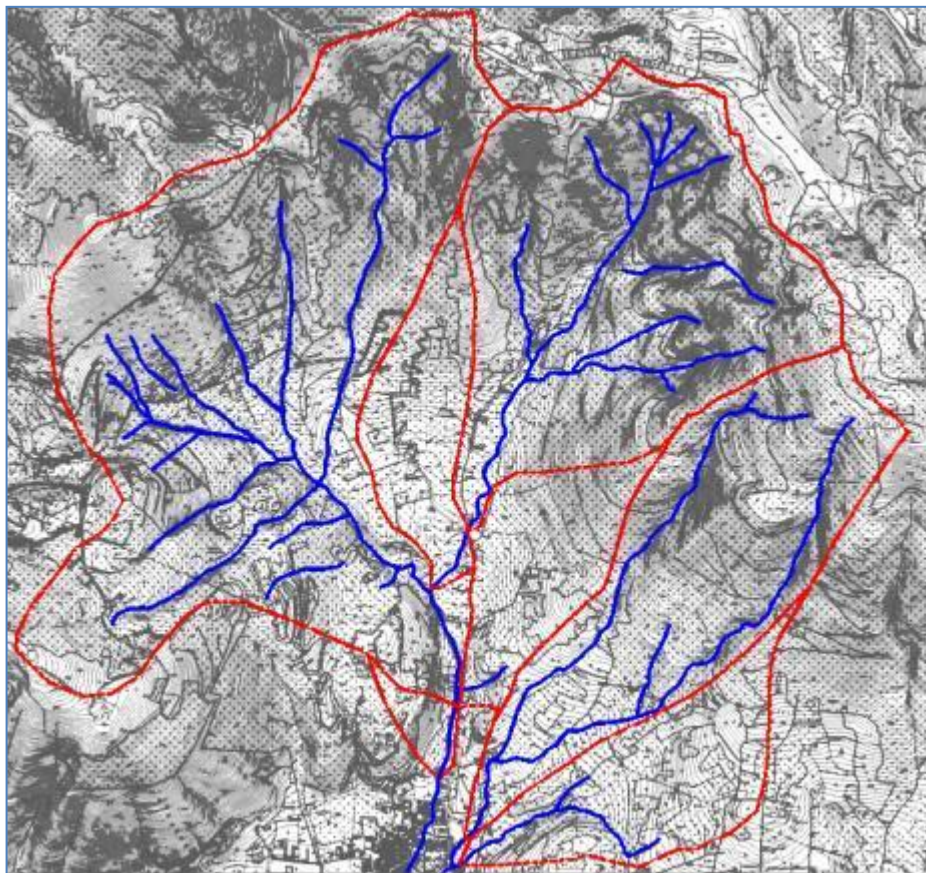


Figura 1 - Bacini idrografici di studio

L'area di studio individuata dall'ex Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania nella scheda di intervento prioritario riporta il bacino che incombe sull'abitato così come individuato nella figura precedente.

1.1 Aspetti idrologici

La definizione preliminare del volume di materiale fangoso che può mobilitarsi da monte è analisi propedeutica alla definizione dei volumi che si prevede di intrappolare con le opere di progetto. Sicchè si procederà dapprima alla definizione del fangogramma di progetto e, successivamente, verrà integrato al tempo di studio ($2 \cdot t_c$) ottenendo il volume totale di materiale fangoso che si mobilita da monte.

Il procedimento seguito per la determinazione del fangogramma di progetto parte dalla definizione delle portate idrologiche, segue con l'analisi dei volumi mobilizzabili che possono attivarsi da monte e termina con il calcolo dei tempi associati all'evento eccezionale.

1.2 Stima della portata idrologica

Obiettivo dell'indagine idrologica è la stima delle portate massime al colmo che possono verificarsi nei tronchi di un corso d'acqua, per assegnati periodi di ritorno T.

La valutazione degli afflussi meteorici su un bacino idrografico, utilizzando un approccio di tipo probabilistico, viene comunemente effettuata attraverso una espressione del tipo:

$$h_{d,T} = \mu_{hd} \cdot K_T \quad (1)$$

in cui:

- $h_{d,T}$ = altezza di pioggia massima annuale di durata d e periodo di ritorno T;
- μ_{hd} = stima della media probabilistica dei massimi annuali di hd;
- K_T = fattore di crescita dipendente dal modello probabilistico utilizzato e funzione del periodo di ritorno T.

La media μ_{hd} , che dipende dalle caratteristiche pluviometriche, orografiche ed altimetriche del sito, risulta pari al prodotto dell'intensità di pioggia media nella durata d, μ_{i_d} , moltiplicata per la durata d; la grandezza μ_{i_d} è correlabile alla quota altimetrica z ed alla durata d mediante un'espressione del tipo:

$$\mu_{i_d} = \frac{I_o}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C+Dz}} \quad (2)$$

dove:

- I_o (mm/h) = valore di μ_{i_d} per $d \rightarrow 0$;
- C, D e d_c = parametri della relazione (2).

La (2) può scriversi nella forma:

$$Y = A_o + A_1 X_1 + A_2 X_2 \quad (3)$$

avendo posto:

- $Y = \log_{10} \mu_{i_d}$
- $X_1 = \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_c} \right)$
- $X_2 = z \log_{10} \left(1 + \frac{d}{d_c} \right) = zX_1$
- $A_0 = \log_{10} I_0$
- $A_1 = -C$
- $A_2 = -D$

nella quale le costanti A_i e, quindi, i parametri I_0 , C , e D , possono essere ricavati in base ad un modello di regressione lineare multipla, valutando, per tentativi, il valore del parametro d_c in corrispondenza del quale si ottiene la massima correlazione.

Nel caso in esame per individuare le caratteristiche pluviometriche dei bacini oggetto di studio si è fatto riferimento alla Relazione idrologica, allegata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'ex Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania; da essa si evince che la zona in oggetto è compresa nell'area omogenea A3.

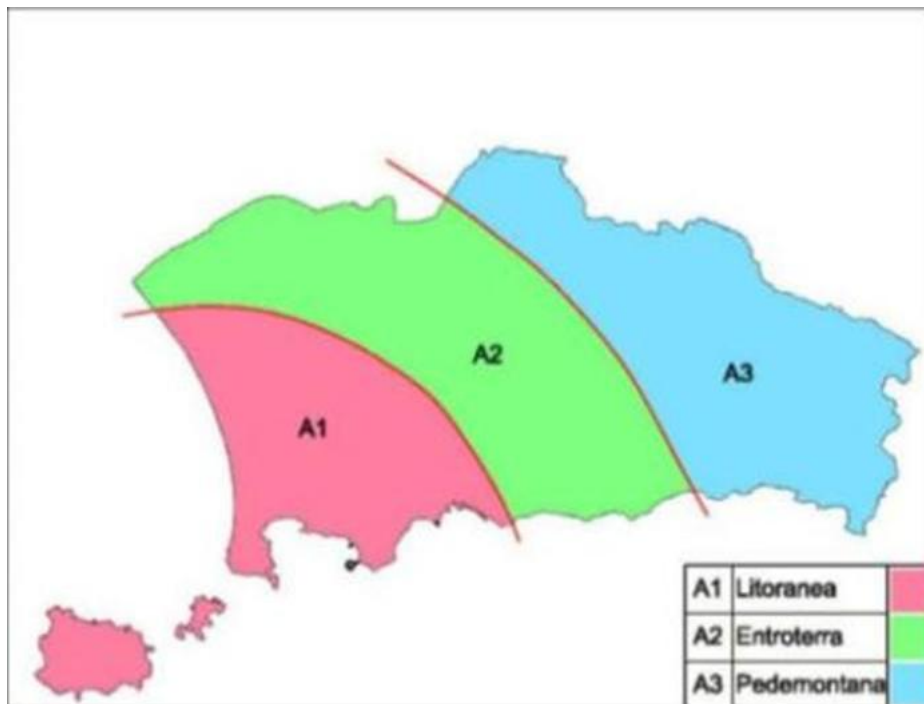


Figura 2 - Sottozone pluviometricamente omogenee

Per tale zona, la curva di probabilità pluviometrica è rappresentata dalla relazione:

$$i_{d,T} = K_T \cdot \frac{111.885d}{\left(+ 5.0495d \right)^{0.758+0.00002z_{med}}} \quad (4)$$

in cui:

- $i_{d,T}$ [mm\h] è l'intensità di pioggia di assegnata durata d [ore] e periodo di ritorno T [anni];
- K_T è il fattore di crescita, relativo alle piogge, variabile in funzione del periodo di ritorno;
- Z_{med} [m] è la quota media del bacino rispetto al livello medio mare.

Per quanto concerne la distribuzione di probabilità dei massimi di pioggia annuali, rapportati al valore medio, il citato studio idrologico adotta il modello TCEV.

In base a tale modello, la generica variabile X_T (altezza o intensità di pioggia, portata al colmo, etc.) corrispondente ad un assegnato valore del periodo di ritorno T può trarsi dall'espressione:

$$T = \frac{1}{1 - \exp \left[-\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\Theta_*} e^{-\eta K_T / \Theta_*} \right]} \quad (5)$$

nella quale

$$K_T = \frac{X_T}{\mu_X} \quad (6)$$

rappresenta il fattore di crescita col periodo di ritorno T, definito come il rapporto tra la variabile X_T corrispondente all'assegnato periodo di ritorno T e la media μ_X della distribuzione di probabilità della variabile X;

Λ_* e Θ_* sono parametri adimensionali dipendenti solo dal coefficiente di asimmetria e, pertanto, stimabili solo sulla base di un'indagine regionale a vasta scala (Analisi regionale di I livello);

Λ_1 è il numero medio di eventi indipendenti, di tipo ordinario, che si determinano nella zona (e, pertanto, è una caratteristica climatica di una zona omogenea che può essere valutata una volta noti i valori di Λ_* e Θ_* , attraverso un'analisi regionale di II livello);

η è un parametro strettamente dipendente da Λ_1 , Λ_* e Θ_* .

Nel caso specifico la variabile aleatoria presa in esame, come già detto, è il massimo annuale dell'altezza di pioggia in assegnata durata d , corrispondente al periodo di ritorno T pari al numero medio di anni che bisogna attendere prima che si verifichi un insuccesso (ad es. il superamento di un valore massimo per la variabile aleatoria in questione).

Con riferimento al Rapporto VA.PI. "Valutazione delle piene in Campania" elaborato dal G.N.D.C.I. del CNR i valori di Λ_* e Θ_* validi per l'intera Regione Campania sono i seguenti:

- $\Lambda_* = 0.224$
- $\Theta_* = 2.536$

e

- $A_{l=37}$
- $\eta = 4.909$

I valori del coefficiente di crescita K_T sono riportati, per differenti periodi di ritorno T , nella successiva Tabella 1

T	2	10	20	50	100	300
K_T	0.87	1.38	1.64	2.03	2.36	2.90

Tabella 1 - Coefficienti di crescita K_T per differenti valori del periodo di ritorno T

Nel caso in esame lo studio è stato effettuato per un periodo di ritorno pari 100 anni.

CARATTERIZZAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

La valutazione della portata sottesa dalla sezione di chiusura del bacino in esame richiede, preliminarmente, la conoscenza dettagliata delle caratteristiche morfologiche del bacino stesso.

Vallone di Sasso - Matierno

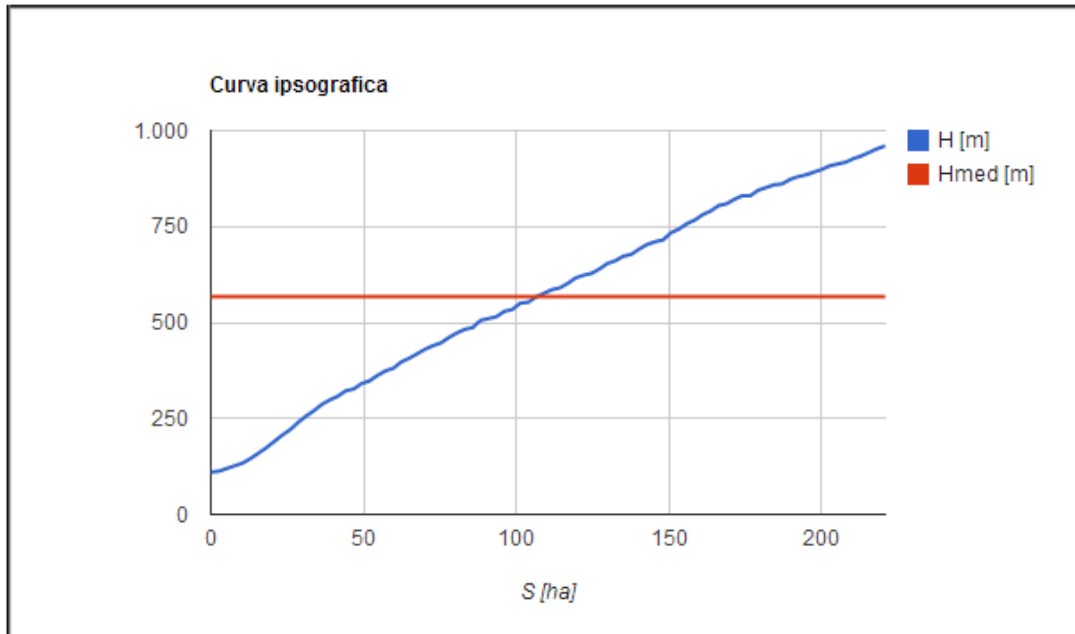
Di seguito si riportano le caratteristiche idrologiche del bacino:

BACINO

- Quota minima = 110 m.s.l.m.
- Quota massima = 960 m.s.l.m.

- Superficie = 2,207 kmq

Il calcolo dell'altezza media del bacino è stato effettuato redigendo la curva ipsografica e suddividendo calcolando l'area del relativo diagramma.



- Quota media = 567 m.s.l.m.

Con riferimento all'asta principale del bacino si riportano i relativi parametri necessari a definire i caratteri idrologici del bacino:

ASTA PRINCIPALE

- Lunghezza = 1581 m
- Quota minima = 110 m.s.l.m.
- Quota massima = 320 m.s.l.m.
- Pendenza media = 0.127

Pertanto si ottengono i seguenti valori del tempo di corrivazione (Giandotti) e del tempo di ritardo (Rossi):

- tempo di corrivaz. = 0.519 ore
- tempo di ritardo = 1.202 ore

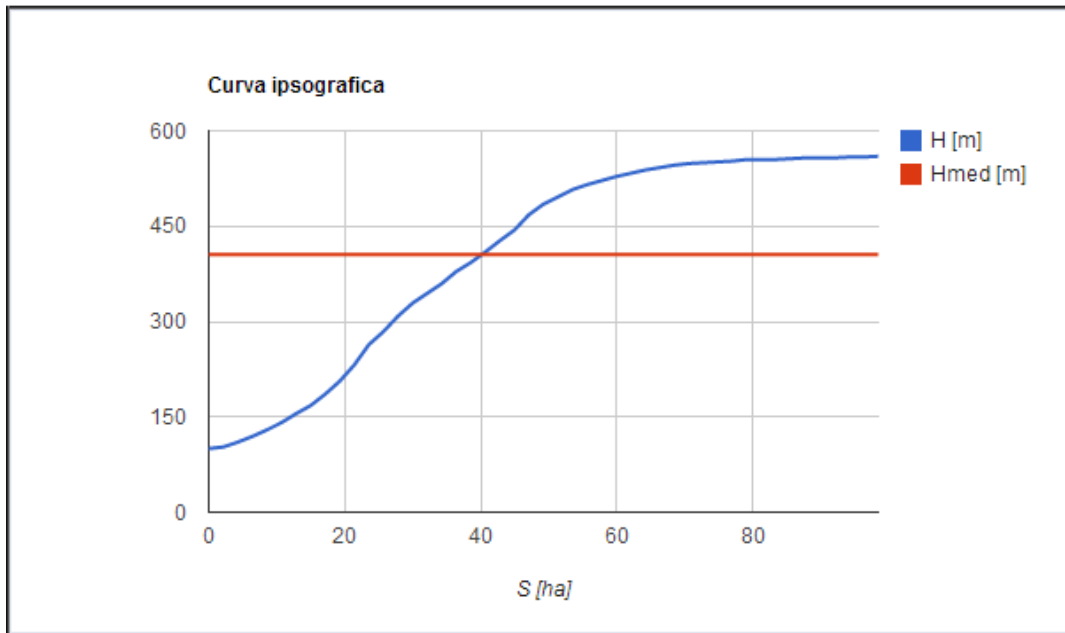
Vallone Veterale

Di seguito si riportano le caratteristiche idrologiche del bacino:

BACINO

- Quota minima = 100 m.s.l.m.
- Quota massima = 560 m.s.l.m.
- Superficie = 0,984 kmq

Il calcolo dell'altezza media del bacino è stato effettuato redigendo la curva ipsografica e suddividendo calcolando l'area del relativo diagramma.



- Quota media = 405 m.s.l.m.

Con riferimento all'asta principale del bacino si riportano i relativi parametri necessari a definire i caratteri idrologici del bacino:

ASTA PRINCIPALE

- Lunghezza = 1270 m
- Quota minima = 100 m.s.l.m.
- Quota massima = 240 m.s.l.m.
- Pendenza media = 0.102

Pertanto si ottengono i seguenti valori del tempo di corrivazione (Giandotti) e del tempo di ritorno (Rossi):

- tempo di corrivaz. = 0.521 ore
- tempo di ritardo = 1.168 ore

Valutazione del coefficiente di afflusso

Il calcolo della portata al colmo di piena per un fissato periodo di ritorno T , richiede la stima del coefficiente di afflusso in funzione delle caratteristiche morfologiche, tessiturali e di copertura vegetale.

La simulazione del comportamento del bacino idrografico può essere affrontata con l'impiego di modelli di trasformazione afflussi-deflussi, ma il problema della depurazione dell'afflusso meteorico per effetto dei processi idrologici (infiltrazione, riempimento delle depressioni superficiali, ecc.) che avvengono sul terreno presenta notevoli difficoltà e richiede conoscenze di grande dettaglio della natura dei suoli, delle coperture e degli elementi della rete drenante.

Il coefficiente di afflusso C_f è stato ottenuto tramite una formula proposta da Rossi e Villani nel 1995, la quale ne consente il calcolo attraverso una media pesata sulle percentuali di area permeabile del bacino:

$$C_f = C_{f_1} p_p + C_{f_2} (1 - p_p) \quad (9)$$

con $C_{f_1} = 0.13$ e $C_{f_2} = 0.60$.

La corretta valutazione di p_p risulta, pertanto, di fondamentale importanza ai fini della valutazione del coefficiente di afflusso ϕ e, quindi, ai fini della valutazione delle portate al colmo di piena corrispondenti ad assegnato periodo di ritorno T .

Infatti, a tale scopo, è stata condotta una specifica indagine sulle caratteristiche di permeabilità dei terreni ricadenti all'interno del bacino idrografico in oggetto.

La stima delle percentuali di aree impermeabili I ($I=1-p_p$) e' stata effettuata attraverso le relazioni proposte da Celico e De Innocentis (1995) nell'ambito del progetto VAPI:

- $B = 0.84 - 0.85 \cdot I$
- $D_d = 0.51 + 2.25 \cdot I$
- $A = 21.2 - 15.7 \cdot I$

in cui:

- D_d e' la densità di drenaggio
- B e' la vegetazione, ovvero la copertura boschiva
- A e' la pendenza media dei versanti, ovvero l'acclività

Pertanto, con riferimento allo specifico bacino, sono stati ricavati da apposita cartografia tematica i valori di B, Dd ed A, e calcolati i corrispondenti valori di I e, quindi, di $C_f(\varphi)$.

Il valore di C_f utilizzato nei calcoli delle portate al colmo di piena è di solito assunto mediando tra i tre valori ottenuti.

Le considerazioni fatte, accompagnate dai calcoli sulle aree investigate, hanno portato a valutare un coefficiente φ variabile tra 0.13 e 0.6; come previsto dallo studio Vapi, attesa anche la pressochè totale copertura vegetale e la sua acclività media, si è assunto nei calcoli il valore medio $\varphi = 0.20$ per il Sotto bacino 1 e $\varphi = 0.23$ per il Sotto bacino 2, in via cautelativa vista la modestia della superficie sottesa.

Infine, per tenere conto del fenomeno della distribuzione non uniforme della pioggia su una determinata area, normalmente si ricorre ad un coefficiente riduttivo degli afflussi (coefficiente di riduzione areale) per il quale esistono numerose relazioni a carattere empirico. Nel caso specifico, tale coefficiente è stato assunto unitario, poiché le diverse relazioni presenti in letteratura avrebbero comportato una riduzione trascurabile dell'afflusso meteorico.

1.3 Valutazione delle portate di piena

Per la valutazione della portata al colmo di piena si è applicata, come sopra accennato, un'analisi di tipo indiretto basata sull'impiego di un modello afflussi/deflussi. Infatti per bacini di modeste dimensioni, come quelli in esame, un modello di tipo cinematico comunemente utilizzato è quello che fa riferimento al "metodo della corrivazione".

Tale metodo viene applicato nell'ipotesi che la durata critica di pioggia dell'intero bacino coincida con il suo tempo di corrivazione t_c , pertanto la portata al colmo di piena, per assegnato periodo di ritorno, sarà fornita da:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot A \cdot h_{d,T}}{3.6 \cdot t_c} \quad (10)$$

in cui risulta:

- Q_T = portata di piena relativa ad un assegnato periodo di ritorno (m^3/s);
- φ = coefficiente d'afflusso;
- $h_{d,T}$ = altezza di pioggia massima annuale di durata d e periodo di ritorno T (mm);
- A = superficie del bacino (Km^2);
- t_c = tempo di corrivazione espresso (ore).

Il tempo di corrivazione t_c viene usualmente stimato attraverso la formula del Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{z_m - z_o}} \quad (11)$$

dove:

- A = superficie del bacino in Km²;
- L = lunghezza dell'asta principale del bacino in Km;
- z_m = quota media del bacino (definita attraverso la curva ipsografica);
- z_o = quota della sezione di chiusura.

In definitiva, per assegnato periodo di ritorno T, applicando la (10) e' possibile ricavare per il bacino in esame il valore della portata al colmo Q_T . per il periodo di ritorno T pari a 100 anni.

Dai calcoli idrologici si evince che i valori di portata ottenuti per i periodi di ritorno considerati non sono modesti; in particolare si ha:

Lagno di Sasso-Matierno

$$Q_{100} = 32,87 \text{ mc/sec}$$

Vallone Veterale

$$Q_{100} = 11,2 \text{ mc/sec}$$

Ovvero, in veste tabellare:

Bacino	Sasso	Matierno	Veterale
S [kmq]	8,33	2,21	0,984
L [km]	5,00	2,94	1,27
Q_{med} [m.s.l.m.]	452	619	405
Q_o [m.s.l.m.]	105	150	100
t_c [ore]	1,30	1,06	0,521
t_c [s]	4.680	3816	1875
Q_{100} [mc/s]	24,12	8,75	6,2

Tabella 2 - Parametri idraulici bacini

1.4 Stima dei volumi mobilizzabili

La valutazione della pericolosità idraulica in aree di conoide esposte ad eventi di colata detritico-fangosa richiede, in via preliminare, la stima di alcuni parametri fondamentali che possono

caratterizzare l'evento, oltre che una scrupolosa attività di campo, consistente nella raccolta della necessaria documentazione tecnica e delle indagini in sito.

In via più specifica, gli elementi necessari ad effettuare un adeguato studio dei fenomeni in esame possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- magnitudo dell'evento, ovvero volume mobilitabile;
- fangogramma della colata;
- modellazione dei flussi di colata (flussi iperconcentrati), finalizzata alla valutazione dei percorsi di propagazione ed alla conseguente perimetrazione delle aree soggette a pericolo di invasione.

Il volume mobilitabile (magnitudo dell'evento) è una grandezza che va intesa come il limite superiore del volume potenzialmente coinvolto in un evento di colata. Tale volume si compone generalmente di due aliquote:

- volume proveniente dai versanti del bacino di alimentazione sotteso dalla sezione di interesse;
- volume eventualmente mobilitato durante l'evento per effetto del trasporto innescato dalla colata lungo il suo percorso all'interno delle incisioni.

La letteratura tecnico-scientifica fornisce alcune indicazioni sulle procedure di stima del volume mobilitabile che, come è noto, dipende da molteplici parametri legati alla natura geologica, geotecnica ed idraulica dei versanti interessati.

Nel valutare i volumi movimentabili, si è fatto riferimento alla metodologia definita dal Piano di Assetto Idrogeologico ed. 2010 dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania.

Per valutare il potenziale di invasione nell'ambito del bacino del Lagno di Sasso, dalla carta della suscettibilità all'innescamento da frana si evince che le uniche frane possibili sono quelle di versante e non quelle di tipo incanalato; pertanto, ai fini della valutazione dell'area potenzialmente movimentabile, a vantaggio di sicurezza, si è considerata la parte considerata ad alta suscettibilità all'innescamento (delimitata nella figura seguente) da frana, posta altimetricamente nella zona più prossima all'alveo; ciò sia per il Vallone Materno che per il Lagno di Sasso.

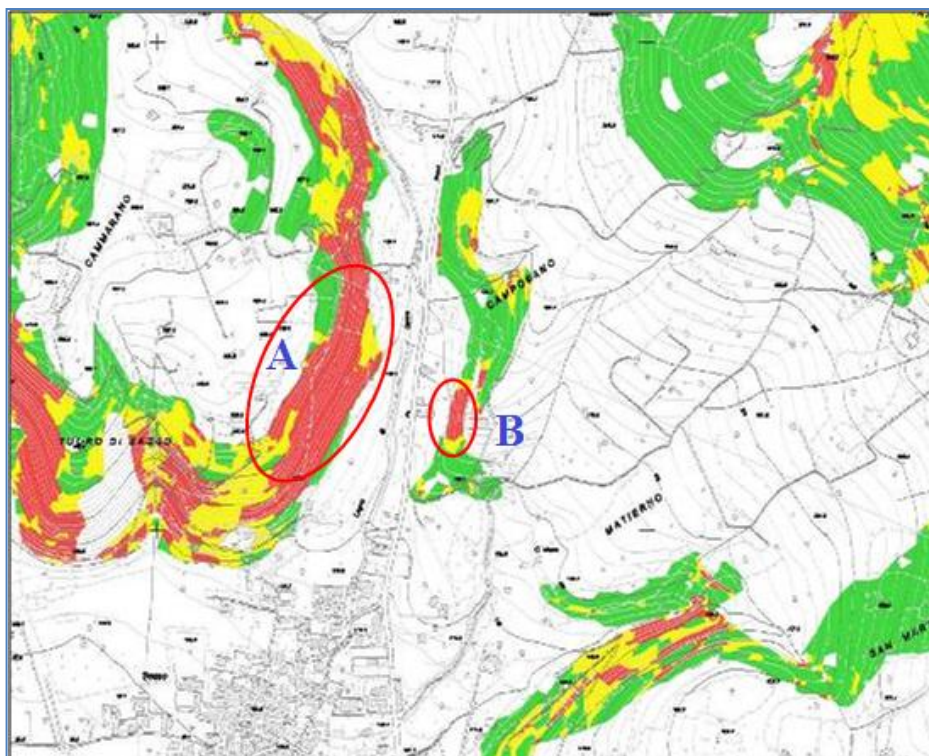


Figura 3 - carta della suscettibilità all'innescio da frana

Il versante presenta elevate acclività ed è suscettibile all'innescio di scorrimenti-colate rapide, ed è caratterizzato da coperture detritico-piroclastiche di spessori ricadenti nell'intervallo 0.5-2 m.

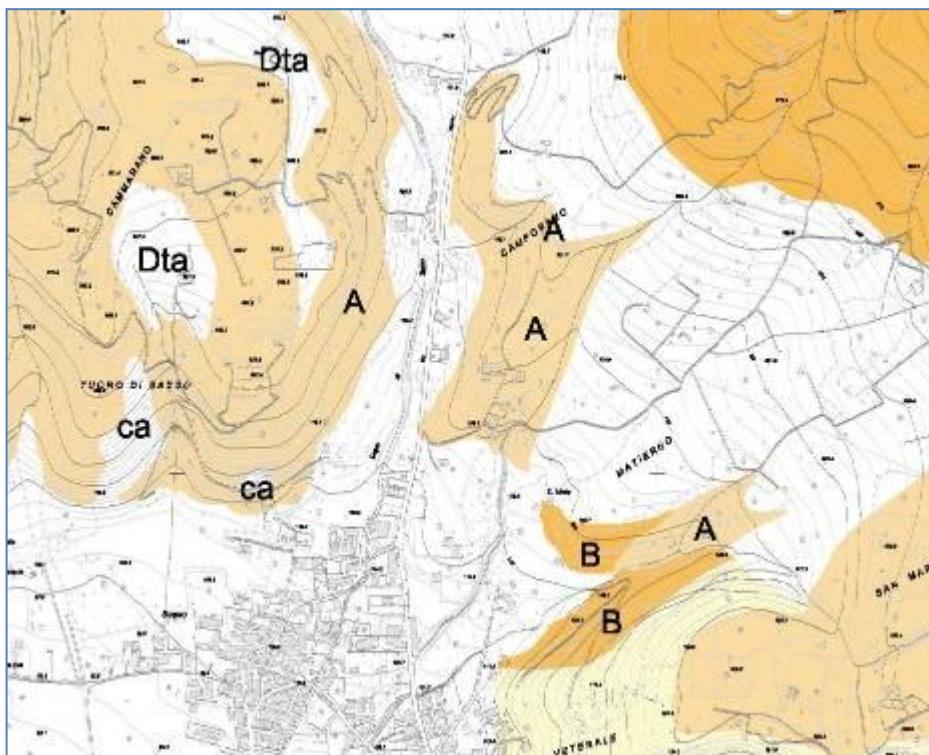


Figura 4 - Carta delle coperture

In questo modo, dalla carta della suscettibilità all'innescò per il Lago di Sasso – sottobacino A (vedasi Figura 3) si è stimata un'area in frana pari a circa **38.000 mq**, mentre per il sottobacino B (vedasi Figura 3) è pari a circa **7.000 mq**.

Dopo aver definito la potenziale area in frana si è stimato il volume movimentabile, tenendo conto dello spessore delle coltri presenti sul versante.

La carta degli spessori mostra, in generale, coperture variabili tra i 0,5–2 m, pertanto, si è assunto un valore medio pari a 1,25m.

Pertanto, assunti tali spessori e considerando le superfici movimentabili, i volumi mobilizzabili sono:

- **Lago di Sasso – Sottobacino A - W_c è pari a 47.500 mc**
- **Lago di Sasso – Sottobacino B - W_c è pari a 8.750 mc.**

Dati fangogramma lago di Sasso – zona A di Figura 3

Area di frana stimata: 38.000 mq

Spessore: 0,50 – 2,00m

Lo spessore medio è pari a 1,25 m

Il volume mobilizzabile W_c è pari a $38.000 \cdot 1.25 = 47.500$ mc

Al fine della determinazione della portata di fango (a vantaggio di sicurezza) si riduce del 30% il tempo di corrvazione aumentando, quindi la portata Q_c che vale:

$$Q_c = W_c / (0.7 \cdot t_c) = 47.500 / (0.7 \cdot 4.680) = 14,50 \text{ mc/s}$$

La portata massima di fango sarà, quindi, somma della portata idrologica e dell'apporto di materiale solido ovvero:

$$Q_{\text{fagno}} = Q_{\text{idr}} + Q_c = 32,87 + 14,50 = 47,37 \text{ mc/s}$$

La concentrazione di materiale solido (C_v) risulta, pertanto, pari a 0,30.

Dati fangogramma lagno di Sasso – zona B di Figura 3

Area di frana stimata: 7.000 mq

Spessore: 0,50 – 2,00m

Lo spessore medio è pari a 1,25 m

Il volume mobilizzabile W_c è pari a $7.000 \cdot 1.25 = 8.750$ mc

Al fine della determinazione della portata di fango (a vantaggio di sicurezza) si riduce del 30% il tempo di corrivazione aumentando, quindi la portata Q_c che vale:

$$Q_c = W_c / (0.7 \cdot t_c) = 8.750 / (0.7 \cdot 2.592) = 4,82 \text{ mc/s}$$

La portata massima di fango sarà, quindi, somma della portata idrologica e dell'apporto di materiale solido ovvero:

$$Q_{\text{fagno}} = Q_{\text{idr}} + Q_c = 11,20 + 4,82 = 16,02 \text{ mc/s}$$

La concentrazione di materiale solido (C_v) risulta, pertanto, pari a 0,30.

1.5 Fangogramma della colata

Di particolare interesse ai fini dello studio della pericolosità idraulica risulta essere la definizione della modalità secondo cui il volume mobilitabile W_c è distribuito nel corso di un evento di colata.

Si tratta, in estrema sintesi, di ipotizzare quale sia l'idrogramma che caratterizza una colata di volume assegnato pari appunto al volume mobilitabile.

Detta D_c la durata dell'evento di colata e $Q_{c,max}$ il massimo valore della portata della colata durante l'evento stesso, si tratta di valutare le possibili coppie di valori (D_c , $Q_{c,max}$) che forniscano un idrogramma della colata di volume pari a W_c . Non esistendo criteri univoci per la stima dei singoli parametri D_c e $Q_{c,max}$, è lecito assumere, come indicato nella **Relazione metodologica-pericolosità geologica e idraulica in aree di conoide** allegata al PSAI, in via cautelativa al fine di tener in conto le elevate velocità di propagazione del fronte di colata, che la durata D_c dell'evento di colata sia pari a due volte il tempo di corrivazione T_c del bacino idrografico sotteso ridotto del 30%, determinabile secondo le classiche formulazioni di natura idrologica. Pertanto, ipotizzando un idrogramma di tipo triangolare, di volume pari a W_c , l'unica incognita $Q_{c,max}$ può essere semplicemente calcolata mediante la relazione:

$$Q_{c\max} = \frac{Wc}{Tc} \quad (23)$$

Tale relazione, ovviamente, rapportando la grandezza Wc al parametro Tc , che per bacini di media estensione è dell'ordine dell'ora, fornisce valori di $Q_{c,max}$ che possono essere a volte di gran lunga superiori al valore della portata al colmo di acqua chiara del bacino stesso, ancorchè assunto per periodi di ritorno elevati.

Pertanto, con riferimento alla Tabella 2 dei parametri idrologici, risultano i seguenti valori dei tempi di corrivazione ridotti:

- **Lagno di Sasso-Matierno** t_c ridotto del 30% è pari a **0,91h**
- **Vallone Veterale** t_c ridotto del 30% è pari a **0,50h**.

Noti tali valori si è calcolata la portata al colmo della colata di fango:

- **Lagno di Sasso-Matierno** $Q_c = 47500/3276 = 14,50 \text{ mc/s}$
- **Vallone Veterale** $Q_c = 7000/1814 = 4,82 \text{ mc/s}$.

Sulla scorta delle suddette considerazioni, risulta, quindi, possibile stimare l'idrogramma della colata (talvolta anche denominato fangogramma) per l'area in esame esposta al rischio di colata.

Nella valutazione della portata complessiva $Q_{c,max}$, per il bacino in questione è lecito ritenere che sia inclusa anche la portata di "acqua chiara", derivata dall'afflusso meteorico concomitante alla colata fangosa. In conclusione, la portata al colmo di acqua chiara, non si può ritenere trascurabile rispetto al valore $Q_{c,max}$ che si ottiene a partire dai volumi mobilitabili stimati.

Pertanto il fangogramma di progetto è stato ottenuto utilizzando il volume complessivo pari al volume di "acqua chiara" derivato dall'afflusso meteorico e il volume derivante dalla "colata fangosa".

La portata complessiva (liquida+solida) è quella pari al periodo di ritorno $T=100$ anni ed è pari a:

- **Lagno di Sasso-Matierno** $Q_{mix} = 47,37 \text{ mc/s}$
- **Vallone Veterale** $Q_{mix} = 16,02 \text{ mc/s}$.

La modellazione è stata eseguita per periodi di ritorno $T= 100$ anni, come prevede il PSAI.

1.6 Confronto tra i volumi disponibili ed il volume mobilizzabile

I volumi delle zone A e B di Figura 3 (volumi mobilizzabili di cui alla carta della suscettibilità all'innesco) vengono computati separatamente al fine della definizione del volume mobilizzabile di progetto in quanto è da considerarsi molto remota la probabilità che si attivino entrambi e simultaneamente i due valloni (quelli della zona A e della zona B).

Si considera quindi un volume mobilizzabile massimo pari a quello del vallone A (circa sei volte quello del vallone B) ovvero pari a $W_m = 47.500$ mc.

La riattivazione della vasca esistente e la realizzazione della briglia frangi colata non potranno, ovviamente, inglobare l'intero volume derivante dal fangogramma ma comporteranno una riduzione dello stesso con conseguente diminuzione delle aree a diversa pericolosità.

La determinazione delle nuove aree a diversa pericolosità verrà effettuata attraverso un software di modellazione bidimensionale su mezzo viscoso utilizzando il DTM in scala 1:5.000 in sede di redazione del progetto definitivo.