



REGIONE CAMPANIA





COMUNE DI ROCCHETTA E CROCE
(Provincia di CASERTA)

**Messa in sicurezza di parte del territorio comunale
da fenomeni di dissesto idrogeologico**

CUP B77C20000080001 CIG: 8633848CC0

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE IDROLOGICA, DI COMPATIBILITA'
E DI VERIFICA IDRAULICA**

**Tavola n.
37**

DATA : Ottobre 2023

AGGIORNAMENTO :

SCALA:

Il Progettista R.T.P.

(Ing. Michele Izzo)
(capogruppo)



(arch. Domenico Di Domenico)

(Geol. Raffaele Pensiero)

Visto: II RUP
(Geom. Raffaele Della Gatta)

Sommario

1. Premessa	1
2. Ubicazione dell'area	2
3. Studio idrologico	3
3.1 Valutazione del fattore regionale di crescita	3
3.2 Valutazione della piena media annua $m(Q)$	4
3.2.1 Il modello geomorfoclimatico (Ipotesi di base)	4
3.2.2 Caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici	5
3.2.3 La legge di probabilità pluviometrica areale	6
3.3 Metodo cinematico o della corrivazione	9
3.4 Valutazione della portata idraulica nel sistema di drenaggio	10
4. Valutazione della portata di piena	11
5. Dimensionamento e verifica del canale di scarico	15
6. Dimensionamento e verifica attraversamento	17
7. Conclusioni	19

1. Premessa

Obiettivo delle analisi idrologiche di seguito illustrate è la valutazione delle portate al colmo di piena che possono defluire con assegnata probabilità di superamento. In particolare, tale studio ha lo scopo di verificare le opere di regimentazione delle acque superficiali e la verifica idraulica degli interventi di progetto. L'obiettivo principale dei successivi paragrafi, quindi, è di valutare le portate al colmo di piena Q_T che defluiranno nel reticolo idrografico, in seguito ad eventi meteorici caratterizzati da un determinato periodo di ritorno T , cioè il numero medio di anni che bisogna mediamente attendere prima che si verifichi un insuccesso. In modo più specifico, è possibile valutare il valore di Q_T stimabile attraverso la relazione:

$$Q_T = \xi_Q * K_T$$

dove:

- ξ_Q è un parametro centrale della distribuzione di probabilità della variabile idrologica Q_T (ad esempio: la media, la mediana, il valore modale, etc.);
- K_T è un coefficiente amplificativo, denominato coefficiente di crescita col periodo di ritorno T , che dipende, per una data regione omogenea rispetto alle portate al colmo di piena, solo dal particolare modello probabilistico adottato e dallo specifico parametro ξ_Q preso a riferimento espresso dalla relazione:

$$K_T = K_T (T)$$

La valutazione del parametro ξ_Q va effettuata tenendo conto, soprattutto, delle peculiarità proprie dello specifico bacino preso in esame e quindi di dati misurati utilizzando una metodologia di calcolo tecnico basata sull'accoppiamento di un adeguato modello di trasformazione afflussi/deflussi con un processo di massimizzazione (approccio variazionale).

Per il calcolo di K_T si è fatto riferimento alla metodologia utilizzata su scala nazionale dal progetto **VAPI** del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI).

2. Ubicazione dell'area

L'area in esame si colloca nel Comune di Rocchetta e Croce (CE), in particolare nella frazione di Val d'Assano, con un'altitudine media di circa 300 m.s.l.m. La zona si presenta prevalentemente montuosa, con quote massime superiori ai 400. Di seguito, nella Figura 1, viene riportata la georeferenziazione dei confini amministrativi del comune di Rocchetta e Croce.



Figura 1 - Limiti amministrativi Rocchetta e Croce

L'area di intervento è evidenziata da un cerchio rosso e di seguito, nella Figura 2, è riportato uno zoom della suddetta area:



Figura 2 - Zoom area di intervento

Nella Figura 2 sono state individuate le sezioni di chiusura (asterisco giallo) da valutare.

3. Studio idrologico

Lo studio idrologico è qui finalizzato alla determinazione della portata al colmo dell'idrogramma di piena causato da una precipitazione assegnata (con dato tempo di ritorno). La stima dei massimi istantanei di una variabile aleatoria (altezza di pioggia, intensità di pioggia, portata di piena, etc.) corrispondenti ad assegnati valori del periodo di ritorno T può essere effettuata attraverso una metodologia di tipo probabilistico con diversi tipi di approcci. Tra questi, sono spesso utilizzati il modello di Gumbel e il modello T.C.E.V. Il modello T.C.E.V. (Two Components Extreme Value). Di fatto, il modello T.C.E.V. che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari), che risulta maggiormente rispondente alle esigenze di un'attenta valutazione delle altezze di pioggia o delle portate al colmo di piena che possono defluire nei tronchi di un corso d'acqua. Esso costituisce una generalizzazione del modello di Gumbel e risulta, infatti, costituito dal prodotto di due leggi di Gumbel, la prima delle quali destinata ad interpretare e descrivere, in chiave probabilistica, i massimi valori ordinari e, la seconda, quelli straordinari (aventi, secondo il classico modello di Gumbel, una probabilità di superamento inferiore del 5% e, quindi, tali da potersi ritenere eccezionali).

3.1 Valutazione del fattore regionale di crescita

Nell'ambito del Progetto VAPI del G.N.D.C.I./C.N.R. il territorio nazionale è stato suddiviso in aree idrologicamente omogenee, caratterizzate pertanto da un'unica distribuzione di probabilità delle piene annuali rapportate al valore medio (legge regionale di crescita con il periodo di ritorno $K_T(T)$). Occorre, a questo punto, individuare il tipo di distribuzione probabilistica che meglio interpreti la grandezza idrologica e procedere alla determinazione dei suoi parametri. L'adozione della distribuzione T.C.E.V. è fondata sull'ipotesi che agiscano due meccanismi differenti che generano eventi pluviometrici tra loro indipendenti: I risultati sono stati ottenuti sotto forma di una relazione tra K_T e T esplicitata come:

- i primi, definiti appartenenti alla componente ordinaria o di base, risultano più frequenti ma con valori delle altezze di pioggia mediamente meno elevati;
- i secondi, appartenenti alla componente straordinaria, risultano meno frequenti ma con valori delle altezze di pioggia mediamente più elevati.

Si riportano nel seguito gli aspetti applicativi da seguire per determinare la legge di crescita. Indicati con:

- $K_T = ht/\mu t$ la variabile standardizzata, definita come rapporto tra il massimo annuale dell'altezza di pioggia ht , di durata t , e il suo valore medio μt ;
- T il periodo di ritorno espresso in anni;
- K_T il valore assunto dalla variabile standardizzata kt per assegnato periodo di ritorno T , indicato come fattore di crescita;

I risultati sono stati ottenuti sotto forma di una relazione tra K_T e T esplicitata come:

$$T = \frac{1}{1 - F\{K_T\}} = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta K_T} - \Lambda^* \cdot \Lambda_1^{1/\theta^*} \cdot e^{-\eta K_T/\theta^*})}$$

In cui $\Lambda_1, \eta, \Lambda^* = \Lambda_2/\Lambda_1^{1/\theta^*}, \theta^* = \theta_2/\theta_1$, sono i parametri della distribuzione.

Dove Λ_1 e Λ_2 rappresentano il numero medio anno di eventi pluviometrici indipendenti, rispettivamente, alla componente base e straordinaria e θ_1 e θ_2 rappresentano il valore medio dell'altezza di pioggia di durata t , per le componenti base e straordinaria.

Per la valutazione dei parametri Λ^* e θ^* , il metodo di regionalizzazione proposto dal programma VAPI (Valutazione delle Piene in Campania) considera tre livelli individuando:

- al primo livello, regioni omogenee rispetto ai parametri Λ^* e θ^* ;
- al secondo livello, zone omogenee anche rispetto al parametro Λ_1 ;
- al terzo livello, sottozone omogenee rispetto alla dipendenza della media μ_t da alcuni fattori locali (quota, distanza dal mare, orientamento dei versanti, ecc.).

I parametri ottenuti per l'intera Regione Campania sono riportati nella tabella seguente:

θ^*	Λ^*	Λ_1	η
2.136	0.224	41	4.688

Di seguito si riportano i valori del fattore di crescita K_T , per prefissato tempo di ritorno T:

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T	0.93	1.22	1.43	1.65	1.73	1.90	1.98	2.26	2.55	2.95	3.26

3.2 Valutazione della piena media annua $m(Q)$

La piena media annua $m(Q)$ è caratterizzata da una elevata variabilità spaziale che può essere spiegata, almeno in parte, ricorrendo a fattori climatici e geomorfologici. È dunque in genere necessario ricostruire modelli che consentano di mettere in relazione $m(Q)$ con i valori assunti da grandezze caratteristiche del bacino. Mancando dati di misura di portata nelle sezioni di interesse, il calcolo della portata media annua al colmo di piena è stato effettuato in via indiretta, in accordo con la metodologia proposta dal VAPI, a partire dalle precipitazioni intense e in particolare con il "modello geomorfoclimatico", stimando $m(Q)$ come una frazione della massima intensità di pioggia che può verificarsi sul bacino dipendente dalle caratteristiche geomorfologiche dello stesso.

3.2.1 Il modello geomorfoclimatico (Ipotesi di base)

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino:

- Sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace";
- Nella rete idrografica, l'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per il calcolo delle portate al colmo di piena, si procede dapprima al calcolo dell'altezza di pioggia in funzione del tempo di ritorno hT , considerando come durata di pioggia il tempo di corrivazione dei bacini idrografici di seguito descritti. Il calcolo della portata al colmo di piena avviene secondo la Formula Razionale:

$$m(Q) = \frac{C_f \cdot q \cdot m[I_A(t_r)] \cdot A}{3.6}$$

in cui

- t_r = tempo di ritardo del bacino, in ore (definito come intervallo temporale che intercorre tra il baricentro del pluviogramma e quello dell'idrogramma corrispondente);
- C_f = coefficiente di deflusso, caratteristico del bacino;
- $m(I_A(t_r))$ = media del massimo annuale dell'intensità di pioggia areale di durata pari al tempo di ritardo t_r del bacino, in mm/ora;
- A = area del bacino, in km²;
- q = coefficiente di attenuazione del colmo di piena.

Seguendo l'approccio sopra definito, per lo studio del bacino e per valutare la media dei massimi annuali della portata al colmo di piena $m(Q)$, risulta in definitiva necessario:

- determinare le caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici;
- definire la legge di probabilità pluviometrica areale $m(I_A(d))$;
- calcolare i parametri del modello geomorfoclimatico C_f e t_r .

3.2.2 Caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici

Ogni bacino è caratterizzato morfologicamente ed altimetricamente attraverso la definizione di una serie di grandezze. Precisamente sono state considerate le seguenti caratteristiche geometriche:

- la superficie del bacino;
- la lunghezza dell'asta principale;
- la quota minima coincidente con la sezione di chiusura del bacino;
- l'altitudine massima del bacino riferita al livello medio del mare;
- l'altitudine media, definita come il valore medio della curva ipsografica.

Queste caratteristiche geomorfometriche sono necessarie per andare a individuare il tempo di corrivazione del bacino, cioè il tempo che mediamente il bacino impiega per partecipare interamente alla formazione della piena verso la sezione di chiusura. In particolare, in questo studio, è stata utilizzata la formula di Giandotti, riportata di seguito, per determinare questa grandezza fondamentale per lo studio idrologico:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - h_0}}$$

3.2.3 La legge di probabilità pluviometrica areale

La legge di probabilità pluviometrica areale consente di conoscere come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia $m(h_A(d))$ in funzione della durata d e dell'area del bacino A . Nota la legge $m(h_A(d))$, è possibile definire la media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia areale come:

$$m[I_A(d)] = m[h_A(d)] / d$$

Per la stima della legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}}$$

media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata, il Rapporto VAPI Campania fa sostanzialmente riferimento a leggi a quattro parametri del tipo:

in cui $m(I_0)$ rappresenta il limite dell'intensità di pioggia per d che tende a 0.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri della suddetta legge sono stati determinati, per sei aree ritenute omogenee dal punto di vista pluviometrico, attraverso una procedura di stima regionale utilizzando i dati di 44 stazioni pluviografiche con più di 10 anni di osservazioni, come riportato nella Tabella 1, riportata sotto:

Area omogenea	n. stazioni	$m(I_0)$ (mm/ora)	d_c (ore)	C	$D \cdot 10^5$	ρ^2
1	14	77.08	0.3661	0.7995	3.6077	0.9994
2	12	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	5	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	3	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	6	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	4	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969

Tabella 1 - Parametri legge di pioggia

Nella Figura 3, riportata sotto, sono evidenziate le aree omogenee in cui è stata divisa la regione Campania:

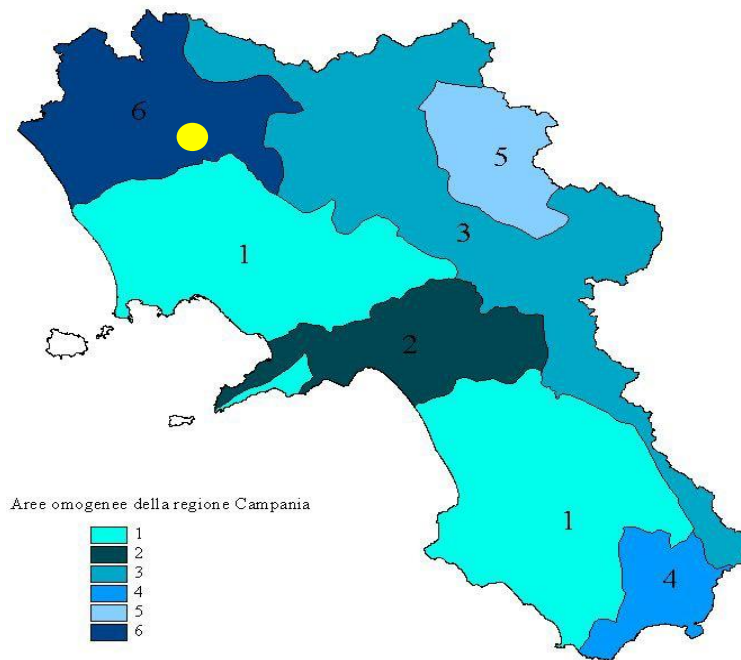


Figura 3 - Aree omogenee Campania

Nel caso specifico di questo studio, dove si valutano le portate di piena dei bacini individuati nella frazione Val d'Assano del Comune di Rocchetta e Croce (CE), la zona di interesse è la numero 6. Individuata la zona è stato possibile costruire la curva di probabilità pluviometrica, che viene riportata nel Grafico 1:

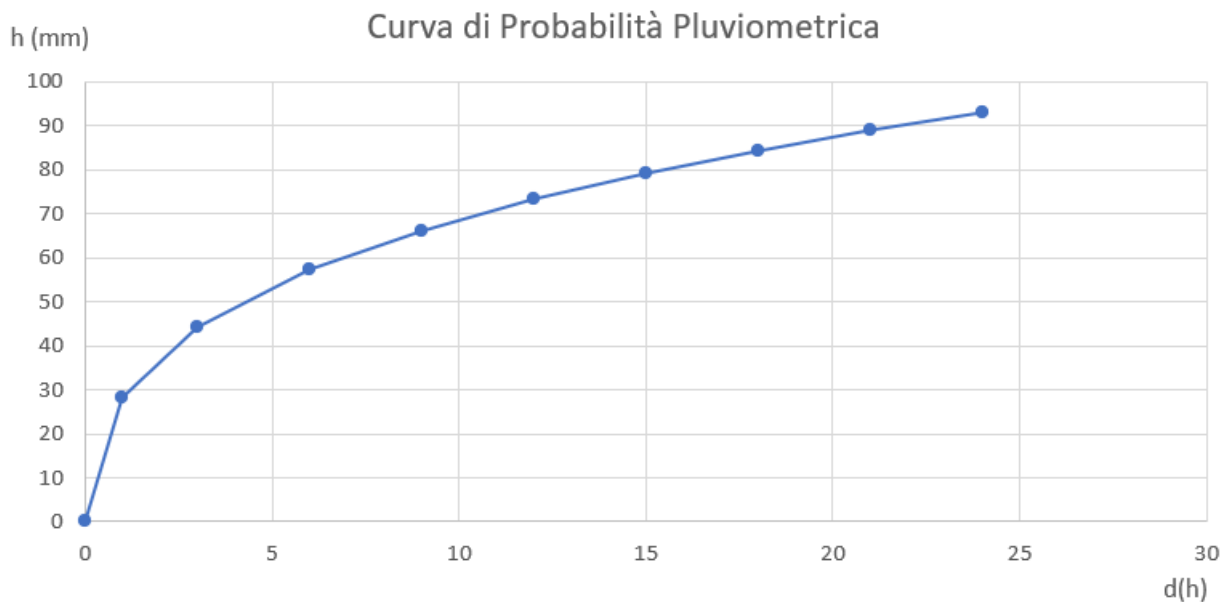


Grafico 1 - Curva di probabilità pluviometrica

Per tenere, invece, conto del fattore di riduzione areale si applica la seguente formula:

$$K_A(d) = 1 - \left[(1 - \exp(-c_1 \cdot A)) \cdot \exp(-c_2 \cdot d^{c_3}) \right]$$

con:

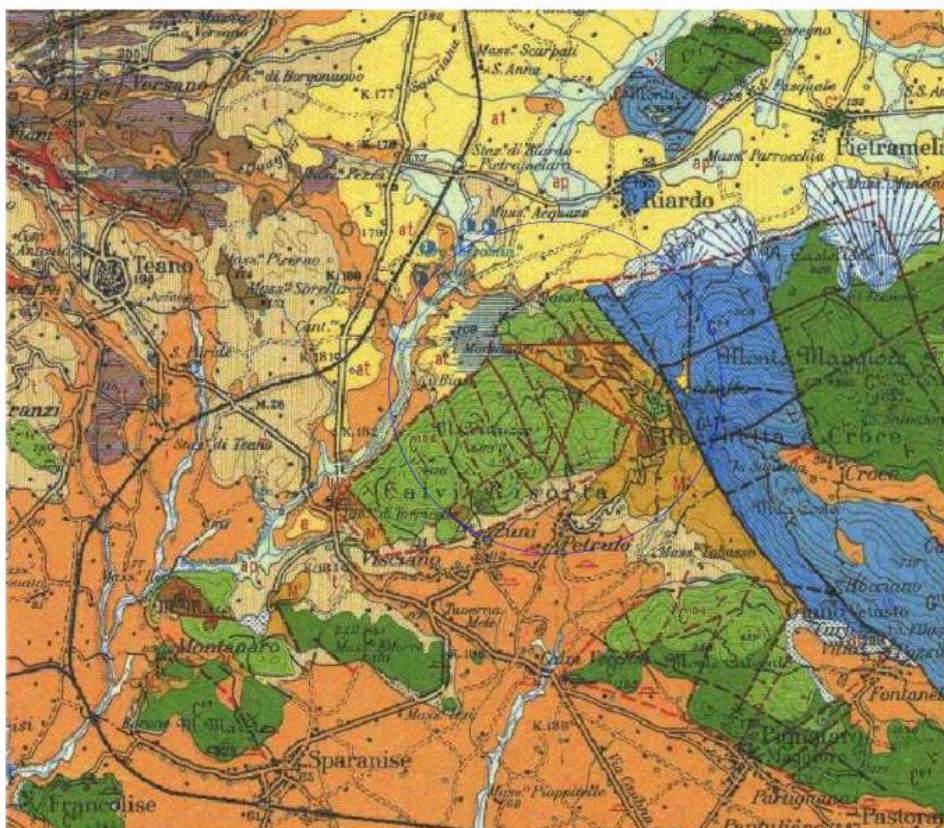
- A = area del bacino, in km²;
- c₁ = 0.0021;
- c₂ = 0.53;
- c₃ = 0.25;

Per i bacini molto piccoli K_A è praticamente pari ad 1.

Altra considerazione va posta nei confronti del coefficiente di afflusso C_f che fornisce l'aliquota di pioggia meteorica che ruscellando superficialmente termina nella rete idrografica; la scelta di tale coefficiente risulta notevolmente difficoltosa perché dipende dall'orografia del bacino, dalla natura dei terreni che lo costituiscono e da altri molteplici fattori senza tenere poi conto che varia con il grado di umidità del terreno e quindi varia durante l'evento di pioggia.

Il coefficiente di deflusso di un bacino imbrifero assume sempre valori inferiori all'unità; esso dipende da diversi parametri quali: il grado di saturazione del suolo, la natura e la porosità del terreno, la presenza o meno di vegetazione o di aree urbane, l'intensità e la durata dell'evento piovoso e di solito viene assunto in via cautelativa pari 0.60 – 0.50 in modo da garantire in esercizio, senza problemi operativi, lo smaltimento della massima piena per tutta la vita utile dell'opera. Nel caso specifico essendo in presenza di calcari, verrà utilizzato un coefficiente di deflusso pari a 0.5.

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
FOGLIO N° 172 CASERTA



3.3 Metodo cinematico o della corrivazione

Per la progettazione e la verifica del sistema di drenaggio si è fatto riferimento al metodo della corrivazione.

Il metodo della corrivazione tiene conto soltanto del fenomeno del ritardo, inteso come il tempo necessario al trasferimento dei volumi di acqua che cadono nei vari punti dell'area colante fino alla sezione di chiusura del collettore. Esso si basa sulle seguenti ipotesi:

- La formazione della piena è dovuta solo al trasferimento di volumi d'acqua all'interno del bacino;
- Ogni goccia di pioggia che cade sulla superficie segue un percorso invariabile nel tempo e che dipende solo dal punto in cui essa è caduta;
- La velocità con cui la goccia si muove lungo la superficie non è influenzata dalla presenza di altre gocce;
- La portata nella sezione di chiusura in un dato istante è data dalla somma delle portate elementari, provenienti dalle diverse parti del bacino, che pervengono alla sezione di chiusura in quell'istante.

Le suddette ipotesi equivalgono ad assumere la linearità del modello. Il tempo t_c impiegato da una goccia a raggiungere, dal punto in cui cade, la sezione di chiusura viene detto tempo di corrivazione. Si definisce tempo di corrivazione dell'area scolante T_c il massimo tra i tempi di corrivazione di tutti i punti dell'area colante.

Le ipotesi precedenti possono essere così sintetizzate:

- Il funzionamento dei collettori è autonomo, si trascurano quindi eventuali rigurgiti indotti sui singoli rami da parte dei collettori che seguono a valle;
- Il deflusso dei singoli rami avviene in condizioni di moto uniforme;
- Il comportamento della rete nel suo complesso è sincrono, cioè si ipotizza che i diversi collettori raggiungono contemporaneamente il valore massimo di portata.

Poiché la portata massima si ottiene normalmente per pioggia di durata pari al tempo di corrivazione si ha che la portata a colmo della piena critica sarà data da:

$$Q = \phi i S / 360 \text{ (FORMULA RAZIONALE)}$$

Con:

- Q = portata al colmo di piena (m^3/s)
- ϕ = valore del coefficiente di afflusso medio del bacino
- i = l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (mm/h)
- S = superficie del bacino (ha)

Il tempo di corrivazione può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fino alla sezione di chiusura considerata. In particolare, dopo aver individuato la rete sottesa dalla sezione di chiusura ed aver delimitato i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete, per individuare il tempo di corrivazione si deve far riferimento alla somma:

$$T_c = T_r + T_p = T_r + \frac{L}{V}$$

- T_r = tempo di ruscellamento o tempo d'accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dal condotto posto all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo. Tale tempo dipende dall'estensione dell'area colante, dalla sua pendenza, dalla eventuale presenza di opere di drenaggio secondarie (caditoie stradali, fognoli, pluviali ecc..). Solitamente si assume un valore compreso tra i 5 ed i 10 minuti; valori più bassi per aree meno estese e di maggiore pendenza e valori più alti nei casi opposti.
- T_p = tempo di percorrenza o tempo di rete. Tale tempo è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete.

3.4 Valutazione della portata idraulica nel sistema di drenaggio

La valutazione della portata idraulica nel sistema di drenaggio viene eseguita utilizzando la formula di Chézy, ipotizzando quindi condizioni di moto uniforme. L'espressione è la seguente:

$$Q = A \cdot X \sqrt{Ri}$$

$$X = cR^{1/6}$$

con: Q = la portata defluente [m^3/s], c = coefficiente di scabrezza di Strickler [$m^{1/3} s^{-1}$], R = raggio idraulico [m] e i = pendenza del fondo [m/m]. Il raggio idraulico R [m] è dato dal rapporto tra A = area bagnata [m^2] e P = contorno bagnato [m].

Nota la geometria della sezione trasversale e la pendenza del fondo è possibile, una volta definito il coefficiente di scabrezza, determinare la portata defluente in funzione del tirante idrico considerato. La capacità idraulica massima della sezione si ottiene assumendo il tirante idrico pari alla profondità della sezione analizzata.

4. Valutazione della portata di piena

Per la modellazione idraulica di ciascun bacino si è considerato il tempo di corrivazione che comporta la maggiore portata al colmo di piena con tempo di ritorno 100 anni, come indicato nel “Piano Stralcio per l’Assetto idrogeologico – Rischio Idraulico”. L’individuazione dei bacini idrografici è stata condotta, implementando il software georeferenziato QGis, sulla base del DEM a 10 metri che copre l’intero territorio nazionale, messo a disposizione dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Di seguito, nella Figura 4, viene riportata la vista dall’alto dei bacini idrografici modellati, in funzione delle sezioni di chiusura (indicate in giallo) individuate per lo studio idrologico:

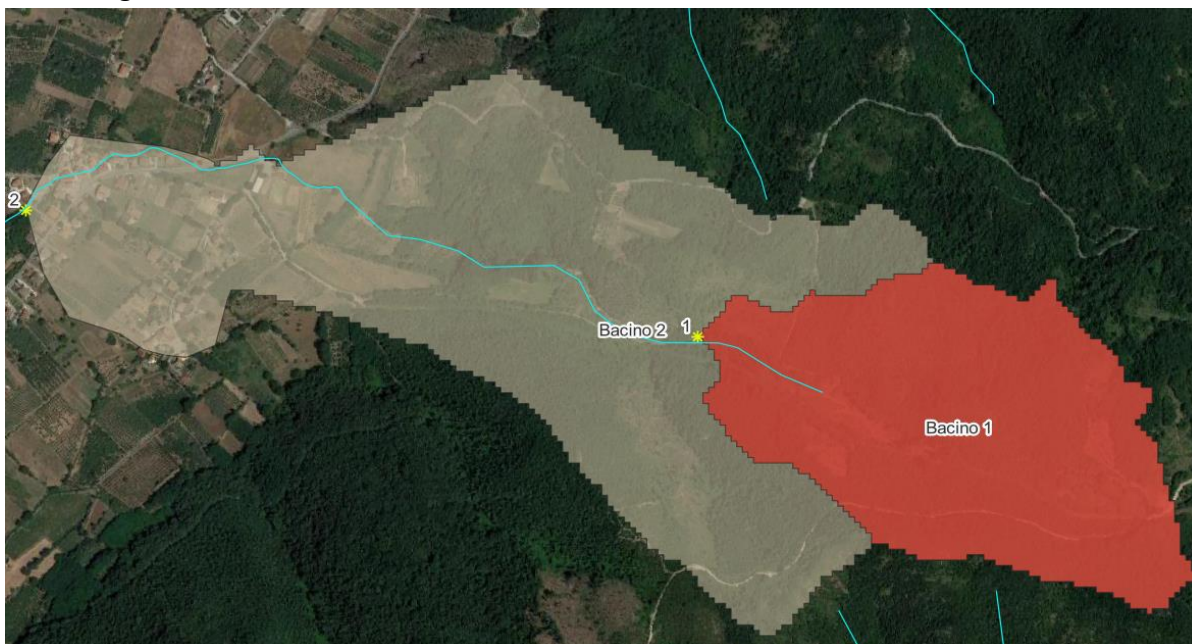


Figura 4 - Bacini idrografici

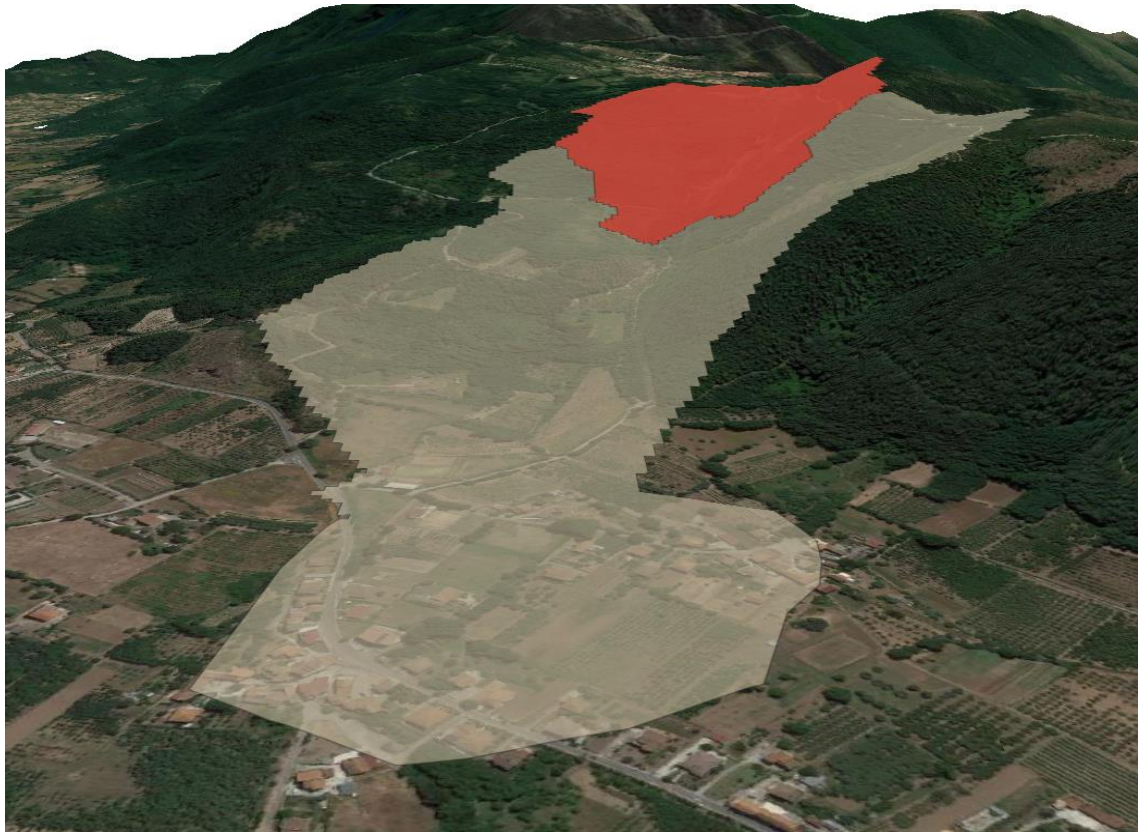


Figura 6 - Bacini idrografici 3D

Il Bacino 2 comprende il Bacino 1 e anche una parte del centro urbano di Val d'Assano, ed è stato valutato per il dimensionamento di un canale di scarico delle acque meteoriche, in sostituzione del canale esistente fortemente ammalorato, che andrà a raccogliere e smaltire la portata in sicurezza in un alveo secondario del reticolo idrografico, che sfocia nel torrente Savone di Assano, di seguito inquadrato nell'IGM:

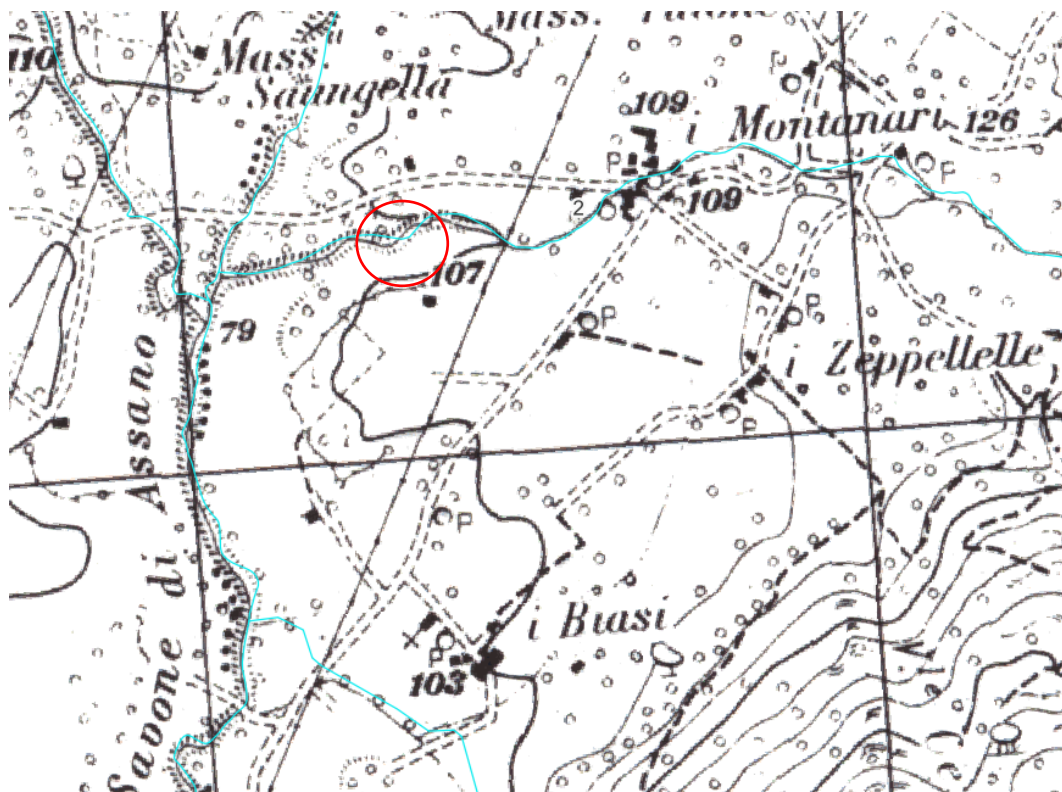


Figura 5 - Inquadramento IGM

Le acque di ruscellamento vengono convogliate nello scatolare ammalorato che attraversa località Montanari, indicato di seguito in verde.

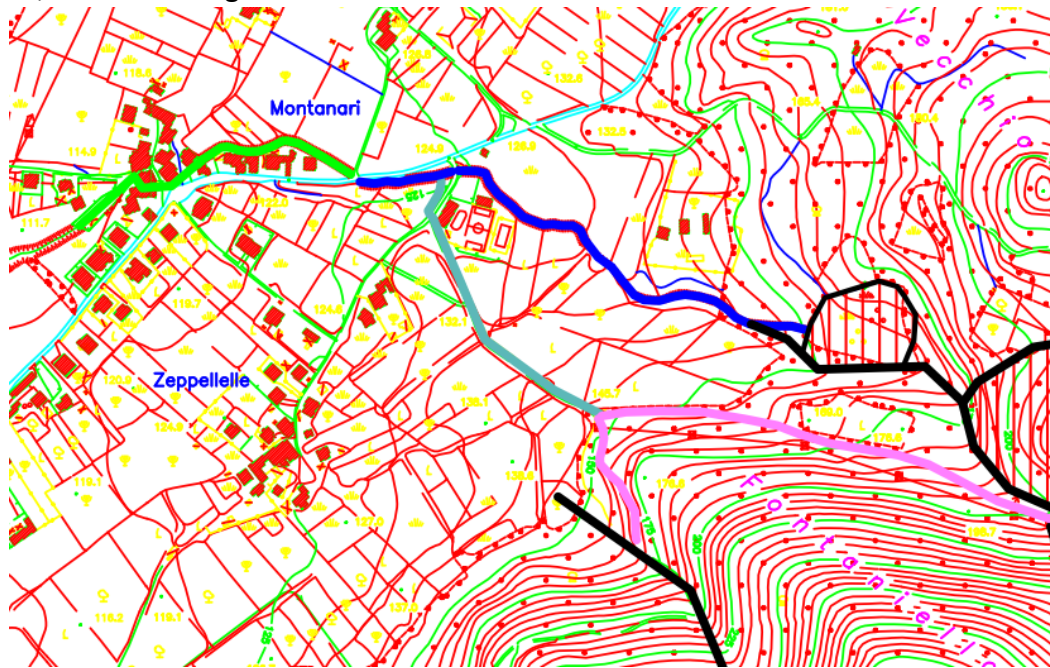


Figura 7 - Ubicazione canale

Nel corso dei rilevamenti, è stato ispezionato per un buon tratto la parte iniziale dello scatolare e più precisamente dalla zona di attraversamento della sede stradale fino alla zona in cui la parete in destra orografica è franata. Di seguito si riportano le foto da cui si evince che anche la parete in sinistra orografica è in fase di collasso.



Figura 8 - Crollo parete in sinistra idraulica



Figura 9 - Inizio collasso parete in sinistra idraulica

Contestualmente, al fine di dimensionare un nuovo attraversamento stradale, nei pressi della sezione di chiusura 1, è stato individuato il Bacino 1 che è la porzione più a monte del Bacino 2. Il contributo del Bacino 1 è stato valutato separatamente, per poter smaltire in sicurezza le acque meteoriche, che vengono convogliate in quella sezione.

Tramite il metodo VAPI è stata stimata la massima portata al colmo ovvero della massima pioggia corrispondente ad un prefissato tempo di ritorno, pari a 100 anni e per un tempo di pioggia fissato pari al tempo di corrivazione, in modo tale da considerare che tutto il bacino contribuisca alla formazione della piena e quindi porsi in condizioni cautelativa. Queste grandezze temporali rappresentano degli elementi indispensabile per poter procedere ad un corretto programma di interventi per la difesa fluviale, nella Tabella 2 seguente vengono riportate le caratteristiche dei bacini e la portata al colmo di piena:

	Bacino 1	Bacino 2
S (km ²)	0.35	1.03
L (m)	900	2000
h _{max} (m)	482	482
h _{min} (m)	209	109
h _{medio} (m)	359	261
Tc Giandotti (h)	0.38	0.72
Q_{T = 100 anni} (m³/s)	4.82	10.3

Tabella 2 - Caratteristiche bacini e portate di piena

5. Dimensionamento e verifica del canale di scarico

Al fine di raccogliere e smaltire l'acqua meteorica proveniente dal Bacino 2, verrà realizzato un nuovo canale di scarico grigliato, in sostituzione di quello fortemente ammalorato attualmente presente, in modo da poter convogliare l'acqua nel reticolo idrografico.

Il dimensionamento del canale di scarico è stato effettuato utilizzando la formula di moto uniforme espressa dall'equazione di Chezy. La portata lo scatolare deve smaltire è quella proveniente dal bacino individuato, con un tempo di ritorno pari a 100 anni, cioè pari a $10.3 \text{ m}^3/\text{s}$ di tutto il Bacino 2. La pendenza viene imposta pari al 3.5%, cioè pari alla pendenza del canale esistente e il coefficiente di scabrezza k_s (secondo di Strickler), assunto considerando la canaletta di uso corrente pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ a vantaggio di sicurezza.

base	sommità	Altezza	lato	i	c	A	P	R	X	Q
1.5	1.5	2	2.00	3.50%	80	3	5.50	0.55	72.31	29.97

Si impiegherà un canale scatolare in calcestruzzo armato prefabbricato rettangolare 1500 x 2000, in modo da poter raccogliere cautelativamente l'intera portata considerata, come riportato nel seguente particolare:

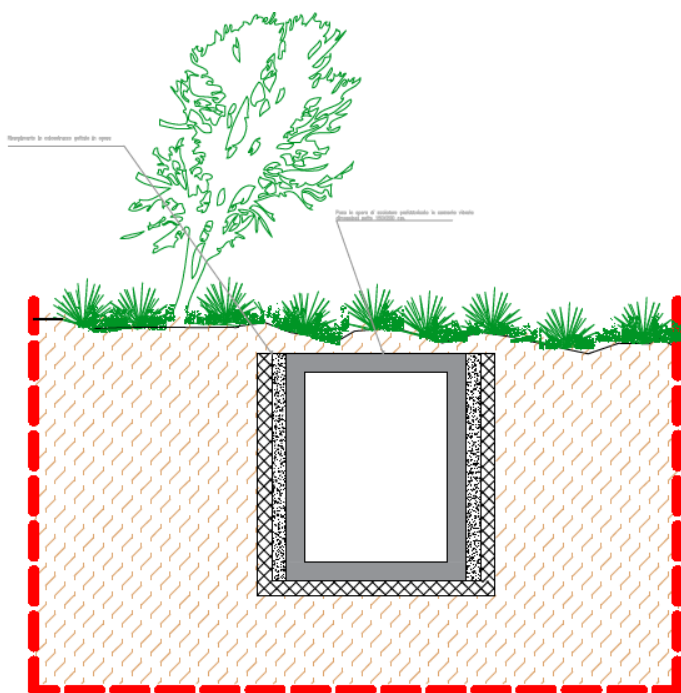


Figura 10 - Particolare scatolare

La verifica del canale dimensionato in precedenza è stata eseguita costruendo il modello di progetto in SVMM, andando a considerare che la portata del Bacino 2 venga convogliata nel nodo A, che è pari a circa $10.3 \text{ m}^3/\text{s}$, che sarà convogliata in uno scatolare in calcestruzzo armato di dimensioni 1500×2000 , indicato con C1, che scaricherà nel nodo 2, dal quale verrà convogliata nel reticolo idrografico. Nella Figura 11 viene riportato il modello di progetto:

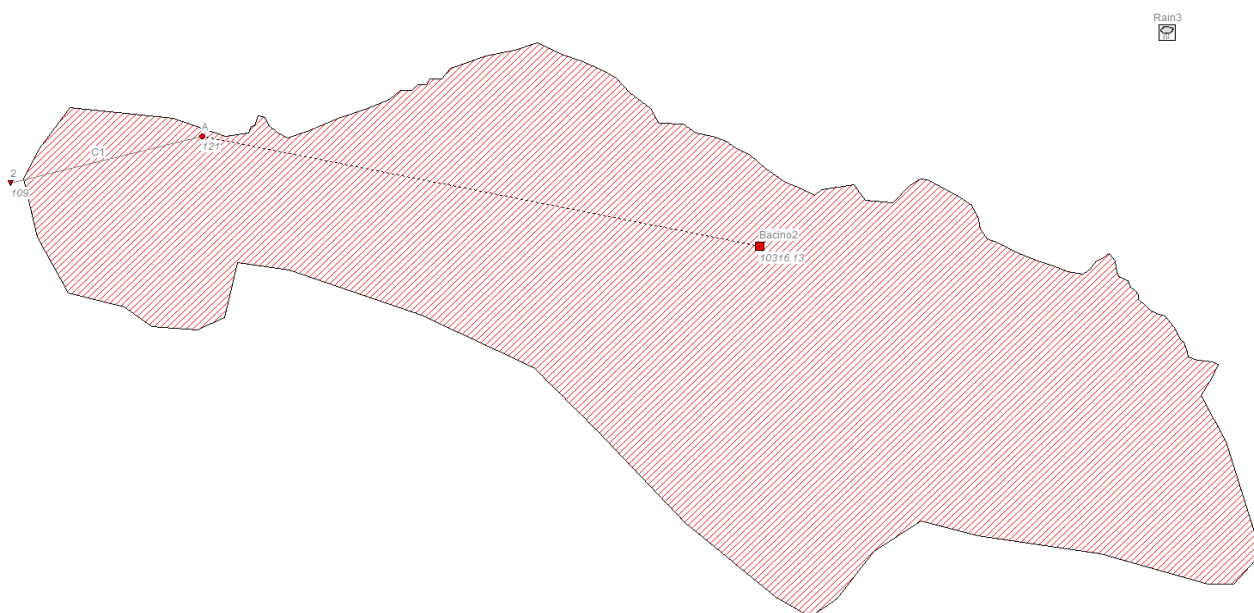


Figura 11 - Modello SVMM

La simulazione è stata effettuata andando a costruire il modello inserendo le caratteristiche del Bacino 2 riportate nella Tabella 2 e simulando una durata dell'evento meteorico pari al suo tempo di corrivazione, cioè circa 43 minuti, con una intensità di pioggia pari a 74 mm/h . La portata che il Bacino 2 fornisce alla sezione A è di circa $10.3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Contestualmente è stato verificato anche il canale di calcestruzzo armato, andando a valutare il grado di riempimento dello stesso; il risultato di questa analisi è rappresentato nel Grafico 2:

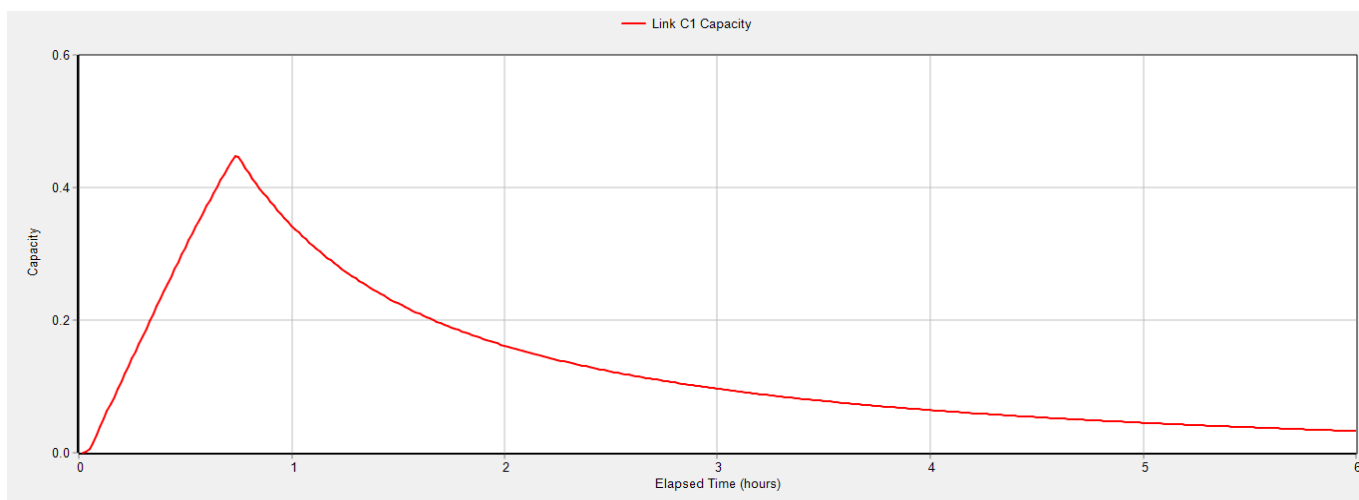


Grafico 2 - Grado di riempimento C1

Lo scatolare al picco della piena raggiunge un grado di riempimento di poco superiore al 40%, che risulta sufficiente per garantire un franco libero tale da impedire che si ostruisca. Pertanto, dallo studio effettuato risulta che la soluzione progettata risulta abbondantemente verificata.

6. Dimensionamento e verifica attraversamento

Tra il Bacino 1 e il Bacino 2, più precisamente nei pressi della sezione di chiusura 1, è stato individuato un attraversamento.

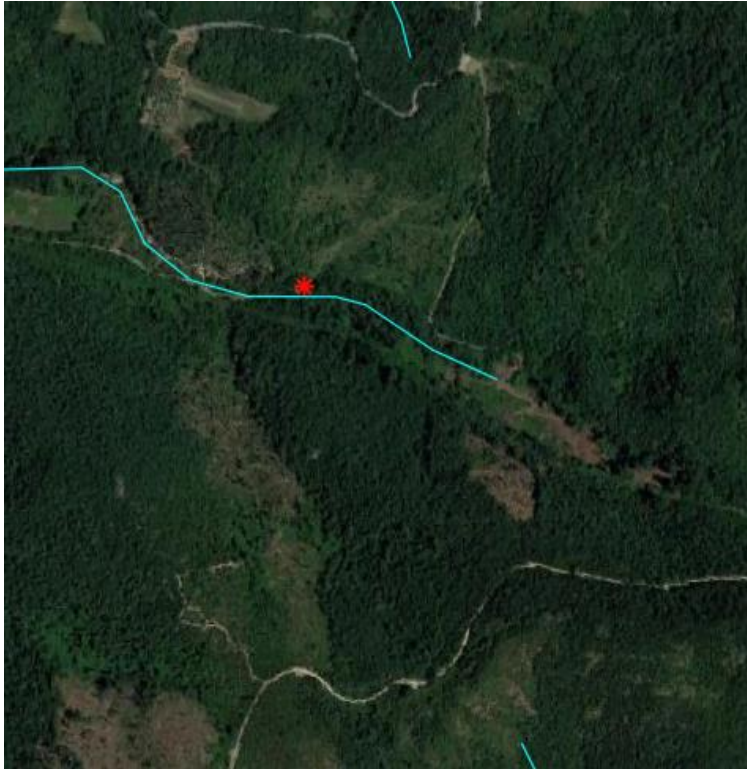


Figura 12 - Attraversamenti

Il dimensionamento è stato effettuato utilizzando la formula di moto uniforme espressa dall'equazione di Chezy. La portata con cui è stato dimensionato l'attraversamento è pari a quella proveniente dal Bacino 1, cioè circa pari a $4.82 \text{ m}^3/\text{s}$. Per tutti gli attraversamenti è stata considerata una pendenza pari al 10.00% e un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a $100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Pendenza	DN	diametro D	h/D	coefficiente di Gaukler Strickler X	scabrezza (Chezy) $X \cdot R^{1/6}$	Portata idraulica (Formula di Chezy)
10%	800	0.678	0.8	100	76.865	3.42

Si impiegheranno due tubazioni DN800 in PE in modo da poter raccogliere cautelativamente la portata considerata, come riportate nel particolare seguente:

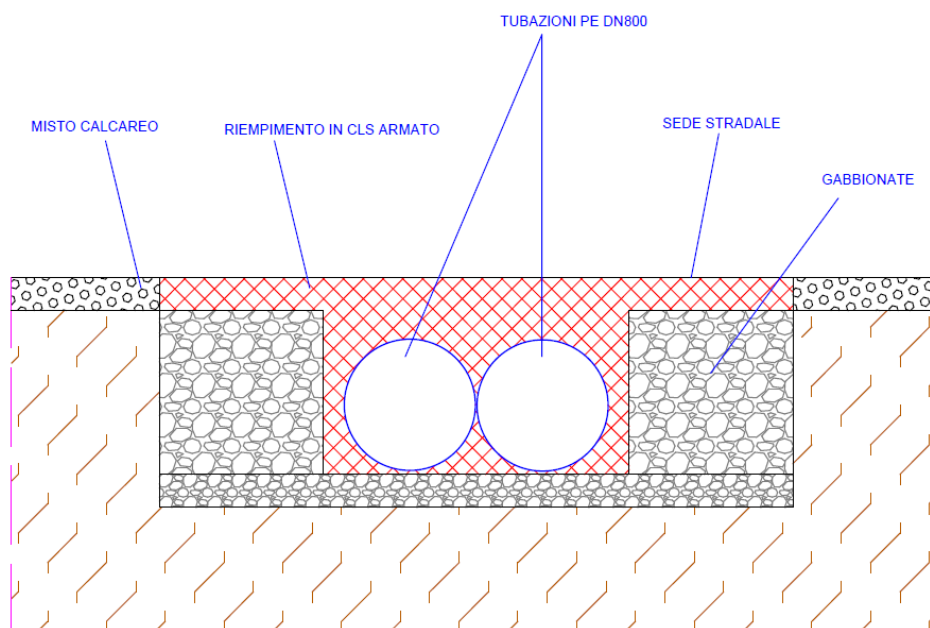


Figura 13 - Particolare attraversamento

Il modello implementato in SVMM tiene conto, a titolo di esempio, di una sola tubazione DN800 all'interno della quale il Bacino 1 scarica metà della sua portata, cioè $2.41 \text{ m}^3/\text{s}$.

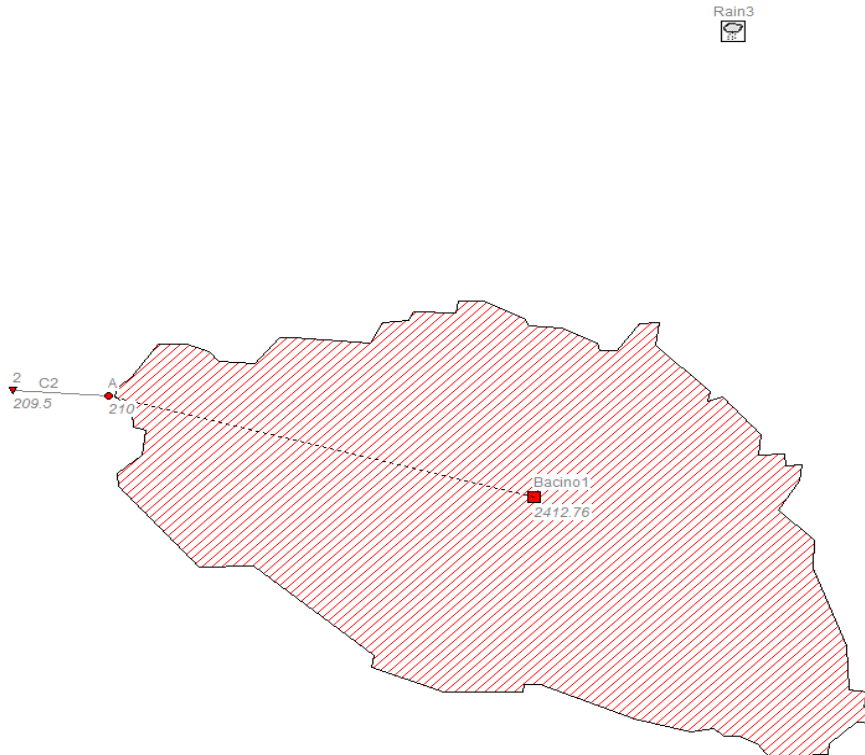


Figura 14 - Modello di progetto SVMM

La simulazione è stata effettuata simulando una durata dell'evento meteorico pari al suo tempo di corruzione, cioè circa 23 minuti, con una intensità di pioggia pari a 99 mm/h .

Contestualmente è stata verificata la tubazione, andando a valutare il grado di riempimento della stessa; il risultato di questa analisi è rappresentato nel Grafico 3:

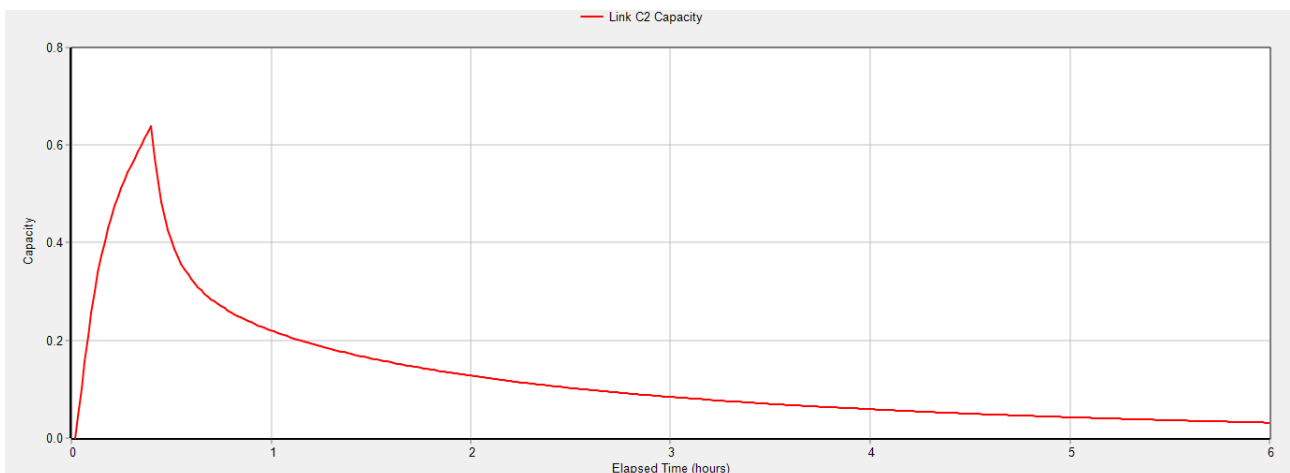


Grafico 3 - Grado di riempimento C2

La tubazione al picco di portata raggiunge un grado di riempimento di poco superiore al 60%, che risulta sufficiente per garantire un franco libero tale da impedire che la condotta si ostruisca. Pertanto, dallo studio effettuato risulta che la soluzione progettata risulta abbondantemente verificata.

7. Conclusioni

- **Dimensionamento canale scatolare:** il dimensionamento del canale di scarico scatolare in cls armato è stato effettuato utilizzando la formula di moto uniforme espressa dall'equazione di Chezy. Ai fini di convogliare tutta la portata in maniera cautelativa, si impiegherà un canale scatolare in calcestruzzo armato rettangolare 1500 x 2000. La verifica dello scatolare è stata eseguita mediante il software SVMM, con il quale è stata modellata la situazione post-operam, al fine di valutare il grado di riempimento del canale. Dalla simulazione risulta che lo scatolare al picco della piena raggiunge un grado di riempimento di poco superiore al 40%, che risulta sufficiente per garantire un franco libero tale da impedire che si ostruisca. Pertanto, dallo studio effettuato risulta che la soluzione progettata risulta abbondantemente verificata;
- **Dimensionamento attraversamento:** dimensionamento dell'attraversamento è stato effettuato utilizzando la formula di moto uniforme espressa dall'equazione di Chezy. Per convogliare cautelativamente tutta la portata necessaria, verranno impiegati due tubazioni in PE da DN 800. La verifica dello scatolare è stata eseguita mediante il software SVMM, con il quale è stata modellata la situazione post-operam, tenendo conto a titolo di esempio di una sola tubazione all'interno della quale venisse convogliata metà della portata, al fine di valutare il grado di riempimento della tubazione. Dalla simulazione risulta che la tubazione al picco della piena raggiunge un grado di riempimento di poco superiore al 60%, che risulta sufficiente per garantire un franco libero tale da impedire che si ostruisca. Pertanto, dallo studio effettuato risulta che la soluzione progettata risulta abbondantemente verificata.