



MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ALLA FRAZIONE SPIANO IN COMUNE DI MERCATO SAN SEVERINO (SA)

LIVELLO DI DEFINIZIONE DEL PROGETTO

FATTIBILITÀ 0

DEFINITIVO 0

ESECUTIVO 0

ELABORATO:

N. 31

RILIEVO TOPOGRAFICO:
RELAZIONE TECNICA E LIBRETTO MISURE.

DATA: SETTEMBRE 2019

I PROGETTISTI:

U.T.C.

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

ING. GIANLUCA FIMIANI
(CAPO U.T.C.)

Sommario

SOMMARIO 1

PREMESSA	2
1. VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA - METODO VAPI	3
1.1 Generalità.....	3
1.2 Valutazione del fattore regionale di crescita	4
1.3 Valutazione della piena media annua $m(Q)$	5
1.3.1 Criteri di stima.....	5
1.3.2 Il modello geomorfoclimatico.....	5
2. VALUTAZIONE DELLE MASSIME PORTATE DI PIENA NATURALI E DEI RELATIVI VOLUMI: RISULTATI	16
2.1 Caratteristiche fisiografiche ed altimetriche dei bacini	16
2.2 Caratteristiche geologiche e di uso del suolo.....	16
2.3 La legge di probabilità pluviometrica	16
2.4 Valutazione della portata di piena con il metodo VAPI.....	16
3. VERIFICHE IDRAULICHE	24
3.1 Scala di deflusso sezione trapezoidale - tratto compreso tra opera tipo 1 ed opera tipo 2 - pendenza $i = 17\%$ - scabrezza $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	35
3.2 Scala di deflusso sezione trapezoidale - tratto a monte opera tipo 2 - pendenza $i = 36\%$ - scabrezza $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	37

PREMESSA

Oggetto della presente relazione è lo studio idrologico ed idraulico inerente la progettazione dell'intervento di mitigazione del rischio idrogeologico alla frazione Spiano nel Comune di Mercato San Severino (SA).

In particolare, per la stima delle portate idrologiche e dei relativi volumi di piena sono state prese a riferimento le sezioni di chiusura del bacino idrografico degli impluvi incombenti sulla frazione Spiano nel Comune di Mercato San Severino (SA).

Le suddette stime sono state effettuate in conformità alla metodologia riportata nel Rapporto VAPI Campania (C.N.R. – *Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche*) illustrata nei paragrafi seguenti.

La stima delle portate e dei volumi di piena per preassegnati periodi di ritorno ha permesso, poi, il dimensionamento e la verifica idraulica delle opere di mitigazione oggetto di progettazione.

1. Valutazione delle massime portate di piena - Metodo Vapi

Per quel che concerne la valutazione delle massime portate di piena naturali e dei corrispondenti idrogrammi, si è fatto riferimento alla metodologia riportata nel Rapporto VAPI Campania (C.N.R. – Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche).

Di seguito si riportano la metodologia utilizzata per la valutazione delle massime portate di piena naturali degli impluvi incombenti sulla frazione Spiano nel Comune di Mercato San Severino (SA) ed i risultati ottenuti.

1.1 Generalità

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni e delle piene in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale di tipo gerarchico, basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente (*TCEV - Two Component Extreme Value*).

Tale procedura si basa sulla considerazione che esistono zone geografiche via via più ampie che possono considerarsi omogenee nei confronti dei parametri statistici della distribuzione, man mano che il loro ordine aumenta.

Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena Q_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T , può essere valutata come:

$$Q_T = K_T \cdot m(Q) \quad (1)$$

dove:

- $m(Q)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice);
- K_T = fattore probabilistico di crescita.

Per quanto attiene alla valutazione del fattore regionale di crescita, il rapporto VAPI propone la formulazione riportata nel paragrafo seguente.

Per la valutazione di $m(Q)$, vengono invece indicate differenti metodologie: di tipo diretto, basate su formule monomie in cui la portata dipende essenzialmente dall'area del bacino, e due di indiretto, in cui la piena indice viene valutata a partire dalle piogge e

dipende in maniera più articolata dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino (area, percentuale impermeabile, copertura boschiva).

Nei paragrafi successivi viene descritto in dettaglio il modello geomorfoclimatico, modello di tipo indiretto.

1.2 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 $K_T(T)$).

L'indagine regionale volta alla determinazione di tale legge è stata svolta per la regione Campania nel Rapporto VAPI Campania sopra menzionato. I risultati sono stati ottenuti sotto forma di una relazione tra K_T e T esplicitata come:

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-13,11 \cdot 0,0202^{K_T} - 0,923 \cdot 0,230^{K_T})}$$

Questa relazione può essere valutata in prima approssimazione attraverso la seguente:

$$K_T = -0,0545 + 0,680 \cdot \ln T$$

con un errore inferiore al 5% per $T \geq 10$ anni.

Nella tabella A che segue sono riportati, per diversi periodi di ritorno, i valori di K_T ottenuti dall'equazione di cui sopra.

T (anni)	K_T
2	0.87
5	1.29
10	1.63
20	2.03
30	2.26
50	2.61
100	3.07
300	3.83
500	4.17
1000	4.64

Tabella A – Legge regionale di crescita delle portate per la regione Campania

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

1.3.1 Criteri di stima

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.

E' dunque in genere necessario ricostruire modelli che consentano di mettere in relazione $m(Q)$ con i valori assunti da grandezze caratteristiche del bacino.

Quando mancano i dati di portata direttamente misurati nelle sezioni di interesse, l'identificazione di tali modelli può essere ottenuta sostanzialmente attraverso due diverse metodologie:

- approcci di tipo puramente empirico, del tipo $m(Q) = a \cdot A^b$ (con A = superficie del bacino);
- approcci che si basano su modelli in cui la piena media annua viene valutata con parametri che tengano conto delle precipitazioni massime sul bacino e delle caratteristiche geomorfologiche (modelli geomorfoclimatici).

Il Rapporto VAPI Campania ha provveduto alla stima dei parametri sia per modelli empirici di vario tipo che per il modello geomorfoclimatico.

Tali parametri sono stati stimati utilizzando i dati di 12 delle 22 stazioni idrometriche presenti in Campania, corrispondenti a bacini di estensione variabile tra 95 Km² (Tusciano ad Olevano) e 5542 Km² (Volturno a Ponte Annibale).

Nel presente studio, 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.

1.3.2 Il modello geomorfoclimatico

2.3.2.1 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 definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace", si definisce coefficiente di afflusso di piena C_f il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH. Per pluviogramma di forma rettangolare, con durata ed intensità in accordo con la legge di probabilità pluviometrica sul bacino $m[I_A(d)]$, l'idrogramma di piena corrispondente ha ordinata al colmo proporzionale all'intensità di pioggia per mezzo di un coefficiente di attenuazione di piena $S(d)$ o funzione di picco $S(d) = \int_{t_p-d}^d u(\tau) dt$, in cui $u(\tau)$ è l'idrogramma unitario istantaneo, t_p è l'istante in cui si manifesta il colmo di piena, misurato a partire dal momento di inizio della pioggia.

La forma assunta da $S(d)$ dipende sostanzialmente dal tempo di ritardo del reticolo idrografico t_r , definito come intervallo temporale che intercorre tra il baricentro del pluviogramma e quello dell'idrogramma corrispondente.

Definita la funzione $S(d)$, la portata al colmo di piena per unità di area dipende in maniera proporzionale dal prodotto $m[I_A(d)] * S(d)$, in cui all'aumentare di d il primo termine diminuisce mentre il secondo aumenta.

Il valore della durata d per cui tale prodotto risulta massimo viene definito durata critica del bacino d_c .

Il massimo annuale della portata al colmo di piena, che si verifica dunque per eventi di durata d_c , viene definito come:

$$m(Q) = C_f \cdot A \cdot S(d_c) \cdot m[I_A(d_c)]$$

che può essere riscritta come:

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

in cui:

- t_r = tempo di ritardo del bacino, in ore;
- 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 km^2 ;
- 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 .

1.3.2.1 Caratteristiche morfometriche 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 quella della 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.

1.3.2.2 *Altitudine media e Curva ipsografica*

Per valutare l'altezza media di un bacino si divide tutta la superficie A in aree parziali A_i comprese tra due curve di livello fra di loro non troppo distanti, in modo da ritenere l'altezza h_i della fascia uguale alla media dei valori delle due curve di livello che la limitano. Si suppone cioè che in quel breve tratto la pendenza sia costante. Si misurano, poi, le aree delle superfici parziali A_i . L'altezza media h_m del bacino è la media ponderata delle altezze medie delle superfici parziali, cioè:

$$h_m = \frac{\sum h_i \cdot A_i}{A}$$

Essa rappresenta il valore medio della curva ipsografica; in particolare, è data dall'area compresa tra la curva ipsografica e gli assi coordinati divisa per l'area dell'intero bacino.

Pertanto nello studio del bacino si costruisce anche la curva ipsografica, che rappresenta la ripartizione delle aree topografiche nelle varie fasce altimetriche. Essa si traccia considerando la successione dei valori delle superfici poste al di sopra di prefissati valori delle quote. La curva ipsografica permette anche di determinare l'estensione del bacino al di sopra o al di sotto di una certa quota.

1.3.2.3 *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:

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

La metodologia comunemente impiegata consiste nell'ottenere la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia areale $m[h_A(d)]$ dalla media del massimo annuale dell'altezza di pioggia puntuale $m[h(d)]$ attraverso un fattore di ragguglio noto come coefficiente di riduzione areale $K_A(d)$ come:

$$m[h_A(d)] = K_A(d) \cdot m[h(d)]$$

Per definire la $m[h_A(d)]$ risulta dunque necessario:

- definire la legge di probabilità pluviometrica $m[h(d)]$;
- calcolare il coefficiente di riduzione areale.

1.3.2.4 La legge di probabilità pluviometrica

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

$$m[h(d)] = \frac{m[I_0] \cdot d}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{C-D \cdot z}} \quad (9)$$

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, ed in particolare:

- i massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

Area omogenea	n. stazioni	$m(I_0)$ (mm/ora)	D_c (ore)	C	$D \cdot 10^5$	\square^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 B – Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea

Successivamente, nell'ambito di uno studio sviluppato dal C.U.G.RI. sul territorio dell'Autorità di Bacino del Sarno e utilizzato nel PAI (Piano per l'Assetto idrogeologico) della stessa Autorità di Bacino, è stata verificata la consistenza della rete idrografica del

bacino del Sarno ed è stata aggiornata la banca dati relativa ai massimi annuali delle altezze di pioggia per la fissata durata registrata dal SIMN.

In particolare, sono stati quindi considerati i dati di 26 stazioni di misura, di cui solo 16 pluviografiche aventi più di 10 anni di osservazioni. I dati reperiti consistono ancora in:

- massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1,3,6,12,24 ore;
- altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

Dall'analisi di tali dati è stato possibile suddividere l'intero bacino del Sarno in zone pluviometriche omogenee aggiungendo, rispetto ai risultati del VAPI, una zona 2 intermedia per cui il bacino stesso ricade nella zona 1, 2 e 2 intermedia (cfr. tabella C).

Area omogenea	M(I ₀)	d _c	C	D 10 ⁵
1	77.1	0.3661	0.7995	3.6077
2	83.8	0.3312	0.7031	7.7381
2 intermedia	85	0.3034	0.7621	9.6554

Tabella C – Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea per il bacino del fiume Sarno

1.3.2.6 Il coefficiente di riduzione areale

Il fattore di riduzione areale viene ritenuto costante al variare del periodo di ritorno, e pari a:

$$K_A(d) = 1 - \left[(1 - \exp(-c_1 \cdot A)) \cdot \exp(c_2 \cdot d^{c_3}) \right] \quad (10)$$

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.

1.3.2.7 I parametri del modello geomorfoclimatico

Nel Rapporto VAPI Campania il territorio campano è stato suddiviso in complessi idrogeologici costituiti da litotipi che, pur diversi, mantengono un identico comportamento nei confronti dell'infiltrazione, della percolazione e della circolazione dell'acqua nel

sottosuolo. Questi complessi sono stati accorpati nelle seguenti cinque classi in base alle caratteristiche di permeabilità:

1. **classe A** (*alta capacità di permeabilità*), in essa sono inclusi quasi esclusivamente i calcari per la loro elevatissima capacità di infiltrazione dovuta all'alto grado di permeabilità per fessurazione e carsismo che li caratterizza;
2. **classe MA** (*capacità di permeabilità medio-alta*), che ingloba, quasi esclusivamente, le dolomie. Questo litotipo, che costituisce la base affiorante di quasi tutti i massicci carbonatici campani, ha un grado di permeabilità inferiore a quello dei calcari;
3. **classe M** (*media capacità di permeabilità*), comprendente i detriti di falda e di conoide, i depositi alluvionali e il complesso delle lave;
4. **classe MB** (*capacità di permeabilità medio - bassa*), ad essa appartengono i complessi sabbioso - conglomeratico pliocenico, arenaceo - breccioso miocenico, piroclastico, calcareo - siliceo e fluvio - lacustre e lacustre;
5. **classe B** (*bassa capacità di permeabilità*), comprendente tutti i depositi prevalentemente argillosi che, a scala regionale, possono considerarsi per lo più impermeabili.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

La metodologia proposta dal VAPI Campania per la valutazione dei parametri del modello geomorfoclimatico, e cioè del coefficiente di deflusso C_f e del tempo di ritardo del bacino t_r , assume alla base la suddivisione di ogni bacino complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico in modo differente a seconda che si tratti di bacini di estensione ridotta o di bacini maggiormente estesi.

In particolare, per i **bacini di moderata estensione**, il territorio è stato suddiviso in due soli complessi omogenei:

- le aree impermeabili A_{imp} ;
- le aree permeabili $A-A_{imp}$.

In tal caso parleremo di **metodo geomorfoclimatico 1**.

Per quanto attiene invece ai **bacini di notevole estensione**, l'intero territorio, è stato suddiviso in:

- le aree permeabili senza copertura boschiva, indicate con A_1 ;

- le aree permeabili con copertura boschiva, indicate con A_3 ;
- le aree a bassa permeabilità, indicate con A_2 .

In tal caso parleremo di **metodo geomorfoclimatico 2**.

1.3.2.8 Il coefficiente di deflusso C_f

Dato il significato del coefficiente di deflusso, l'ipotesi più semplice per la sua stima consiste nell'assumere che esista un valore di C_f per ogni singolo complesso omogeneo e nel considerare il valore globale come la media pesata di tali valori caratteristici.

Adottando il metodo **geomorfoclimatico 1**, per bacini di modesta estensione, il coefficiente di deflusso risulta pari a:

$$C_f = C_{f1} \left(1 - \frac{A_{imp}}{A} \right) + C_{f2} \left(\frac{A_{imp}}{A} \right)$$

Nel Rapporto VAPI Campania sono stati stimati per C_{f1} e C_{f2} i seguenti valori:

- C_{f1} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile = 0.13;
- C_{f2} = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.60.

Adottando il **metodo geomorfoclimatico 2**, per bacini di rilevante estensione, risulta:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A}$$

Nel Rapporto VAPI Campania sono stati stimati per C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} i seguenti valori:

- C_{f1} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco = 0.42;
- C_{f2} = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.56;
- C_{f3} = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con copertura boschiva = 0.00 .

1.3.2.9 Il tempo di ritardo t_r

Adottando il **metodo geomorfoclimatico 1**, il Rapporto VAPI – Campania propone per il tempo di ritardo due diversi tipi di approcci:

- formula di Rossi (1974);
- Metodo VAPI-Rapporto Campania (Villani & Rossi, 1995).

La prima formulazione, di struttura molto semplice, è stata tarata sui bacini naturali lucani aventi sbocco sul Mare Ionico e, pertanto, potrebbe essere ritenuta potenzialmente utilizzabile anche nel territorio campano.

Essa è data, in particolare, dall'espressione:

$$t_r = 0.77 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.295}$$

dove:

- L è la lunghezza dell'asta principale (in km);
- P è la pendenza media dell'asta principale (in m/m);
- t_r è il tempo di ritardo del bacino (in ore).

La pendenza media dell'asta principale è fornita dalla formula di Taylor & Schwartz, che può essere applicata solo dopo aver suddiviso il profilo del corso d'acqua principale in una serie di n_T tratti di lunghezza L_i e pendenza P_i .

$$\left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right) = \sum_{i=1}^{n_T} \frac{L_i}{\sqrt{P_i}}$$

La seconda alternativa possibile per il calcolo del tempo di ritardo è quella proposta e tarata da F. Rossi e Villani (1995) nell'ambito del progetto VAPI del C.N.R., riportata, più in particolare, nel Rapporto VAPI - Campania.

In base ai ragionamenti ivi effettuati, Rossi e Villani propongono l'espressione :

$$t_r = \frac{c_{f1} \cdot (A - A_{imp})}{c_f \cdot A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A - A_{imp}} + \frac{c_{f2} \cdot A_{imp}}{c_f \cdot A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_{imp}}$$

dove:

- C_f è il coefficiente di afflusso;
- S è la superficie del bacino;
- c_1 è la celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili = 0.25 m/s;
- c_2 è la celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.70 m/s.

Per C_{f1} e C_{f2} valgono i valori : $C_{f1} = 0.13$ e $C_{f2} = 0.60$.

Adottando, invece, il **metodo geomorfoclimatico 2**, il tempo di ritardo può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi idrogeologici eterogenei:

$$t_r = \frac{C_{f1} \cdot A_1}{C_f \cdot A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} \cdot A_2}{C_f \cdot A} \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2}$$

Nella precedente risultano (dalle stime effettuate nel Rapporto VAPI Campania):

- c_1 = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili senza bosco = 0.23 m/s;
- c_2 = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.87 m/s.

Per C_{f1} e C_{f2} valgono i valori $C_{f1} = 0.42$ e $C_{f2} = 0.56$.

1.3.2.10 2.3.2.5 La piena media annua

Definita la legge di probabilità pluviometrica areale e calcolati i parametri C_f e t_r , la piena media annua viene calcolata, come detto precedentemente, con la relazione:

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

Nella precedente il coefficiente di attenuazione del colmo di piena dipende in maniera complessa dalla forma della legge di probabilità pluviometrica e dalla risposta della rete idrografica e consente di tenere conto, tra l'altro, dell'errore che si commette nell'assumere che la durata critica del bacino, e cioè la durata della pioggia che causa il massimo annuale del colmo di piena, sia pari al tempo di ritardo t_r del bacino stesso. Esso può essere valutato, in prima approssimazione, come:

$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq n' = 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq n' = 1 + k_1 \cdot A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \end{cases}$$

in cui:

- $\beta = (C - D \cdot z)$ e d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica;

- k_1 è un coefficiente numerico pari a $1.44 \cdot 10^{-4}$ se l'area A è espressa in km^2 e il tempo di ritardo t_r in ore.

2. Valutazione delle massime portate di piena naturali e dei relativi volumi:

Risultati

Di seguito, sono riportati i risultati ottenuti applicando il modello **geomorfoclimatico 1**, illustrato e descritto nei paragrafi precedenti e valido per i bacini di modesta estensione, al bacino degli impluvi incombenti sulla frazione Spiano del Comune di Mercato San Severino.

2.1 Caratteristiche fisiografiche ed altimetriche dei bacini

Utilizzando i dati disponibili, ed in particolare la Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:5.000, per il bacino in esame sono state definite le caratteristiche morfometriche ed altimetriche ed in particolare la curva ipsografica, la quota media, il profilo longitudinale e la pendenza media dell'asta principale.

In calce alla presente relazione viene allegata la **tabella 1** con le caratteristiche fisiografiche del bacino in esame, nella quale la quota media è desunta dalle curve ipsografiche appositamente redatte e riportate in allegato al presente studio.

2.2 Caratteristiche geologiche e di uso del suolo

Per effettuare la stima delle portate di piena naturali utilizzando il metodo VAPI, è stato necessario definire per il bacino le caratteristiche di permeabilità ed in particolare:

- l'area A_{imp} (area impermeabile) e l'area permeabile ($A_{imp}-A$);

I risultati sono stati riportati in **tabella 2**, dalla quale si evince che l'intera superficie del bacino è classificata come impermeabile, in quanto interessata da ricoprimenti piroclastici appartenenti alla classe MB (medio-bassa permeabilità).

2.3 La legge di probabilità pluviometrica

Dall'esame della mappa delle aree pluviometriche omogenee riportata nel Rapporto VAPI - Campania si è riscontrato che il bacino ricade interamente nell'area omogenea A_2 , per la quale valgono i parametri riportati in **tabella 3**.

2.4 Valutazione della portata di piena con il metodo VAPI

Come detto precedentemente, il calcolo della piena media annua con il metodo VAPI è stato effettuato adottando il modello geomorfoclimatico 1, appropriato per i bacini di modeste estensione quali quello oggetto del presente studio idrologico.

Definite le caratteristiche geomorfologiche del bacino e la legge di probabilità pluviometrica come specificato ai paragrafi precedenti è stato possibile calcolare:

- i parametri del modello geomorfoclimatico C_f e t_r ;
- la media dei massimi annuali della intensità di pioggia di durata t_r ;
- il fattore di riduzione areale $K_A(t_r)$;
- la media dei massimi annuali della intensità di pioggia areale di durata t_r ;
- la portata di piena media annua $m(Q)$.

Nota la portata di piena media annua $m(Q)$ e utilizzando la legge regionale di crescita $K_T(I)$ delle portate, è stato possibile valutare, attraverso la relazione:

$$Q_T = K_T m(Q)$$

la portata di piena relativa a periodi di ritorno di 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300 anni, nonché i volumi sottesi ai corrispondenti idrogrammi.

Per il calcolo di questi ultimi, in particolare, si è assunta una forma triangolare in cui la durata dell'idrogramma è pari a $3t_r$ ed il picco, pari a Q_T , si raggiunge all'istante $t = t_r$.

Dagli studi effettuati, infatti, si è potuto osservare che i volumi di piena relativi ad idrogrammi così approssimati non si discostano significativamente da quelli relativi ad idrogrammi aventi forma di distribuzione di Weibull.

I risultati di tali elaborazioni sono riportati nelle tabelle e nei grafici seguenti.

VALLONE GESINA

Caratteristiche fisiografiche del bacino					
Codice	A	Y_{max}	Y_{min}	Y_{med}	L
	Area del bacino	Quota massima del bacino	Quota minima del bacino	Quota media del bacino	Lunghezza asta principale
	[Km²]	[m s.l.m.m.]	[m s.l.m.m.]	[m s.l.m.m.]	[m]
Bacino impluvio sezione1	1,530	850,06	250,70	550,38	2015

Tabella 1

Caratteristiche geomorfologiche del bacino				
Codice	A	A_{imp}	A_{perm}	A_{ed}
	Area del bacino	Area impermeabile	Area permeabile	Area edificata
	[Km²]	[Km²]	[Km²]	[Km²]
Bacino impluvio sezione1	1,530	0,459	1,071	0,00

Tabella 2

Parametri della legge di probabilità pluviometrica (Area omogenea 2)					
Codice	m[l₀]	d_c	C	D	β
	[mm/ora]				
Bacino impluvio sezione1	83,80	0,3312	0,7031	0,000077381	0,661

Tabella 3

Valutazione della piena media annua									
Codice	A	C _f	t _r	K _A	m[l _A (t _r)]	n'	q	m(Q)	V
	Area del bacino	Coefficiente di deflusso	Tempo di ritardo	Coefficiente di riduzione areale	Media dell'intensità di pioggia areale	coefficiente per la valutazione approssimata di q	Coeff. di attenuazione del colmo di piena	Portata media annua	Volume relativo alla portata media annua
	[Km ²]		[ora]		[mm/ora]			[m ³ /s]	[m ³]
Bacino impluvio sezione1	1,530	0,27	0,5746	1,000	43,12	0,58	0,65	3,23	10015

Tabella 4

Valutazione della portate di piena per prefissati periodi di ritorno							
Codice	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₃₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₃₀₀
	Portata per T=5	Portata per T=10	Portata per T=20	Portata per T=30	Portata per T=50	Portata per T=100	Portata per T=300
	[m ³ /s]						
Bacino impluvio sezione1	4,16	5,26	6,55	7,30	8,42	9,91	12,36

Tabella 5

Valutazione dei volumi di piena per prefissati periodi di ritorno							
Codice	V ₅	V ₁₀	V ₂₀	V ₃₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₃₀₀
	Volume per T=5	Volume per T=10	Volume per T=20	Volume per T=30	Volume per T=50	Volume per T=100	Volume per T=300
	[m ³]						
Bacino impluvio sezione1	12919	16325	20331	22634	26139	30746	38358

Tabella 6

VALLEONE VISCIGLETA

Caratteristiche fisiografiche del bacino					
Codice	A	Y_{max}	Y_{min}	Y_{med}	L
	Area del bacino	Quota massima del bacino	Quota minima del bacino	Quota media del bacino	Lunghezza asta principale
	[Km²]	[m s.l.m.m.]	[m s.l.m.m.]	[m s.l.m.m.]	[m]
Bacino impluvio sezione2	1,150	853,50	250,70	552,10	1835

Tabella 1

Caratteristiche geomorfologiche del bacino				
Codice	A	A_{imp}	A_{perm}	A_{ed}
	Area del bacino	Area impermeabile	Area permeabile	Area edificata
	[Km²]	[Km²]	[Km²]	[Km²]
Bacino impluvio sezione2	1,150	0,345	0,805	0,00

Tabella 2

Parametri della legge di probabilità pluviometrica (Area omogenea 2)					
Codice	m[l₀]	d_c	C	D	β
	[mm/ora]				
Bacino impluvio sezione2	83,80	0,3312	0,7031	0,000077381	0,660

Tabella 3

Valutazione della piena media annua									
Codice	A	C _f	t _r	K _A	m[I _A (t _r)]	n'	q	m(Q)	V
	Area del bacino	Coefficiente di deflusso	Tempo di ritardo	Coefficiente di riduzione areale	Media dell'intensità di pioggia areale	coefficiente per la valutazione approssimata di q	Coeff. di attenuazione del colmo di piena	Portata media annua	Volume relativo alla portata media annua
	[Km ²]		[ora]		[mm/ora]			[m ³ /s]	[m ³]
Bacino impluvio sezione2	1,150	0,27	0,4981	1,000	45,71	0,60	0,65	2,57	6918

Tabella 4

Valutazione della portate di piena per prefissati periodi di ritorno							
Codice	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₃₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₃₀₀
	Portata per T=5	Portata per T=10	Portata per T=20	Portata per T=30	Portata per T=50	Portata per T=100	Portata per T=300
	[m ³ /s]						
Bacino impluvio sezione2	3,32	4,19	5,22	5,81	6,71	7,90	9,85

Tabella 5

Valutazione dei volumi di piena per prefissati periodi di ritorno							
Codice	V ₅	V ₁₀	V ₂₀	V ₃₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₃₀₀
	Volume per T=5	Volume per T=10	Volume per T=20	Volume per T=30	Volume per T=50	Volume per T=100	Volume per T=300
	[m ³]						
Bacino impluvio sezione2	8925	11277	14044	15636	18057	21240	26498

Tabella 6

VALLONE CENTRALE

Caratteristiche fisiografiche del bacino					
Codice	A	Y _{max}	Y _{min}	Y _{med}	L
	Area del bacino	Quota massima del bacino	Quota minima del bacino	Quota media del bacino	Lunghezza asta principale
	[Km ²]	[m s.l.m.m.]	[m s.l.m.m.]	[m s.l.m.m.]	[m]
Bacino impluvio sezione3	0,260	695,80	278,20	487,00	827

Tabella 1

Caratteristiche geomorfologiche del bacino				
Codice	A	A _{imp}	A _{perm}	A _{ed}
	Area del bacino	Area impermeabile	Area permeabile	Area edificata
	[Km ²]	[Km ²]	[Km ²]	[Km ²]
Bacino impluvio sezione3	0,260	0,078	0,182	0,00

Tabella 2

Parametri della legge di probabilità pluviometrica (Area omogenea 2)					
Codice	m[l ₀]	d _c	C	D	β
	[mm/ora]				
Bacino impluvio sezione3	83,80	0,3312	0,7031	0,000077381	0,665

Tabella 3

Valutazione della piena media annua									
Codice	A	C _f	t _r	K _A	m[l _A (t _r)]	n'	q	m(Q)	V
	Area del bacino	Coefficiente di deflusso	Tempo di ritardo	Coefficiente di riduzione areale	Media dell'intensità di pioggia areale	coefficiente per la valutazione approssimata di q	Coeff. di attenuazione del colmo di piena	Portata media annua	Volume relativo alla portata media annua
	[Km ²]		[ora]		[mm/ora]			[m ³ /s]	[m ³]
Bacino impluvio sezione3	0,260	0,27	0,2369	1,000	58,52	0,72	0,65	0,74	952

Tabella 4

Valutazione della portate di piena per prefissati periodi di ritorno							
Codice	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₃₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₃₀₀
	Portata per T=5	Portata per T=10	Portata per T=20	Portata per T=30	Portata per T=50	Portata per T=100	Portata per T=300
	[m ³ /s]						
Bacino impluvio sezione3	0,96	1,21	1,51	1,68	1,94	2,29	2,85

Tabella 5

Valutazione dei volumi di piena per prefissati periodi di ritorno							
Codice	V ₅	V ₁₀	V ₂₀	V ₃₀	V ₅₀	V ₁₀₀	V ₃₀₀
	Volume per T=5	Volume per T=10	Volume per T=20	Volume per T=30	Volume per T=50	Volume per T=100	Volume per T=300
	[m ³]						
Bacino impluvio sezione3	1228	1552	1933	2152	2485	2923	3647

Tabella 6

3. Verifiche idrauliche

Nel presente paragrafo, sulla scorta delle elaborazioni idrologiche effettuate, vengono riportate le verifiche idrauliche delle opere e degli impluvi nella sua configurazione di progetto.

In particolare, come desumibile dall'*elaborato n.16 (Profilo longitudinale s.d.f. – progetto dell'impluvio rapp.1/500)*, l'impluvio si configurerà con sezione trapezoidale di altezza $h=1\text{m}$, base minore $b=2\text{m}$, base maggiore $B=4\text{m}$ e pendenza pari a:

- $i=17\%$, per il tratto compreso tra l'opera di difesa tipo 1 e l'opera di difesa tipo 2;
- $i=36\%$ per il tratto a monte dell'opera di difesa tipo 2.

Nelle elaborazioni seguenti vengono, quindi, riportate le scale di deflusso, in forma grafica e tabellare, della sezione trapezoidale di progetto relativamente ai due tratti d'alveo aventi diversa pendenza.

Da esse si può facilmente verificare che in tutti i casi, in condizioni di moto uniforme, la portata centennale è contenuta in alveo e nella gaveta delle briglie.

In particolare, nelle elaborazioni effettuate per le condizioni di moto uniforme è stata utilizzata la formula di *Gauckler-Strickler* assumendo, in accordo con quanto prescritto dagli *Allegati Tecnici* del PSAI dell'Autorità di Bacino ex Sarno, un coefficiente di resistenza di *Strickler* $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$

Descrizione corso d'acqua	Ks di Strickler ($\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$)
tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	20-25
corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	25-30
tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40-45
forniture perfettamente lisce e dotate a monte di dispositivi atti ad assicurare la trattenuta di trasporto solido di fondo e in sospensione (briglie selettive, vasche di sedimentazioni, ecc.)	45-55

Vallone Gesina

In corrispondenza del Vallone Gesina, dai dati sopra riportati, abbiamo una portata per un periodo di ritorno $T_r=100$ anni, pari a **9.91 m³/s** e un volume di piena pari a **30.742 m³**.

Per la determinazioni di tali valori si è tenuto conto del modello geomorfoclimatico (coefficiente di deflusso C_f e tempo di ritardo del bacino t_r), che assume alla base la suddivisione di ogni bacino in tre complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico:

- le aree permeabili con copertura boschiva;
- le aree permeabili senza copertura boschiva;
- le aree a bassa permeabilità;

La morfologia del territorio, ambiente per lo più boscato, ha permesso di assumere i seguenti valori

A	A_{imp}	A_{perm}	A_{ed}
Area del bacino	Area impermeabile	Area permeabile	Area edificata
[Km²]	[Km²]	[Km²]	[Km²]
1.53	0.459	1.071	0.00

Dal punto di vista progettuale, al fine di mitigare il rischio idraulico, mettendo in sicurezza le aree del centro abitato di Spineto, è stato quella di ridurre sensibilmente le portate di piene e in particolare i volumi interessati con diverse opere di ingegneria naturalistica, in particolare:

✓ Trincea drenante

E' previsto un corpo drenante avente una lunghezza di circa 100m e una sezione trapezoidale con base maggiore di 3m + base minore 2m e h=2m

La portata d'acqua che può smaltire una determinata area, utilizzata per il dimensionamento della trincea drenante, è ricavabile mediante la formula

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

i = gradiente idraulico

A = superficie trincea (ha)

Inserendo nella formula i dati noti che sono: $K = 0,00452\text{m/sec}$ e

$i = 2 \text{ m}$

A (espressa in ettari) = in 500 m^2 (equivalenti a $0,05 \text{ ha}$)

Q =pari a $0,0045 \text{ mc/sec}$

Tale portata, ai fini del calcolo idraulico è assolutamente insignificante, ma come verrà illustrato nella pagine successive, le trincee hanno più una funzione di stabilità contro il rischio frana,

Il corpo drenante è formato da uno strato di ghiaia pulita, completamente avvolto con un telo di tessuto non tessuto posto a contatto col terreno da drenare. Al disopra di questo il riempimento della trincea è completato da uno strato di sabbia e dallo strato sommitale di terreno vegetale

Tali opere sono state progettate affinché offrano un efficace sistema di drenaggio delle acque di infiltrazione e di quelle della falda. L'abbattimento della quota piezometrica della falda e la diminuzione del contenuto d'acqua nel terreno consentono di ottenere una sensibile riduzione delle pressioni interstiziali ed un aumento della coesione, migliorando le condizioni di stabilità del pendio.

✓ Difesa trasversale (briglie) in gabbionate

È previsto in progetto, installazione n.3 opere di difesa trasversale (*briglie*) in gabbionate di pietrame rinverdite, dotate ciascuna di n.2 vasche di dissipazione, di accumulo e di assorbimento. In particolare si prevede di installare due opere del Tipo 1 e un'opera del Tipo 2. Le due opere presentano le stesse caratteristiche dimensionali e tecniche, solo che nel caso di quest'ultima tipologia, per aumentare la capacità di smaltimento dell'acqua di piena, sono previsti dei pozzi drenanti. Il loro posizionamento planimetrico è tale da ridurre sensibilmente la velocità dell'acqua e contemporaneamente smaltire una discreta portata di volume d'invaso. Le vasche, sfalsate in quota avranno ciascuna una capacità di circa 330 mc così determinata:

$$W = 15\text{m} \cdot 11\text{m} \cdot 2\text{ m} = 330\text{ mc}$$

Pertanto il volume complessivo di ogni singola difesa trasversale è di circa 660 m^3 .

La capacità complessiva delle 6 vasche è di circa 1980m^3 .

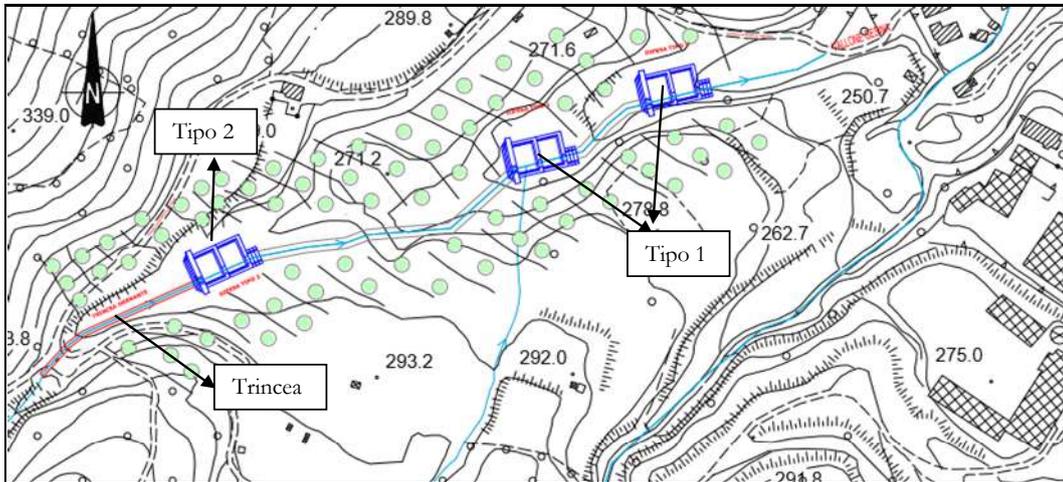


Fig.1: Vallone Gesina: Opere di difesa Idraulica Tipo 2 – Tipo 1 - Trincea

Per la valutazione della capacità di piena si è tenuto conto, date le dimensioni del bacino e delle portate interessate, di mitigare il rischio idraulico, con opere che riducono sensibilmente i quantitativi verso il centro abitato, ma non possono in alcun modo contenere totalmente i volumi precedentemente tabellati.

Inoltre tali opere riescono ad arginare e controllare un eventuale trasporto solido trascinato dalla corrente in piena.

Per il dimensionamento delle opere idrauliche si è considerato il volume che giunge in una sezione di chiusura localizzata a valle della sezione di chiusura. Pertanto si ipotizza che i volumi che per cause precedentemente trattate, non possono essere contenuti nelle opere descritte, a valle giungono in un canale tombato in calcestruzzo, del diametro di 1m circa e di un ulteriore canale ricettivo in calcestruzzo a sezione rettangolare aperta.

Si stima che tale opera possa smaltire una portata di seguito ipotizzata

D	<input type="text" value="1"/>	m	= Diametro interno del canale	Tabella diametri interni tubazioni
w	<input type="text" value="80"/>	%	= Livello percentuale riempimento del canale	
i	<input type="text" value="0.5"/>	m/m	= Pendenza del canale	
k	<input type="text" value="80"/>		= Coefficiente di scabrezza	
$v = k R^{2/3} i^{1/2}$				
Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler:				
120 Tubi Pe, PVC, PRFV				
100 Tubi nuovi gres o ghisa rivestita				
80 Tubi con lievi incrostazioni, cemento ord.				
60 Tubi con incrostazioni e depositi				
40 Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo				
Q	<input type="text" value="17.23429924979865"/>	m ³ /s	= Portata della condotta	

Il valore di portata che può essere smaltita da tale condotta è maggiore della portata calcolata che sopraggiunge nella sezione di chiusura.

Per questo si può cautelativamente affermare di poter mitigare con queste opere il rischio idraulico molto elevato incombente sul centro storico, tenendo conto che nei calcoli si è trascurato cautelativamente il contributo che le trincee drenanti insieme ai pozzi disperdenti forniscono alla piena massima.

Trattandosi di un bacino imbrifero di piccola estensione innanzi tutto è da precisare che il rischio idraulico conseguente ad una piena centennale sussisterebbe per effetto di precipitazioni brevissime ma molto intense ed eccezionali, a seguito delle quali enormi quantitativi d'acqua potrebbero giungere sul centro storico in pochissimo tempo ed invadere gli immobili. E pertanto non si ritiene che un simile evento possa verificarsi contemporaneamente a quello da rischio "frana", in quanto quest'ultimo richiederebbe invece precipitazioni persistenti, meno intense ma di lunga durata, tali da provocare la saturazione della coltre piroclastica.

Pertanto non si è ritenuto e non si ritiene di dover verificare la capacità dei sei bacini di accumulo al verificarsi contemporaneo dei due eventi (piena centennale e colata tipo debris-flow).

Vallone Visciglieta

In corrispondenza del Vallone Visciglieta, dai dati sopra riportati, abbiamo una portata per un periodo di ritorno $Tr=100$ anni, pari a **7.90 m³/s** e un volume di piena pari a **21.240 m³**.

Per la determinazioni di tali valori si è tenuto conto del modello geomorfoclimatico (coefficiente di deflusso C_f e tempo di ritardo del bacino τ_r), che assume alla base la suddivisione di ogni bacino in tre complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico:

- le aree permeabili con copertura boschiva;
- le aree permeabili senza copertura boschiva;
- le aree a bassa permeabilità;

La morfologia del territorio, ambiente per lo più boscato, ha permesso di assumere i seguenti valori

A	A_{imp}	A_{perm}	A_{ed}
Area del bacino	Area impermeabile	Area permeabile	Area edificata
[Km²]	[Km²]	[Km²]	[Km²]
1.150	0.345	0.805	0.00

Dal punto di vista progettuale, al fine di mitigare il rischio idraulico, mettendo in sicurezza le aree del centro abitato di Spineto, è stato quella di ridurre sensibilmente le portate di piene e in particolare i volumi interessati con diverse opere di ingegneria naturalistica, in particolare:

✓ Trincea drenante

E' previsto un corpo drenante avente una lunghezza di circa 100m e una sezione trapezoidale con base maggiore di 3m + base minore 2m e h=2m

La portata d'acqua che può smaltire una determinata area, utilizzata per il dimensionamento della trincea drenante, è ricavabile mediante la formula

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

i = gradiente idraulico

A = superficie trincea (ha)

Inserendo nella formula i dati noti che sono: K = 0,00452m/sec e

$$i = 2 \text{ m}$$

$$A(\text{espressa in ettari}) = \text{in } 500 \text{ m}^2(\text{equivalenti a } 0,05 \text{ ha})$$

Q=0,0045 mc/sec

Il corpo drenante è formato da uno strato di ghiaia pulita, completamente avvolto con un telo di tessuto non tessuto posto a contatto col terreno da drenare. Al disopra di questo il riempimento della trincea è completato da uno strato di sabbia e dallo strato sommitale di terreno vegetale

Tali opere sono state progettate affinché offrano un efficace sistema di drenaggio delle acque di infiltrazione e di quelle della falda. L'abbattimento della quota piezometrica della falda e la diminuzione del contenuto d'acqua nel terreno consentono di ottenere una sensibile riduzione delle pressioni interstiziali ed un aumento della coesione, migliorando le condizioni di stabilità del pendio.

✓ Difesa trasversale (briglie) in gabbionate

Il progetto prevede l'installazione n.3 opere di difesa trasversale (*briglie*) in gabbionate di pietrame rinverdite, dotate ciascuna di n.2 vasche di dissipazione, di accumulo e di assorbimento. In particolare si prevede di installare due opere del Tipo 1 e un'opera del Tipo 2. Le due opere presentano le stesse caratteristiche dimensionali e tecniche, solo che nel caso della tipologia Tipo 1, per aumentare la capacità di smaltimento dell'acqua di piena, sono previsti dei pozzi drenanti. Il loro posizionamento planimetrico è tale da ridurre sensibilmente la velocità dell'acqua e contemporaneamente smaltire una discreta portata di volume d'invaso.

Le vasche, sfalsate in quota avranno ciascuna una capacità di circa 330 mc così determinata:

$$\underline{W = 15\text{m} \cdot 11\text{m} \cdot 2 \text{ m} = 330 \text{ mc}}$$

Pertanto il volume complessivo di ogni singola difesa trasversale è di circa 660 m³

La capacità complessiva delle 6 vasche è di circa 1980m³.

Per la valutazione della capacità di piena si è tenuto conto, date le dimensioni del bacino e delle portate interessate, di mitigare il rischio idraulico, con opere che riducono sensibilmente i quantitativi verso il centro abitato, ma non possono in alcun modo contenere totalmente i volumi precedentemente tabellati.

Inoltre tali opere riescono ad arginare e controllare un eventuale trasporto solido trascinato dalla corrente in piena.

Relativamente alla sezione di chiusura del bacino, così come per il Vallone Gesina, la si può ipotizzare approssimata con l'inizio di un tratto tombato in calcestruzzo di cui abbiamo definito precedentemente le portate. Pertanto si ipotizza che le portate dei due bacini confluiscono entrambi in tale tratto tombato in calcestruzzo.

La portata totale del tratto pari a circa $18\text{m}^3/\text{s}$ è inferiore alla somma delle portate dei due bacini (Gelsina pari a $9.91\text{m}^3/\text{s}$ + Visciglieta $7.90\text{m}^3/\text{s}$).

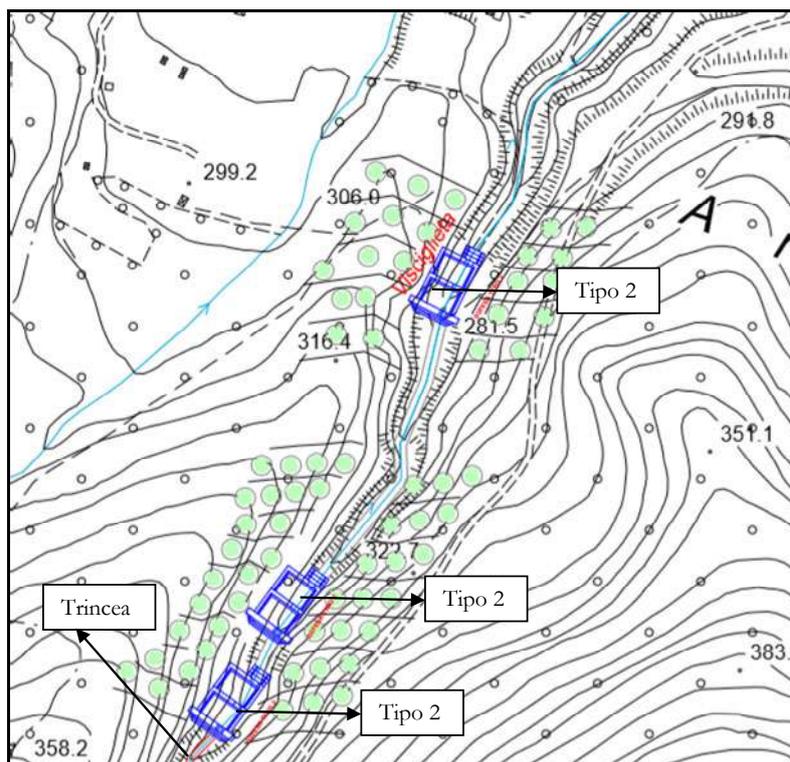


Fig.2: Vallone Visciglieta: Opere di difesa Idraulica Tipo 2 – Tipo 1 - Trincea

Vallone Centrale

In corrispondenza del Vallone Centrale, dai dati sopra riportati, abbiamo una portata per un periodo di ritorno $T_r=100$ anni, pari a **2.29 m³/s** e un volume di piena pari a **2.923 m³**. Per la determinazioni di tali valori si è tenuto conto del modello geomorfoclimatico (coefficiente di deflusso C_f e tempo di ritardo del bacino t_r), che assume alla base la suddivisione di ogni bacino in tre complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico:

- le aree permeabili con copertura boschiva;
- le aree permeabili senza copertura boschiva;
- le aree a bassa permeabilità;

La morfologia del territorio, ambiente per lo più boscato, ha permesso di assumere i seguenti valori

A	A_{imp}	A_{perm}	A_{ed}
Area del bacino	Area impermeabile	Area permeabile	Area edificata
[Km²]	[Km²]	[Km²]	[Km²]
0.260	0.078	0.182	0.00

Dal punto di vista progettuale, al fine di mitigare il rischio idraulico, mettendo in sicurezza le aree del centro abitato di Spineto, è stato quella di ridurre sensibilmente le portate di piene e in particolare i volumi interessati con diverse opere di ingegneria naturalistica, in particolare:

✓ Trincea drenante

E' previsto un corpo drenante avente una lunghezza di circa 100m e una sezione trapezoidale con base maggiore di 3m + base minore 2m e h=2m

La portata d'acqua che può smaltire una determinata area, utilizzata per il dimensionamento della trincea drenante, è ricavabile mediante la formula

$$Q = K \cdot i \cdot A$$

dove:

K = coefficiente di permeabilità

i = gradiente idraulico

A = superficie trincea (ha)

Inserendo nella formula i dati noti che sono: $K = 0,00452\text{m/sec}$ e

$i = 2\text{ m}$

A (espressa in ettari) = in 500 m^2 (equivalenti a $0,05\text{ ha}$)

Q=pari a 0,0045 mc/sec

Il corpo drenante è formato da uno strato di ghiaia pulita, completamente avvolto con un telo di tessuto non tessuto posto a contatto col terreno da drenare. Al disopra di questo il riempimento della trincea è completato da uno strato di sabbia e dallo strato sommitale di terreno vegetale.

Tali opere sono state progettate affinché offrano un efficace sistema di drenaggio delle acque di infiltrazione e di quelle della falda. L'abbattimento della quota piezometrica della falda e la diminuzione del contenuto d'acqua nel terreno consentono di ottenere una sensibile riduzione delle pressioni interstiziali ed un aumento della coesione, migliorando le condizioni di stabilità del pendio

✓ **Difesa trasversale (briglie) in gabbionate**

È previsto in progetto, installazione n.2 opere di difesa trasversale (*briglie*) in gabbionate di pietrame rinverdite, dotate ciascuna di n.2 vasche di dissipazione, di accumulo e di assorbimento. In particolare si prevede di installare due opere del Tipo 3. Il loro posizionamento planimetrico è tale da ridurre sensibilmente la velocità dell'acqua e contemporaneamente smaltire una discreta portata di volume d'invaso.

Le vasche, sfalsate in quota avranno ciascuna una capacità di circa 330 mc così determinata:

$$\underline{W = 15\text{m} \cdot 11\text{m} \cdot 2\text{ m} = 330\text{ mc}}$$

Pertanto il volume complessivo di ogni singola difesa trasversale è di circa 660 m^3

La capacità complessiva delle 4 vasche è di circa 1320m^3 .

Per la valutazione della capacità di piena si è tenuto conto, date le dimensioni ridotte del bacino e delle portate interessate, di mitigare il rischio idraulico, con opere che riducono sensibilmente i quantitativi verso il centro abitato, ma non possono in alcun modo contenere totalmente i volumi precedentemente tabellati.

Inoltre tali opere riescono ad arginare e controllare un eventuale trasporto solido trascinato dalla corrente in piena.

Tali opere sono state progettate affinché offrano un efficace sistema di drenaggio delle acque di infiltrazione e di quelle della falda. L'abbattimento della quota piezometrica della falda e la diminuzione del contenuto d'acqua nel terreno consentono di ottenere una sensibile riduzione delle pressioni interstiziali ed un aumento della coesione, migliorando le condizioni di stabilità del pendio

Pertanto non si è ritenuto e non si ritiene di dover verificare la capacità dei sei bacini di accumulo al verificarsi contemporaneo dei due eventi (piena centennale e colata tipo debris-flow).

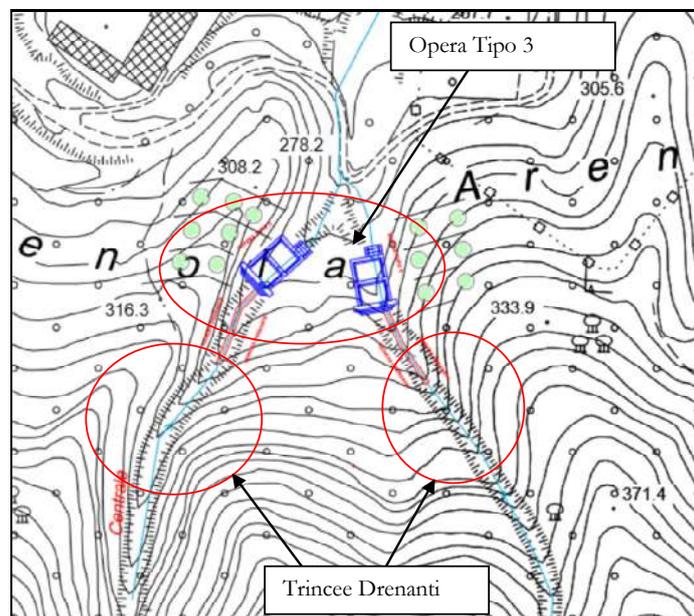


Fig.3: Vallone Centrale – Opere di difesa Idraulica Tipo 3+ trincea

3.1 Scala di deflusso sezione trapezoidale - tratto compreso tra opera tipo 1 ed opera tipo 2 - pendenza $i = 17\%$ - scabrezza $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$

h	A	L	P	R	Q_{cr}	V_{cr}	Q_u	V_u
Tirante idrico	Area sezione bagnata	Larghezza in superficie	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata in stato critico	Velocità in stato critico	Portata in moto uniforme	Velocità in moto uniforme
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ³ /s]	[m/s]
0.02	0.040	2.040	2.057	0.020	0.018	0.441	0.030	0.750
0.05	0.092	2.090	2.127	0.043	0.060	0.657	0.117	1.270
0.07	0.145	2.140	2.198	0.066	0.118	0.815	0.244	1.682
0.10	0.199	2.190	2.269	0.088	0.188	0.944	0.405	2.035
0.12	0.254	2.240	2.339	0.109	0.269	1.056	0.597	2.348
0.15	0.311	2.290	2.410	0.129	0.359	1.154	0.819	2.632
0.17	0.369	2.340	2.481	0.149	0.459	1.244	1.067	2.893
0.20	0.428	2.390	2.552	0.168	0.567	1.325	1.342	3.135
0.22	0.488	2.440	2.622	0.186	0.684	1.401	1.642	3.362
0.25	0.550	2.490	2.693	0.204	0.810	1.472	1.966	3.575
0.27	0.613	2.540	2.764	0.222	0.943	1.539	2.315	3.777
0.30	0.677	2.590	2.834	0.239	1.084	1.601	2.687	3.968
0.32	0.742	2.640	2.905	0.256	1.233	1.661	3.082	4.151
0.35	0.809	2.690	2.976	0.272	1.390	1.718	3.500	4.326
0.37	0.877	2.740	3.047	0.288	1.554	1.772	3.940	4.494
0.40	0.946	2.790	3.117	0.303	1.725	1.824	4.404	4.655
0.42	1.016	2.840	3.188	0.319	1.904	1.874	4.890	4.811
0.45	1.088	2.890	3.259	0.334	2.091	1.922	5.398	4.961
0.47	1.161	2.940	3.329	0.349	2.285	1.968	5.928	5.106
0.50	1.235	2.990	3.400	0.363	2.486	2.013	6.481	5.248
0.52	1.310	3.040	3.471	0.378	2.695	2.056	7.056	5.385
0.55	1.387	3.090	3.541	0.392	2.911	2.098	7.653	5.518
0.57	1.465	3.140	3.612	0.406	3.134	2.139	8.273	5.647
0.60	1.544	3.190	3.683	0.419	3.365	2.179	8.915	5.774
0.62	1.624	3.240	3.754	0.433	3.602	2.218	9.580	5.897
0.65	1.706	3.290	3.824	0.446	3.848	2.255	10.267	6.018
0.67	1.789	3.340	3.895	0.459	4.101	2.292	10.977	6.136
0.70	1.873	3.390	3.966	0.472	4.361	2.328	11.709	6.251
0.72	1.958	3.440	4.036	0.485	4.628	2.363	12.464	6.365
0.75	2.045	3.490	4.107	0.498	4.903	2.398	13.242	6.475
0.77	2.133	3.540	4.178	0.511	5.185	2.431	14.044	6.584
0.80	2.222	3.590	4.249	0.523	5.475	2.464	14.868	6.691

0.82	2.312	3.640	4.319	0.535	5.773	2.496	15.715	6.796
0.85	2.404	3.690	4.390	0.548	6.078	2.528	16.586	6.899
0.87	2.497	3.740	4.461	0.560	6.390	2.559	17.481	7.001
0.90	2.591	3.790	4.531	0.572	6.710	2.590	18.399	7.101
0.92	2.686	3.840	4.602	0.584	7.038	2.620	19.341	7.200
0.95	2.783	3.890	4.673	0.596	7.373	2.649	20.307	7.297
0.97	2.881	3.940	4.744	0.607	7.716	2.678	21.296	7.392
1.00	2.980	3.990	4.814	0.619	8.066	2.707	22.311	7.487

3.2 Scala di deflusso sezione trapezoidale - tratto a monte opera tipo 2 - pendenza $i = 36\%$ - scabrezza $K_s = 25 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$

h	A	L	P	R	Q _{cr}	V _{cr}	Q _u	V _u
Tirante idrico	Area sezione bagnata	Larghezza in superficie	Perimetro bagnato	Raggio idraulico	Portata in stato critico	Velocità in stato critico	Portata in moto uniforme	Velocità in moto uniforme
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m]	[m ³ /s]	[m/s]	[m ³ /s]	[m/s]
0.02	0.040	2.040	2.057	0.020	0.018	0.441	0.044	1.092
0.05	0.092	2.090	2.127	0.043	0.060	0.657	0.170	1.848
0.07	0.145	2.140	2.198	0.066	0.118	0.815	0.355	2.448
0.10	0.199	2.190	2.269	0.088	0.188	0.944	0.589	2.961
0.12	0.254	2.240	2.339	0.109	0.269	1.056	0.869	3.417
0.15	0.311	2.290	2.410	0.129	0.359	1.154	1.191	3.831
0.17	0.369	2.340	2.481	0.149	0.459	1.244	1.553	4.210
0.20	0.428	2.390	2.552	0.168	0.567	1.325	1.953	4.562
0.22	0.488	2.440	2.622	0.186	0.684	1.401	2.389	4.892
0.25	0.550	2.490	2.693	0.204	0.810	1.472	2.861	5.202
0.27	0.613	2.540	2.764	0.222	0.943	1.539	3.368	5.496
0.30	0.677	2.590	2.834	0.239	1.084	1.601	3.910	5.775
0.32	0.742	2.640	2.905	0.256	1.233	1.661	4.485	6.041
0.35	0.809	2.690	2.976	0.272	1.390	1.718	5.093	6.295
0.37	0.877	2.740	3.047	0.288	1.554	1.772	5.734	6.539
0.40	0.946	2.790	3.117	0.303	1.725	1.824	6.408	6.774
0.42	1.016	2.840	3.188	0.319	1.904	1.874	7.115	7.000
0.45	1.088	2.890	3.259	0.334	2.091	1.922	7.855	7.219
0.47	1.161	2.940	3.329	0.349	2.285	1.968	8.627	7.431
0.50	1.235	2.990	3.400	0.363	2.486	2.013	9.431	7.636
0.52	1.310	3.040	3.471	0.378	2.695	2.056	10.268	7.836
0.55	1.387	3.090	3.541	0.392	2.911	2.098	11.137	8.030
0.57	1.465	3.140	3.612	0.406	3.134	2.139	12.039	8.218
0.60	1.544	3.190	3.683	0.419	3.365	2.179	12.973	8.402
0.62	1.624	3.240	3.754	0.433	3.602	2.218	13.941	8.582
0.65	1.706	3.290	3.824	0.446	3.848	2.255	14.940	8.757
0.67	1.789	3.340	3.895	0.459	4.101	2.292	15.973	8.929
0.70	1.873	3.390	3.966	0.472	4.361	2.328	17.039	9.097
0.72	1.958	3.440	4.036	0.485	4.628	2.363	18.138	9.262
0.75	2.045	3.490	4.107	0.498	4.903	2.398	19.271	9.423
0.77	2.133	3.540	4.178	0.511	5.185	2.431	20.436	9.582
0.80	2.222	3.590	4.249	0.523	5.475	2.464	21.636	9.737

0.82	2.312	3.640	4.319	0.535	5.773	2.496	22.869	9.890
0.85	2.404	3.690	4.390	0.548	6.078	2.528	24.137	10.040
0.87	2.497	3.740	4.461	0.560	6.390	2.559	25.438	10.188
0.90	2.591	3.790	4.531	0.572	6.710	2.590	26.774	10.334
0.92	2.686	3.840	4.602	0.584	7.038	2.620	28.145	10.477
0.95	2.783	3.890	4.673	0.596	7.373	2.649	29.550	10.618
0.97	2.881	3.940	4.744	0.607	7.716	2.678	30.991	10.757
1.00	2.980	3.990	4.814	0.619	8.066	2.707	32.467	10.895