

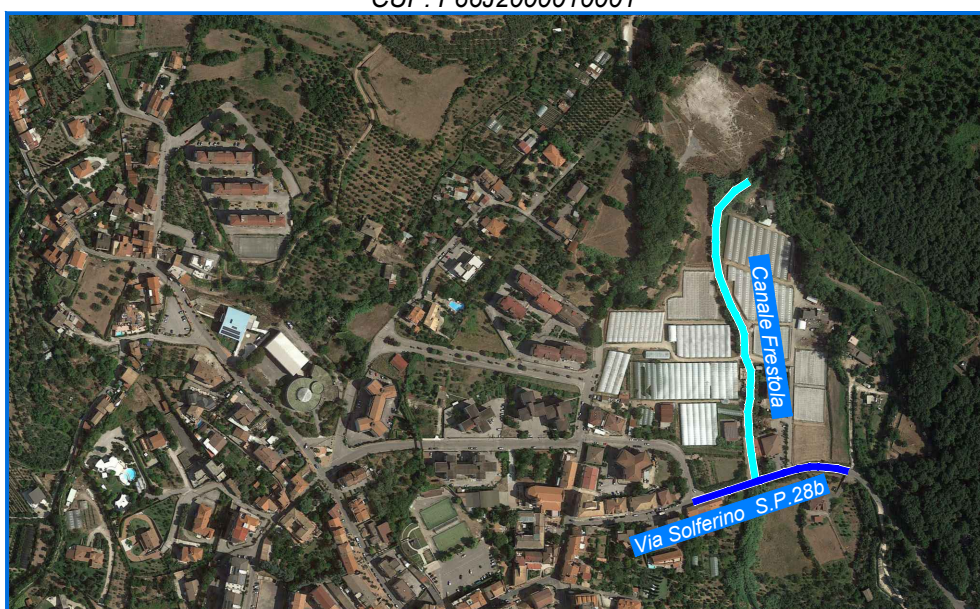


## COMUNE DI PONTECAGNANO FAIANO (Provincia di Salerno)

### INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDRAULICO SU AREE COMUNALI

### **LOTTO 3:** INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRITORIO A RISCHIO IDRAULICO LUNGO LE STRADE DEL CENTRO ABITATO DI FAIANO

CUP: F66J2000010001



## PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO

R.3

RELAZIONE IDROLOGICA

Cod.: 05-2022

R.T.P. :

ing. Alfredo Luongo (Capogruppo)

Studio SAIPROGETTI Arch. e Ing. Associati

Dott. Geologo Mariateresa Bassi

ing. Antonio Urti

Il R.U.P. - D.E.C. :

ing. Danila D'Angelo

(Responsabile del Settore Lavori Pubblici,  
Manutenzione e Infrastrutture)

0	Novembre 2022	Emissione	A. Urti	A. Urti	A. Luongo
Revisione	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato



## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DEI LUOGHI</b> .....	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA</b> .....	<b>7</b>
<b>3. STUDIO IDROLOGICO</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. PREMESSA</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2. VAPI IDROMETRIA</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3. LEGGE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.4. PIOGGE AREALI</b> .....	<b>17</b>
<b>3.5. I PARAMETRI DEL MODELLO GEOMORFOCLIMATICO</b> .....	<b>17</b>
<b>3.6. STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.7. RISULTATI MODELLO REGRESSIVO</b> .....	<b>22</b>
<b>3.8. RISULTATI MODELLO RAZIONALE</b> .....	<b>22</b>
<b>3.9. RISULTATI MODELLO GEOMORFOCLIMATICO</b> .....	<b>22</b>



## **PREMESSA**

---

Il progetto in questione è inserito negli interventi di manutenzione programmati sul territorio comunale volti alla valorizzazione e al miglioramento del patrimonio dell'Ente al fine di salvaguardare la pubblica e privata incolumità, oltre che per il decoro pubblico.

Nello specifico, l'intervento interesserà la zona a nord della S.P. 28, Via Solferino, caratterizzata dalla presenza di terreni agricoli con impianti serricoli, e di un canale denominato "Frestola".

Gli interventi di progetto mirano a migliorare la capacità idraulica del canale Frestola con la risagomatura della sezione e l'adeguamento della pendenza, in modo da garantire idonei franchi di sicurezza al transito delle portate di piena.

Il presente documento si compone di una parte iniziale riguardante l'inquadramento territoriale dell'area indagata, ed una parte prettamente metodologica e idrologica, in cui si passerà al calcolo delle massime portate al colmo di piena con diversi tempi di ritorno.

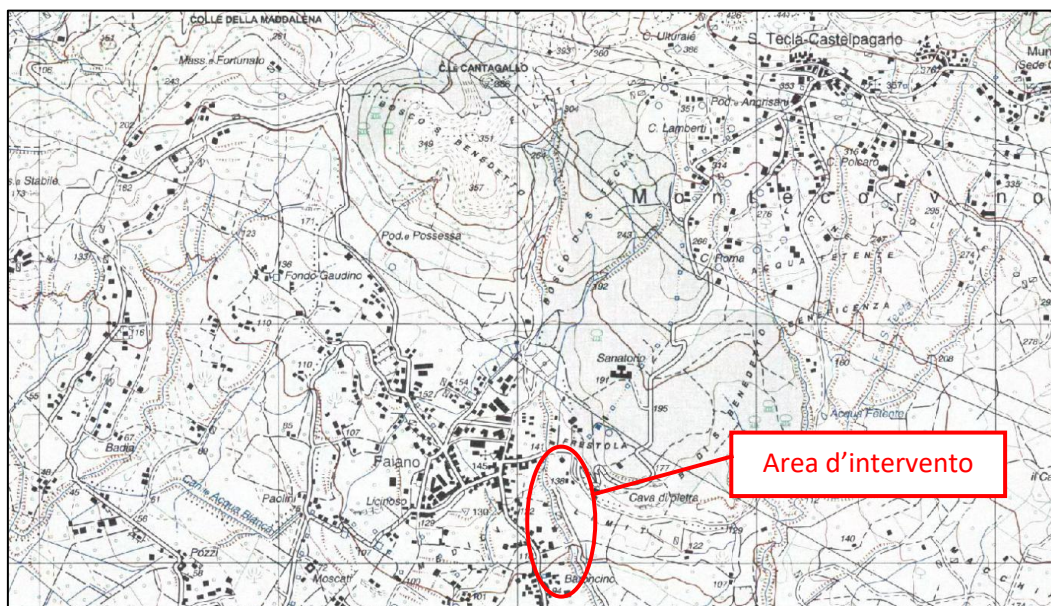
## **1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DEI LUOGHI**

---

Le Opere in progetto sono collocate ai limiti del centro urbano della località "Faiano", nel Comune di Pontecagnano Faiano. Il borgo di Faiano è situato in ambito collinare a circa 150 m sul livello del mare, a ridosso dei monti Picentini, e a circa 10 km da Salerno. La morfologia del territorio infatti, prevede quote che, dopo un abbassamento iniziale più brusco, degradano dolcemente all'interno del comune fino alla costa, distante poco più di 7 km. La zona più alta, vanta alcune aree boscate, in particolar modo in corrispondenza dell'area di intervento vi è il bosco di S. Benedetto, ricadente però nel comune adiacente di Montecorvino Pugliano.

Gli interventi previsti consistono nella sistemazione idrogeologica del cosiddetto "Canale Frestola", situato a Nord del territorio comunale, prospiciente la strada "Via Solferino" (SP28b).





**Figura 1 – Stralcio IGM 1:25.000 dell'area di interesse.**

L'area è altresì individuabile al foglio n. 467112 della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000, e al foglio IGM n. 197 I-NE "Pontecagnano Faiano" in scala 1:25000. Catastralmente l'intervento ricade a cavallo tra il foglio di mappa n.14 ed il foglio di mappa n.2 del Comune di Pontecagnano Faiano. Geograficamente invece il punto iniziale dell'intervento presenta le seguenti coordinate: **40°39'44.18"N 14°54'21.71"E**



**Figura 2 – Stralcio ortofoto dell'area di interesse.**



Dal punto di vista climatologico, il territorio comunale di Pontecagnano Faiano, trovandosi in corrispondenza della costa salernitana, è caratterizzato da un clima caldo e temperato, in cui ad inverni miti si alternano estati calde, con una piovosità decisamente più significativa nel periodo freddo, infatti si passa dai circa 30 mm di pioggia di luglio, ai 170 mm in novembre. In generale il livello medio annuo di pioggia è di circa 1200 mm. La temperatura media è di circa 16,8° C.

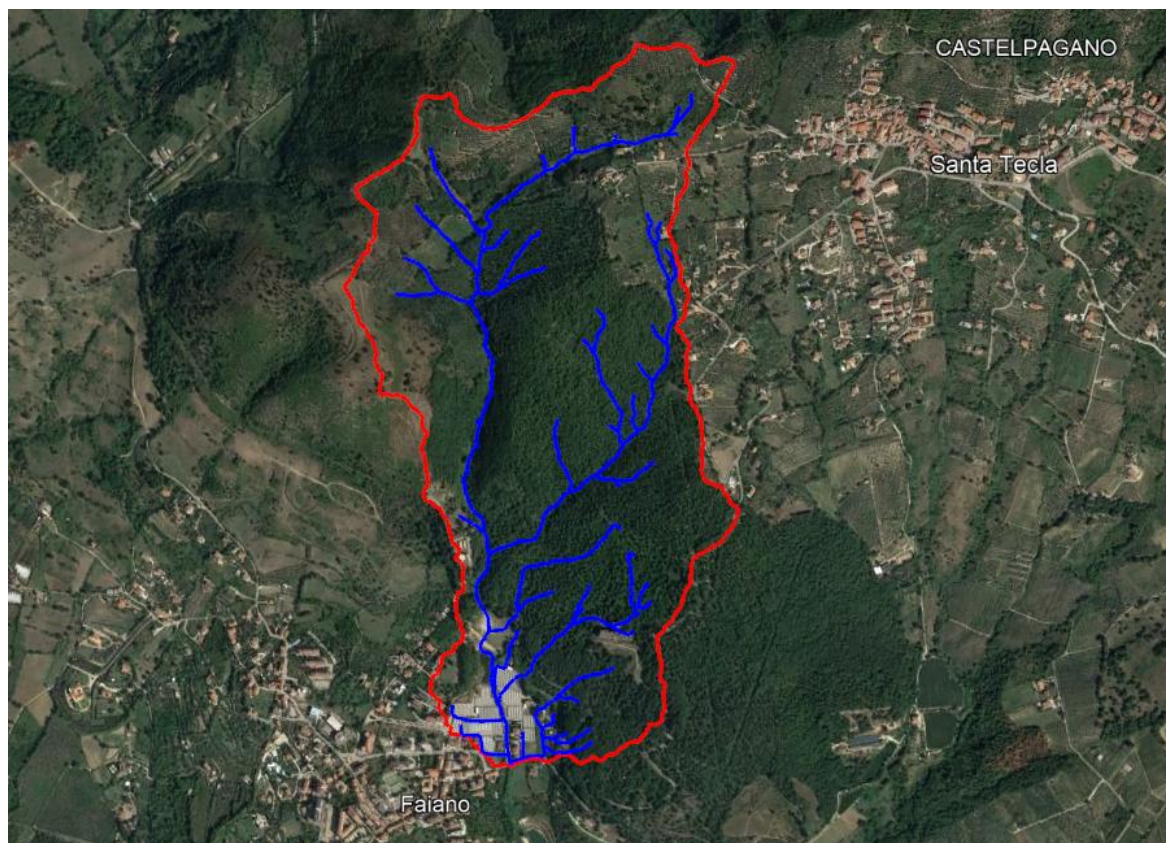
L'ambito territoriale in cui è collocato il bacino del Canale Frestola è rappresentato da un territorio sub-collinare caratterizzato da terreni agricoli con impianti serricoli in corrispondenza della sezione di chiusura, mentre la parte media e alta della superfice è costituita da bosco. Il canale è un affluente del fiume Asa, con cui si congiunge qualche km più a valle, prima della foce.

Il bacino indagato ha una superfice di 1,25 Km<sup>2</sup>, l'asta principale si estende per circa 2200 m fino alla sezione di chiusura, con pendenze medie che si aggirano intorno al 13%, mentre nel tratto oggetto di intervento del canale fino all'attraversamento di Via Solferino le pendenze risultano più lievi del 4%.

Le sezioni, nel tratto di intervento sono relativamente basse e non molto accentuate con una forma trapezoidale e con vegetazione arbustiva abbastanza sviluppata soprattutto andando verso monte.

Le sezioni più a valle sono caratterizzate dalla presenza di un muro di cinta relativo alle abitazioni e alle aziende adiacenti che seguono il canale longitudinalmente fino a Via Solferino. In questa zona, in destra idraulica il corso d'acqua durante gli eventi meteorici, a causa della piccola incisione delle sezioni, invade i terreni adiacenti e la strada provinciale stessa.





**Figura 3 – Bacino Idrografico del Canale Frestola.**



**Figura 4 – Immagine 3D del Bacino Idrografico del Canale Frestola.**





**Figura 5 –Canale Frestola, vista lato monte da SP28b.**



**Figura 6 –Canale Frestola, dettaglio sezioni.**



## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale di Pontecagnano Faiano è ubicato nel settore centro settentrionale della Piana del Sele, la quale rappresenta una depressione strutturale, formatasi in seguito alle fasi tettoniche dell'Appennino Campano fra il Pliocene medio ed il Quaternario, disposta trasversalmente rispetto alla catena appenninica ed aperta verso il Mar Tirreno.

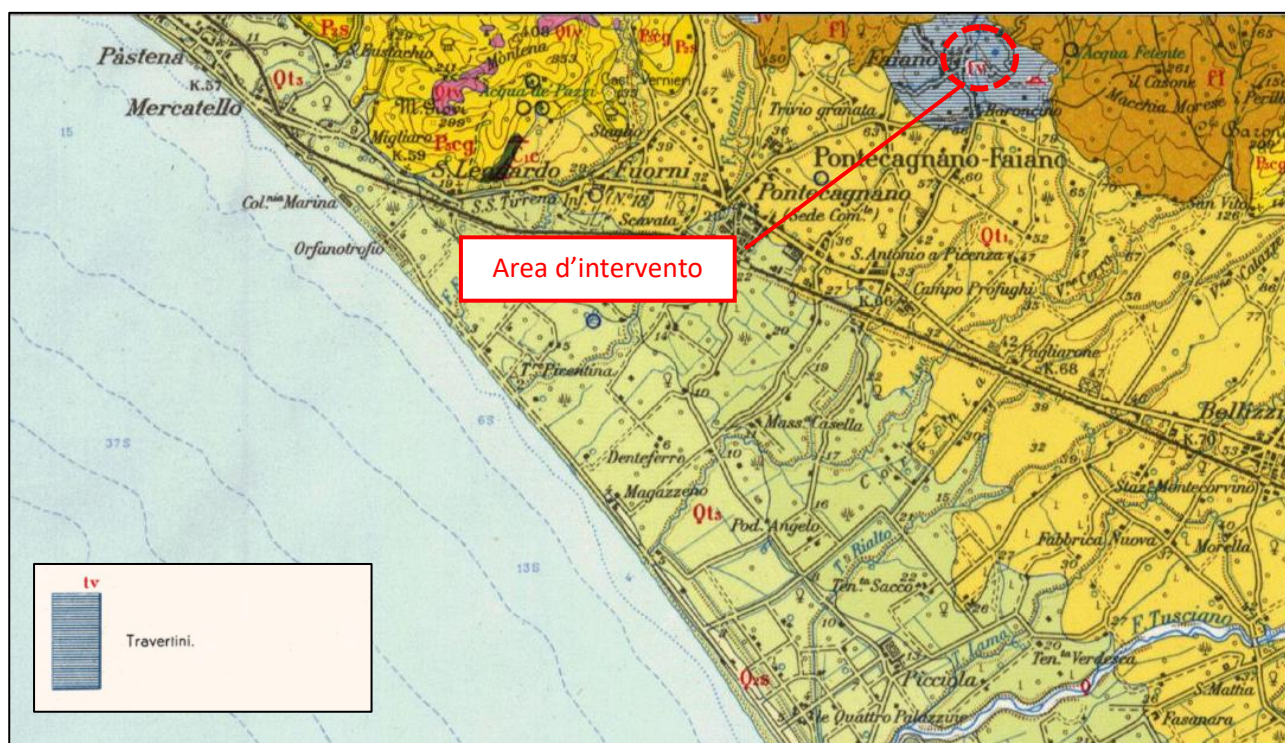


Figura 7 – Inquadramento dell'area di intervento sulla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio n.197 – “Amalfi”)

Topograficamente il territorio può essere suddiviso in due settori: un'area di bassa collina, con quote oscillanti tra gli 80 metri ed i 150 metri s.l.m., ed un'area sub pianeggiante. La prima si estende nella parte settentrionale del comprensorio comunale ed è caratterizzata da superfici terrazzate ed ampie zone pianeggianti a debole pendenza verso sud. Litologicamente essa è costituita da terreni prevalentemente litoidi, come la spessa placca di travertino su cui poggia l'abitato di Faiano. La seconda comprende la restante parte del territorio comunale fino al litorale, ed è costituita da depositi terrigeni alluvionali, accumulatisi nella Piana del Sele.

I complessi lito-stratigrafici affioranti nel territorio comunale possono essere distinti in diverse successioni litostratigrafiche:

- Depositi di piattaforma costituiti da calcari grigi-bianchi e avana, raramente conglomeratici, facenti parte dell'ossatura degli alti morfologici (Monti Picentini);





- Depositi argillosi policromi costituiti da un'alternanza di calcari marnosi, marne calcaree e marne, conintercalazioni di argille scagliose ed argilliti di colore grigio plumbeo;
- Depositi conglomeratici costituiti da puddinghe e brecce ad elementi calcareo-dolomitici in matricesabbiosa e sabbioso-limosa;
- Travertini mediamente compatti ed in parte sabbiosi sui quali sorge l'abitato di Faiano, ricoperti da una coltre terrosa spesso mista a materiale ghiaioso;
- Depositi alluvionali costituiti da sedimenti di natura fluviale, torrentizia, palustre e piroclastici.

Dal punto di vista idrogeologico l'area fa parte nell'unità idrogeologica della Piana del Sele, delimitata a sud-ovest dal mare e dai restanti lati prevalentemente da sedimenti impermeabili di natura argillosa marnosa-arenacea. Solo a nord-est di Pontecagnano, a nord di Eboli ed a nord-est di Paestum i depositi della piana vengono a contatto con i massicci carbonatici da cui ricevono alimentazione. A nord-ovest di Pontecagnano vi è una zona di drenaggio preferenziale dove la piana riceve alimentazione dal fiume Picentino mentre a nord-est vi è una zona di alimentazione preferenziale con acque provenienti dai travertini di Faiano.

Le acque di ruscellamento superficiali sono regimentate dalle aste fluviali del Torrente Asa e del Fiume Picentino, che rappresentano i più importanti recapiti superficiali delle acque nella zona valliva del territorio comunale.

Tali aste incidono i depositi alluvionali della Piana e assumono uno sviluppo tortuoso, talora meandriforme, soprattutto a causa delle modestissime pendenze in rapporto alle portate idriche mediamente smaltite e dell'incostante tipo e grado di permeabilità dei terreni attraversati.

Trattasi di un tipico aspetto della morfologia fluviale dovuto a simultanei fenomeni di erosione e deposizioni che si verificano rispettivamente lungo la sponda esterna ed interna degli alvei; questi ultimi subiscono, quindi, nel tempo, vistosi spostamenti laterali a cui si accompagnano cambiamenti di forma delle singole anse ed in più una migrazione generale, lenta, di queste ultime, verso valle.

L'idrografia superficiale nell'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza del fiume Picentino, il cui corso è ubicato ad ovest dell'area di interesse.



Dal punto di vista geomorfologico, il territorio comunale è caratterizzato da una discreta stabilità in relazione sia alle caratteristiche lito-tecniche dei terreni affioranti sia al favorevole assetto topografico.

Limitate zone potenzialmente ma mediamente instabili, caratterizzate da condizioni litologiche emorfologiche tali da poter essere interessate da fenomeni di dissesto locale, si riscontrano in unalimitata zona a sud e a sud est dell'abitato di Faiano, attraversata dal Fosso Frestola.





### 3. STUDIO IDROLOGICO

---

#### 3.1. PREMESSA

---

Il territorio comunale di Pontecagnano ricade nell'area di competenza dell'Autorità Distrettuale di Bacino Meridionale ed in particolar modo nell'unità di gestione Regionale Destra Sele, (ex Autorità di Bacino Regionale Campania Sud ed Interregionale Sele; già ex Autorità di Bacino Regionale Destra Sele)

Nelle pagine seguenti si procederà alla stima delle massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno(30, 100, 200 anni), con differenti modelli probabilistici.

Nella presente relazione, si è fatto riferimento al sia al cosiddetto modello *VAPI* (Valutazione delle Piene in Campania) relativo all'idrometria (*F.Rossi e P.Villani, 1995*) realizzato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (*GNDICI-CNR*).

Il modello *VAPI*, utilizzato anche dall'AdB per la valutazione della pericolosità idraulica in ottemperanza al DPCM 29/09/1998 che, tra l'altro, fornisce i criteri generali per l'individuazione, la perimetrazione e la classificazione delle aree a rischio da alluvione, appare adeguato e sufficientemente cautelativo per l'analisi idrologica e se ne dà nel seguito una descrizione sintetica.

#### 3.2. *VAPI* IDROMETRIA

---

Per la stima delle massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno si ricorre ad una analisi di frequenza usando tecniche geostatistiche (*kriging*) con schema gerarchico di regionalizzazione. La procedura utilizza la distribuzione *TCEV* (Two-Componet Extreme Value, *Rossi et al., 1984*) per la stima di un evento estremo. Tale distribuzione, risultando la distribuzione di probabilità del massimo valore di due variabili distribuite secondo la legge di Gumbel, è atta a fornire la stima di un determinato evento estremo proveniente dalla popolazione statistica degli eventi ordinari ovvero straordinari. I parametri della distribuzione vengono stimati ai vari livelli di regionalizzazione.

Indicando con  $Q_T$  le massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno  $T$ , è possibile scrivere:

$$Q_T = K_T \mu(Q) \quad (1)$$



Nella (1)  $K_T$  rappresenta il fattore probabilistico di crescita, funzione di  $T$ , e  $m(Q)$  rappresenta il valore della portata di piena (o piena indice).

Per quanto attiene il fattore di crescita  $K_T$ , esso può essere ricavato oltre che da rappresentazioni grafiche ottenute dall'espressione teorica della distribuzione TCEV anche mediante la seguente relazione semplificata (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = \left( \frac{\theta_* \ln \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T \quad (2)$$

I valori dei parametri riportati nella relazione (1), stimati al I ed al II livello di regionalizzazione e ricavati nel progetto VAPI per il territorio dell'Italia meridionale e per il compartimento di Napoli sono riportati nella tabella 1.

$\theta_* = 2.634$	$\Lambda_* = 0.350$	$\Lambda_1 = 13$	$\eta = 3.901$
--------------------	---------------------	------------------	----------------

**Tabella 1 . Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle portate in Campania**

Si riportano di seguito, nella Tab. 2, i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla (1) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T(anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
$K_T$ (portate)	0.87	1.29	1.63	2.03	2.17	2.47	2.61	3.07	3.53	4.15	4.52

**Tabella 2. Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per le portate in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno  $T$ .**

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \ln T \quad (3)$$

Tale relazione, oltre ad eliminare elementi di potenziale criticità legati essenzialmente all'utilizzo delle rappresentazioni grafiche del fattore di crescita, risulta abbastanza accurata in quanto conduce ad una leggera sottostima di  $K_T$  con errori che risultano sempre inferiori al 5% per  $T > 10$  anni.

Il valore della piena indice (media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena  $m(Q)$ ) è caratterizzata da una elevata variabilità spaziale, perché funzione dell'area del





bacino e dipendente da fattori climatici e geomorfologici. Quando nella sezione terminale del bacino in studio esiste una stazione di misura idrometrica, la stima della piena media annua può essere effettuata direttamente sulla serie osservata dei massimi annuali al colmo di piena, essendo tale stima piuttosto affidabile non appena la serie osservata sia di lunghezza appena sufficiente (4-5 anni).

Nel caso più frequente in cui tali dati dovessero mancare del tutto, possono essere utilizzati diversi modelli per la stima indiretta della piena media annua in particolar modo:

- Attraverso una **formulazione di tipo regressivo** tra la piena annua e le principali grandezze del bacino, a tal proposito risulta abbastanza affidabile la seguente relazione, che prevede l'utilizzo dell'Area ridotta, ovvero l'area del bacino, misurata in km<sup>2</sup> e depurata delle sue zone permeabili:

$$\mu(Q)=aA_{rid}^b \quad (4)$$

dove  $a=3.2160$  e  $b=0.7154$ .

- Un **modello razionale**, ha caratteristiche previsionali non molto inferiori a quelle di un modello concettuale più completo, che si espone in seguito, ma risulta di uso piuttosto agevole;
- Un **modello geomorfoclimatico**, ovvero che tenga conto delle precipitazioni sul bacino e delle caratteristiche geomorfologiche.

Il modello razionale ed il modello geomorfoclimatico sono modelli concettuali, in cui tutta l'area del bacino viene suddivisa in tipologie idrogeomorfologiche, in particolare vengono indicate con:

- A1 la superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco
- A2 la superficie non carbonatica del bacino;
- A3 la superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva

in ognuna delle quali vengono considerate costanti alcune delle grandezze utilizzate per l'analisi regionale della piena media annua.



Il **modello razionale** è esprimibile in una singola espressione:

$$\mu(Q) = C^* K_A(t_r) \mu[I(t_r)] A / 3.6 \quad (5)$$

in cui i parametri del modello, cioè il coefficiente di piena  $C^*$  ed il tempo di ritardo del bacino,  $t_r$ , possono essere valutati in base alle seguenti espressioni:

$$C^* = C^*_1 \frac{A_1}{A} + C^*_2 \frac{A_2}{A} \quad (6)$$

$$t_r = \frac{C^*_1 A_1}{C^* A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{C^*_2 A_2}{C^* A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2} \quad (7)$$

con:  $C^*_1 = 0.29$   $C^*_2 = 0.36$   $c_1 = 0.23$  m/s  $c_2 = 1.87$  m/s

Nelle (6)-(7) le aree sono in km<sup>2</sup>,  $t_r$  in ore,  $\mu[I(t_r)]$  in mm/ora ed  $\mu(Q)$  in m<sup>3</sup>/s.

Il **modello geomorfoclimatico** è il modello i cui parametri possiedono maggior significato fisico.

Esso si basa sul concetto che il bilancio idrologico di un bacino durante un evento di piena può essere schematizzato sostanzialmente tenendo conto di due componenti:

- sui versanti una quota parte delle precipitazioni viene persa a causa dell'infiltrazione, per tale ragione il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali si definisce coefficiente di afflusso di piena  $C_f$ ;
- lungo la rete idrografica l'aliquota di pioggia che raggiunge la sezione analizzata è quella che costituisce l'idrogramma di piena, che si verificherà con un certo ritardo rispetto al pluviogramma che lo ha causato. Per tale ragione viene definita una funzione di risposta del bacino ad un ingresso impulsivo istantaneo detto 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 o funzione di picco  $S(d)$ .

La forma assunta da  $S(d)$  dipende sostanzialmente dal tempo di ritardo  $t_r$ , definito come intervallo temporale che intercorre tra il baricentro del pluviogramma e il baricentro 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 ha il colmo di piena, che si verifica per eventi di durata  $d_c$ , viene definito come:

$$\mu(Q) = C_f A S(d_v) m[I_A (d_c)] \quad (8)$$

che può essere riscritta come:

$$\mu(Q) = \frac{C_f q \mu[I_A t_r] A}{3.6} \quad (9)$$

$t_r$  = tempo di ritardo del bacino, in ore;

$C_f$  = coefficiente di deflusso, caratteristico del bacino;

$\mu[I_A t_r]$  = media del massimo annuale dell'intensità di pioggia areale di durata pari al tempo di ritardo  $t_r$  del bacino, in mm/h;

$A$  = area del bacino, in  $\text{Km}^2$ ;

$q$  = coefficiente di attenuazione del colmo di piena.

Perciò per la valutazione della media dei massimi annuali della portata al colmo di piena  $m(Q)$ , risulta necessario:

- determinare le caratteristiche morfologiche ed altimetriche dei bacini idrografici;



- definire la legge di probabilità pluviometrica areale  $\mu[I_A t_r]$ ;
- calcolare i parametri del modello geomorfoclimatico C1 e tr.

### 3.3. LEGGE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

La variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata viene definita appunto legge di possibilità pluviometrica. Il rapporto VAPI Campania fa riferimento ad una legge del tipo:

$$\mu[I(d)] = \frac{\mu(h_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta} \quad (10)$$

In cui  $\beta = C - D * Z$

$\mu(h_0)$  rappresenta il limite di intensità di pioggia per  $d$  che tende a 0.

Nel Rapporto VAPI Campania i parametri di tale legge sono stati inglobati per 6 aree ritenute omogenee dal punto di vista pluviometrico, attraverso la 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.

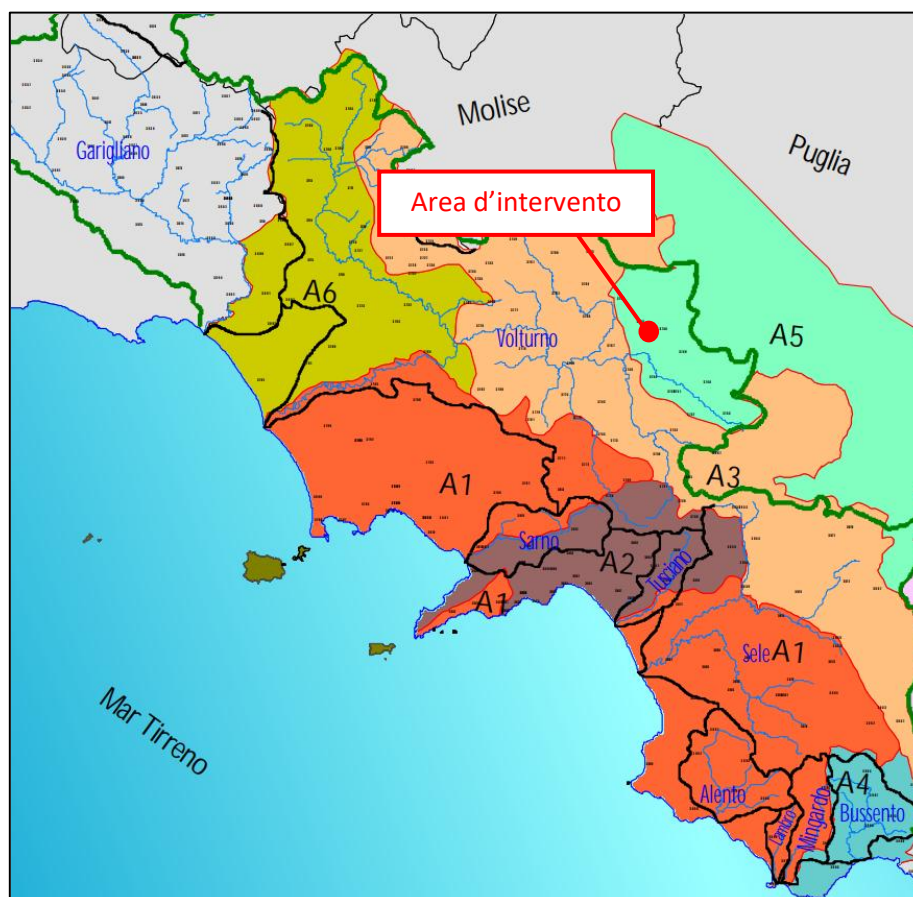


Figura 8 – Zone omogenee VAPI Campania.

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D * 10^5$	$\rho^2$
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

Tabella 3. parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

Analizzando la mappa delle aree pluviometriche omogenee, riportata nel Rapporto VAPI – Campania, si è riscontrato che i sottobacini idrografici oggetto di studio rientrano nell’area pluviometrica omogenea A5, ragion per cui i calcoli idrologici sono stati eseguiti per tale area





omogenea, al fine di valutare la condizione più sfavorevole (quella con portata maggiore) per le successive verifiche idrauliche delle sezioni di interesse.

### 3.4. PIOGGE AREALI

La legge di possibilità pluviometrica areale consente di conoscere come varia la media del massimo annuale dell'altezza di pioggia  $\mu(I_A(d))$ , in funzione della durata  $d$  e dell'area del bacino  $A$ .

Nota la legge  $\mu[d_A(d)]$ , è possibile definire la media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia areale come:

$$\mu[I_A(d)] = \mu[h_A(d)]/d \quad (11)$$

Tuttavia nella pratica comune, una volta definita la legge di probabilità pluviometrica, è possibile ottenere la media dei massimi annuali dell'intensità di pioggia areale, moltiplicando quella puntuale per un coefficiente di riduzione areale  $K_A(d)$ :

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3}) \quad (12)$$

dove  $A$  è l'area del bacino, espressa in  $\text{km}^2$ ,  $d$  la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono  $c_1 = 0.0021$   $c_2 = 0.53$   $c_3 = 0.25$

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

### 3.5. I PARAMETRI DEL MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

Nel rapporto VAPI Campania il territorio è stato suddiviso in complessi idrogeologici costituiti da litotipi che, nonostante siano diversi, mantengono un identico comportamento nei confronti dell'infiltrazione e nelle perdite degli afflussi nel sottosuolo. In particolar modo una certa influenza è data dalla copertura boschiva, oltre che dal tipo di permeabilità del terreno interessato.

La metodologia proposta dal VAPI Campania per la valutazione dei parametri che entrano in gioco nel modello geomorfoclimatico, ovvero il coefficiente di afflusso  $C_f$  ed il tempo di ritardo del bacino  $t_r$ , si basa sulla suddivisione di ogni bacino in tre complessi omogenei dal punto di vista idrogeologico:

- Aree permeabili (superficie carbonatica) senza copertura boschiva, indicate con A1;



- Aree a bassa permeabilità, indicate con A2;
- Aree permeabili con copertura boschiva, indicate con A3.

Il **Coefficiente di Afflusso** risulta valutabile con l'espressione:

$$C_f = C_{f1} \left( \frac{A_1}{A} \right) + C_{f2} \left( \frac{A_2}{A} \right) + C_{f3} \left( \frac{A_3}{A} \right) \quad (13)$$

Nel VAPI Campania sono riportati i valori di tali coefficienti, in particolar modo:

$C_{f1}$  = coefficiente di afflusso dell'area permeabile = 0.46;

$C_{f2}$  = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.52;

$C_{f3}$  = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con copertura boschiva = 0.00.

Altresì è possibile valutare il **Tempo di Ritardo** come:

$$t_r = \frac{C_{f1} A_1}{C_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_1}}{3.6 c_1} + \frac{C_{f2} A_2}{C_f A} \frac{1.25 \sqrt{A_2}}{3.6 c_2} \quad (14)$$

In cui

$c_1$  è la celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili = 0.23 m/s;

$c_1$  è la celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.87 m/s;

Infine nel modello geomorfoclimatico risulta fondamentale la stima del **coefficiente di attenuazione del colmo di piena**, il quale è legato in maniera complessa alla forma della legge di possibilità pluviometrica e alla risposta della rete idrografica.



Esso consente tra l'altro di tener conto dell'errore che si commette nell'assimilare la durata critica della pioggia, ovvero la durata che causa il massimo annuale del colmo di piena, al tempo di ritardo  $t_r$ .

Il suo valore sarà pari a:

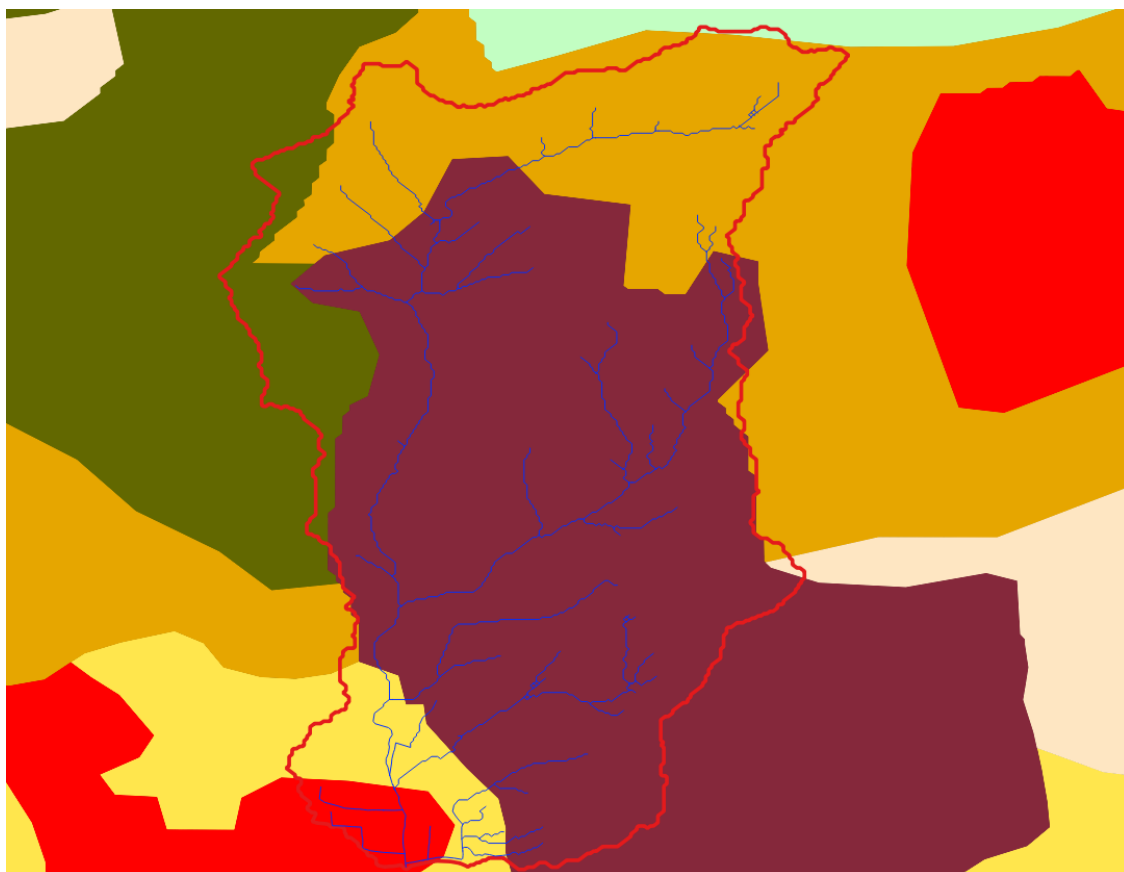
$$q = \begin{cases} 0.60 & \text{se } 0.25 \leq 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.45 \\ 0.65 & \text{se } 0.45 \leq 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c} \leq 0.65 \end{cases} \quad (15-16)$$

$\beta$  e  $d_c$  sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata, mentre  $k_1$  è un coefficiente numerico pari a  $1.44 \cdot 10^{-4}$ .

### **3.6. STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA**

Il Canale Frestola presenta, nel tratto di monte, due rami principali. Entrambi attraversano zone boscate (di cui è costituito la maggior parte del bacino) e destinate a fini agricoli, con abitato residenziale tendenzialmente sparso. Alcune superfici convogliano le acque nelle cunette a bordo strada o direttamente nella rete di canali a scorrimento superficiale che, ad ogni modo, raggiungono i rami principali e quindi la sezione di chiusura.





- 1.1.1. Tessuto urbano continuo
- 1.1.2. Tessuto urbano discontinuo
- 1.2.1. Aree industriali o commerciali
- 1.2.2. Reti stradali e ferroviarie
- 1.2.3. Aree portuali
- 1.2.4. Aeroporti
- 1.3.1. Aree estrattive
- 1.3.2. Discariche
- 1.3.3. Cantieri
- 1.4.1. Aree verdi urbane
- 1.4.2. Aree sportive e ricreative
- 2.1.1. Seminativi in aree non irrigue
- 2.1.2. Seminativi in aree irrigue
- 2.1.3. Risaie
- 2.2.1. Vigneti
- 2.2.2. Frutteti e frutti minori
- 2.2.3. Oliveti
- 2.2.4. Arboricoltura da legno
- 2.3.1. Prati stabili
- 2.4.1. Colture annuali associate a colture permanenti
- 2.4.2. Sistemi colturali e particolari complessi
- 2.4.3. Aree prevalentemente occupate da colture agrarie
- 2.4.4. Aree agroforestali
- 3.1.1. Boschi di latifoglie
- 3.1.2. Boschi di conifere
- 3.1.3. Boschi misti
- 3.2.1. Aree a pascolo naturale
- 3.2.2. Brughiere e cespuglieti
- 3.2.3. Aree a vegetazione sclerofilla
- 3.2.4. Aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
- 3.3.1. Spiagge, dune e sabbie
- 3.3.2. Rocce nude, falesie, rupi e affioramenti
- 3.3.3. Aree con vegetazione rada
- 3.3.4. Aree percorse da incendi
- 3.3.5. Ghiacciai e nevi perenni
- 4.1.1. Paludi interne
- 4.1.2. Torbiere
- 4.2.1. Paludi salmastre
- 4.2.2. Saline
- 4.2.3. Zone intertidali
- 5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie
- 5.1.2. Bacini d'acqua
- 5.2.1. Lagune
- 5.2.2. Estuari
- 5.2.3. Mare
- 1.2.1.1. Insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
- 2.1.1.1. Colture intensive
- 2.1.1.2. Colture estensive
- 2.2.4.1. Pioppicoltura
- 2.2.4.2. Latifoglie pregiate
- 2.2.4.3. Eucalitteti
- 2.2.4.4. Conifere
- 2.2.4.5. Impianti misti di latifoglie e conifere
- 3.1.1.1. Boschi a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)
- 3.1.1.2. Boschi a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere e/o farnia)
- 3.1.1.3. Boschi misti a prevalenza di altre latifoglie autoctone (latifoglie mesofile e mesotermofile quali acero-frassino, carpini)
- 3.1.1.4. Boschi a prevalenza di castagno
- 3.1.1.5. Boschi a prevalenza di faggio
- 3.1.1.6. Boschi a prevalenza di igrofite (quali salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)
- 3.1.1.7. Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di latifoglie esotiche (quali robinia, e ailanto)
- 3.1.2.1. Boschi a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, pino marittimo, pino d'Aleppo)
- 3.1.2.2. Boschi a prevalenza di pini oro-mediterranei e montani (pino nero e laricio, pino silvestre, pino loricato)
- 3.1.2.3. Boschi a prevalenza di abeti (quali bianco e/o rosso)
- 3.1.2.4. Boschi a prevalenza di larice e/o pino cembro
- 3.1.2.5. Boschi ed ex-piantagioni a prevalenza di conifere esotiche (quali douglasia, pino insignis, pino strobo)
- 3.2.1.1. Praterie continue
- 3.2.1.2. Praterie discontinue
- 3.2.3.1. Macchia alta
- 3.2.3.2. Macchia bassa e garighe
- 3.2.4.1. Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree
- 3.1.3.1.1. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce e altre latifoglie sempreverdi (quali leccio e sughera)
- 3.1.3.1.2. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di querce caducifoglie (cerro e/o roverella e/o farnetto e/o rovere)
- 3.1.3.1.3. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di altre latifoglie autoctone (latifoglie mesofile e mesotermofile quali acero-frassino, carpini)
- 3.1.3.1.4. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di castagno
- 3.1.3.1.5. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di faggio
- 3.1.3.1.6. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di igrofite (quali salici e/o pioppi e/o ontani, ecc.)
- 3.1.3.1.7. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di specie esotiche
- 3.1.3.2.1. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini mediterranei e cipressi (pino domestico, pino marittimo, pino d'Aleppo)
- 3.1.3.2.2. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di pini oro-mediterranei e montani (pino nero e laricio, pino silvestre, pino loricato)
- 3.1.3.2.3. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di abeti (quali bianco e/o rosso)
- 3.1.3.2.4. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di larice e/o pino cembro
- 3.1.3.2.5. Boschi misti di conifere e latifoglie a prevalenza di conifere esotiche (quali douglasia, pino insignis, pino strobo)

Figura 9 –Sovrapposizione del Bacino di riferimento alla Carta dell'Uso del Suolo (fonte: Geoportale Nazionale).



Le caratteristiche del bacino imbrifero e le portate al colmo di piena calcolate e relative al Canale Frestola sono di seguito riportate:

Area totale bacino [m <sup>2</sup> ]	Area totale bacino [Km <sup>2</sup> ]	Aree permeabili senza copertura boschiva <b>A<sub>1</sub></b> [Km <sup>2</sup> ]	Aree a bassa permeabilità (urbanizzate) <b>A<sub>2</sub></b> [Km <sup>2</sup> ]	Aree permeabili con copertura boschiva <b>A<sub>3</sub></b> [Km <sup>2</sup> ]
1252826,0	1,252826	0,338261	0,032645	0,88192

Hmax bacino [m s.l.m.]	Hmin bacino [m s.l.m.]	Lunghezza asta principale [m]	Pendenza media [m/m]
433,1	130,30	2200	0.137

**Tabella 4. Caratteristiche stimate relative al Bacino imbrifero del Vallone del Fosso.**



### 3.7. RISULTATI MODELLO REGRESSIVO

$QT_{(30\text{anni})}$	3.60 m <sup>3</sup> /s
$QT_{(100\text{anni})}$	4.85 m <sup>3</sup> /s
$QT_{(200\text{anni})}$	5.58 m <sup>3</sup> /s

**Tabella 5. Risultati modello regressivo**

### 3.8. RISULTATI MODELLO RAZIONALE

$C^*$	$tr$ [h]	$KA(tr)$	$\mu(I(tr))$	$\mu(Q)$
0.087	0.787	0.998	36.49	1.1116

**Tabella 6. Parametri modello razionale**

$QT_{(30\text{anni})}$	2.53 m <sup>3</sup> /s
$QT_{(100\text{anni})}$	3.41 m <sup>3</sup> /s
$QT_{(200\text{anni})}$	3.92 m <sup>3</sup> /s

**Tabella 7. Risultati modello razionale**

### 3.9. RISULTATI MODELLO GEOMORFOCLIMATICO

$C_f$	$tr$ [h]	$q$	$KA(tr)$	$\mu(I(tr))$	$\mu(Q)$
0.127	0.781	0.65	0.998	36.62	1.058

**Tabella 8. Parametri modello Geomorfoclimatico**

$QT_{(30\text{anni})}$	2.41 m <sup>3</sup> /s
$QT_{(100\text{anni})}$	3.25 m <sup>3</sup> /s
$QT_{(200\text{anni})}$	3.73 m <sup>3</sup> /s

**Tabella 9. Risultati modello Geomorfoclimatico**