



**Regione Piemonte**  
**Provincia del Verbano Cusio Ossola**  
**Comune di Formazza**  
**Cava di serizzo BORT Sopra Foppiano**

**DOMO GRANITI s.r.l.**

Via Leonardo da Vinci, 36 – 28859 Trontano (VB)

**PROGETTO DI VARIANTE DEL PIANO DI COLTIVAZIONE  
PER LA RIPRESA DELL'ATTIVITA' ESTRATTIVA**  
(Autorizzazione D.D. N. 77 del 03.12.2014 proroga  
D.D. N. 1279 del 02/12/2019 scaduta in data 22.06.2022)

*FASE DI VALUTAZIONE DELLA PROCEDURA DI V.I.A.*

*D. Lgs 152/2006 e s.m.i. - Allegato A Cat. A.s2 della L.R.13/2023*

*ISTANZA DI AUTORIZZAZIONE*

*L.R. 23/2016 – L.R. 45/89 – D. Lgs 42/2004 – D. Lgs 152/2006 e s.m.i.*

**ALLEGATO N. 4**  
**RELAZIONE IDROLOGICA/IDRAULICA - INTEGRAZIONI**  
**INTEGRAZIONE SPONTANEA**

**Verbale seconda seduta Conferenza di Servizi del 22/07/2025**

*Progettazione ed elaborazione grafica:*

**dott. geol. Claudio GAGLIARDI**

*Domicilio fiscale: Via Attilio Binda, 175 - 28845 Domodossola (VB)*

*Studio: c/o Domo Graniti srl*

*Via Leonardo da Vinci 36 – 28859 Trontano (VB)*

*Tel. 0324.249096 - 334/6219434*

*E-mail: cgagliardi.geologo@gmail.com*

**Agr. dott. Nat. Stefano CROSETTO**

*Via Puccini, 5 - 10036 Settimo Torinese (TO)*

*Tel. 347/0908182*

*E-mail: stefano.crosetto@gmail.com*



Settembre 2025

## **ALLEGATO N. 4\_RELAZIONE IDROLOGICA/IDRAULICA - INTEGRAZIONI**

### **PREMESSA**

Con la presente relazione si analizzano le caratteristiche idrologiche dei bacini idrici del Rio Crorello (o Foppiano) e del Rio Pianezze, con particolare attenzione alle portate di piena e al loro comportamento idraulico in occasione di eventi di precipitazione eccezionale. Non verranno elencate tutte le metodologie ed i calcoli eseguiti per l'analisi, essendo già esplicitati nella relazione di cui questa è una integrazione, ma solamente i risultati ottenuti e pertinenti all'integrazione.

Sulla tavola n. 53\_INT\_BIS si rappresentano invece i particolari costruttivi delle opere stesse che riguardano anche la regimazione della parte conclusiva del Rio Pianezze che viene spostato sul margine Sud dell'area richiesta in autorizzazione. Nella tavola si evidenziano ad integrazione della precedente sia la barriera di difesa spondale realizzata in prossimità del vertice SE del piazzale superiore di cava (q. 1050 -1070 m ca.) sia la vasca di laminazione che si realizza a valle della cava prima dell'attraversamento della pista di accesso (q. 996 m ca.).

Si integra inoltre il presente documento rispondendo alla richiesta di cui al parere prot. 13604 del 18/07/2025 del Servizio Ambiente Scarichi Rifiuti Bonifiche e Discariche della Provincia del Verbano Cusio Ossola in merito alla verifica della portata media annua del Rio Pianezze e dell'effettiva capacità autodepurativa del corpo idrico in relazione al rapporto pari a 10 : 1 tra la suddetta portata media e la portata massima dello scarico della vasca di trattamento delle acque di cava, stimata, prudenzialmente, sull'evento meteorico critico ( $T_r = 200$  anni) del bacino afferente alle aree di lavorazione, distribuita su una durata di 8 ore.

## REGIMAZIONE IDRAULICA ACQUE SUPERFICIALI

### IDROGRAFIA E BACINI IMBRIFERI

I quattro bacini idrici in esame presentano caratteristiche differenti sia per estensione che per tempi di corrivazione, con il Rio Pianezze (bacino rosa) che si immette nel Rio Crorello (bacino blu) a valle dell'area di cava, posta a 980 m slm, contribuendo a incrementare le portate complessive. Così come il bacino del Rio senza nome che scorre sopra l'area di cava per essere poi deviato dall'opera muraria a nord dell'area di lavorazione, ed il bacino che comprende l'area d'estrazione stessa.

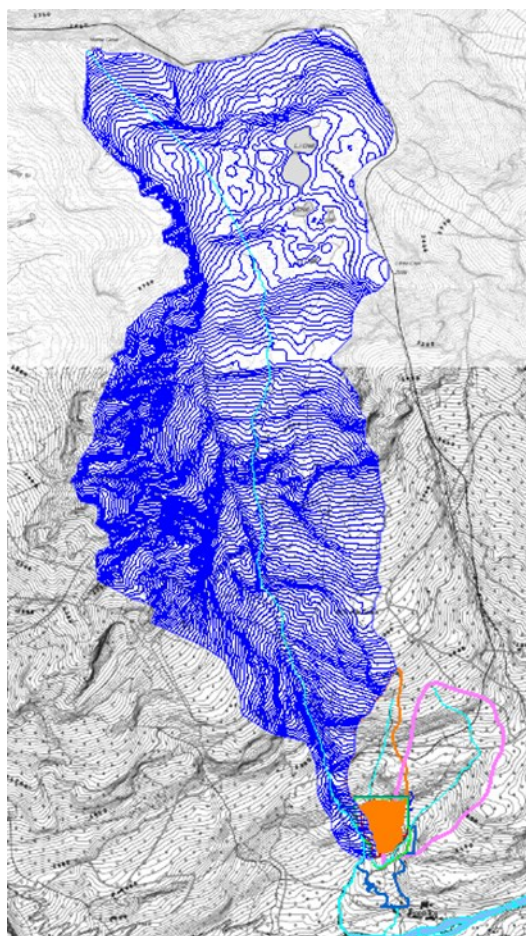


FIG. N. 1 - ESTRATTO DAL GEOPORTALE BDTRE DELLA REGIONE PIEMONTE, SI EVIDENZIA IL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE E SECONDARIO CON I TRE BACINI DEGLI IMPLUVI AFFERENTI ALL'AREA DI CAVA

Il Rio Crorello (o di Foppiano), stagionalmente percorso da valanga, presenta un bacino estremamente roccioso, privo di copertura con caratteristico alveo profondamente scavato e modellato nel substrato che non interferisce con l'area di cava per quanto riguarda il deflusso superficiale grazie alla sua stessa morfologia, che li separa tramite una dorsale posta tra il bacino e l'area di cava. Il bacino così individuato ha un'area di circa 224 ettari.

Il Rio Pianezze invece interferisce con l'area di cava in quanto nel tratto conclusivo transita all'interno dell'area disponibile confluendo, mediante una deviazione autorizzata,

nel Rio Crorello. Nell'ambito del presente progetto si prevede una ulteriore definitiva sistemazione del tratto conclusivo, mantenendo invariato il punto di confluenza per eliminare ogni interferenza con l'area della vecchia cava inferiore che viene interamente destinata al deposito degli sfridi di coltivazione che saranno prodotti.

La regimazione suddetta prevede la costruzione di un canale con le sponde delimitate da muri in massi per scogliera secondo il dimensionamento idraulico che si riporta nei seguenti capitoli.

Si ribadisce che il Rio Pianezze con apposita autorizzazione idraulica rilasciata dal Settore Opere Pubbliche e Difesa Suolo di Novara con prot. 2929/3878 del 09/06/1987 è stato deviato verso l'alveo del Rio Crorello rispetto al suo corso originario, che catastalmente scorreva al piede della pendice Est dell'area di cava, lungo l'area dell'originaria discarica mineraria, ormai da anni definitivamente recuperata e stralciata dall'area di cava attuale.

Successivamente ai sensi del R.D. 523/1904 e del D.P.G.R. 06.12.2004 n. 14/R è stata rilasciata con Determinazione N. 873 del 26.03.2010 l'autorizzazione idraulica per:

- mantenimento della deviazione del Rio Pianezze verso il Rio Crorello e relative opere;
- mantenimento di n. 1 attraversamento dell'alveo deviato del Rio Pianezze con la pista di accesso all'area di cava;

Con la presente si valutano pertanto le portate critiche in occasione di eventi meteorici con tempi di ritorno significativi ( $T_R = 20, 100, 200, 500$  anni) per il dimensionamento del bacino del Rio Crorello e dell'impatto che avrà il Rio Pianezze nell'immissione di quest'ultimo.

Si eseguono le verifiche idrauliche ed i conseguenti dimensionamenti per le seguenti motivazioni e finalità:

- Rio Pianezze per la sistemazione della parte finale dell'alveo che viene adeguato al perimetro dell'area di stoccaggio degli sfridi di coltivazione;
- Rio Crorello per il calcolo dell'impatto idrico dell'immissione degli altri bacini idrici.

## **RIO CRORELLO**

Il sito oggetto di indagine è costituito dalla Cava Bort, giacente in Comune di Formazza, lungo la Strada Statale 659, poco a ovest della Frazione Foppiano, sulla destra orografica. Le coordinate indicative del sito, nel sistema UTM zona 32N (datum WGS84) sono le seguenti:

$$E = 453\,992 \text{ m}; \quad N = 5\,131\,431 \text{ m}$$

Il bacino idrografico considerato non afferisce le acque nell'ambito della cava. Esso si sviluppa da Nord verso Sud. La sezione di chiusura, in corrispondenza del margine meridionale dell'area di cava, è posta alla quota di 980 m slm.



FIG. N. 2 - BACINO IMBRIFERO RIO PIANEZZE

### **Aspetti morfometrici**

L'analisi morfometrica ha consentito di calcolare i seguenti parametri:

Parametro	Unità di misura
QUOTA MASSIMA	m
QUOTA SEZIONE DI CHIUSURA	m
SUPERFICIE TOTALE	km <sup>2</sup>
ALTEZZA MEDIA	m
ALTEZZA MEDIA RELATIVA	m
PENDENZA MEDIA DEI VERSANTI	
PENDENZA MEDIA DELL'ASTA	
LUNGHEZZA DELL'ASTA	km
FATTORE DI FORMA	
T <sub>c</sub> (GIANDOTTI)	ore
T <sub>c</sub> (TOURNON)	ore



### Quota massima e minima

Grandezze desunte direttamente dalla cartografia. La quota massima corrisponde a 3010 m slm. La quota minima (980 m slm) è quella a cui giace la sezione di chiusura nei pressi del limite sud del piano di cava.

### Superficie del bacino

La superficie contribuente al deflusso viene misurata sulla scorta della Carta Regione Piemonte (BDTRE - sez. 051080) previa perimetrazione della stessa in funzione della morfologia del bacino stesso.

### Altezza media e altezza media relativa

L'altezza media è calcolata come media ponderata rispetto alle superfici delle altezze medie associate alle areole delimitate dalle isoipse successive, considerate con equidistanza pari a 10 m ricavate dalla CTR regionale, attraverso la relazione:

$$H_m = e \times \frac{\sum_{i=1}^n h_{mi} \times a_i}{A}$$

Con " $H_m$ " altezza media del bacino in m slm, " $e$ " equidistanza tra le isoipse successive (in m), " $h_{mi}$ " l'altezza media tra due isoipse successive, " $a_i$ " la superficie planimetrica della porzione di bacino delimitata da due isoipse successive, in km<sup>2</sup>, e " $A$ " la superficie totale del bacino in km<sup>2</sup>.

L'altezza media relativa, espressa in metri, è la differenza tra l'altezza media e la quota della sezione di chiusura (minima).

### Pendenza media dei versanti

Per il calcolo di questo parametro si fa riferimento alla relazione:

$$y_m = e_i \frac{\sum l_i}{A}$$

In cui " $y_m$ " è la pendenza media dei versanti, " $e_i$ " l'equidistanza tra le isoipse considerate (in km), " $l_i$ " la lunghezza delle singole isoipse (anch'essa in km) e " $A$ " la superficie (km<sup>2</sup>) complessiva del bacino sotteso. Detto valore può essere utilizzato anche in percentuale. L'equidistanza fra le isoipse considerate è pari a 10 m.

### Pendenza media dell'asta

Parametro utilizzato per il calcolo del tempo di corrivazione e calcolato mediante la relazione:

$$i_a = \left( \frac{L}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{i_{ai}}}} \right)^2$$

In cui: " $i_a$ " è la pendenza dell'asta principale, " $L$ " la lunghezza della medesima, " $L_i$ " la lunghezza del tratto i-esimo di asta compreso tra due isoipse consecutive, " $i_{ai}$ " la pendenza del tratto i-esimo.

### Lunghezza dell'asta

Graficamente si ripercorre il tragitto più lungo percorribile dall'acqua nell'ambito della superficie indagata.

### Tempo di corrivazione

Le caratteristiche morfometriche dell'area determinano la prontezza con cui gli afflussi si trasformano in deflussi. A tale proposito ci si riferisce normalmente al concetto di "Tempo di Corrivazione", indicando con questo termine il tempo impiegato dalla particella d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino, a contribuire al deflusso nella sezione di chiusura. Diversi autori propongono relazioni per la determinazione di questo intervallo di tempo. Per i bacini montani le espressioni più frequentemente utilizzate sono quelle di Giandotti e di Tournon-Merlo.

Nel caso specifico si adotta la formula di Giandotti che prevede l'utilizzo di tre fattori e si scrive:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

dove " $t_c$ " è il tempo di corrivazione in ore, " $A$ " la superficie del bacino in kmq, " $L$ " la lunghezza idraulica dell'asta principale in km, " $H_m$ " l'altitudine media del bacino e " $H_0$ " la quota della sezione di chiusura considerata, entrambe espresse in metri.

### Morfometria

Operando come sopra indicato, per i bacini in esame si calcolano i seguenti parametri morfometrici:

BACINO		<b>Rio Pianezze</b>	PENDENZA MEDIA DEI VERSANTI	[-]	<b>1.02</b>
QUOTA MASSIMA	m	<b>3010</b>	PENDENZA MEDIA DELL'ASTA	[-]	<b>57.345</b>
QUOTA SEZIONE DI CHIUSURA	m	<b>980</b>	LUNGHEZZA DELL'ASTA	km	<b>3.6</b>
SUPERFICIE TOTALE	km <sup>2</sup>	<b>2.24</b>	FATTORE DI FORMA		<b>0.1729</b>
ALTEZZA MEDIA	m	<b>2270.09</b>	Tc (GIANDOTTI)	ore	<b>0.4</b>
ALTEZZA MEDIA RELATIVA	m	<b>1290.09</b>			

I dati che hanno condotto alla determinazione dei parametri della tabella sono:

<b>z (m)</b>		<b>h<sub>mi</sub> (m)</b>	<b>S (km<sup>2</sup>)</b>	<b>S cum (km<sup>2</sup>)</b>
3000	3010	3005	0,001	0,001
2990	3000	2995	0,001	0,001
2980	2990	2985	0,001	0,002
2970	2980	2975	0,002	0,004
2960	2970	2965	0,002	0,006
2950	2960	2955	0,002	0,009
2940	2950	2945	0,003	0,011
2930	2940	2935	0,003	0,015
2920	2930	2925	0,004	0,019
2910	2920	2915	0,005	0,024
2900	2910	2905	0,005	0,029
2890	2900	2895	0,006	0,035
2880	2890	2885	0,007	0,042
2870	2880	2875	0,008	0,050
2860	2870	2865	0,007	0,057
2850	2860	2855	0,006	0,064
2840	2850	2845	0,007	0,071
2830	2840	2835	0,008	0,079
2820	2830	2825	0,009	0,088
2810	2820	2815	0,010	0,098
2800	2810	2805	0,011	0,109
2790	2800	2795	0,013	0,121
2780	2790	2785	0,014	0,135
2770	2780	2775	0,015	0,151
2760	2770	2765	0,016	0,166
2750	2760	2755	0,016	0,182
2740	2750	2745	0,016	0,198
2730	2740	2735	0,018	0,216
2720	2730	2725	0,019	0,235
2710	2720	2715	0,019	0,254
2700	2710	2705	0,022	0,276
2690	2700	2695	0,022	0,298
2680	2690	2685	0,020	0,318
2670	2680	2675	0,023	0,341
2660	2670	2665	0,025	0,366
2650	2660	2655	0,025	0,391
2640	2650	2645	0,025	0,416
2630	2640	2635	0,028	0,445
2620	2630	2625	0,038	0,482
2610	2620	2615	0,028	0,510
2600	2610	2605	0,051	0,562
2590	2600	2595	0,046	0,607
2580	2590	2585	0,040	0,647



2570	2580	2575	0,039	0,686
2560	2570	2565	0,047	0,733
2550	2560	2555	0,033	0,766
2540	2550	2545	0,027	0,793
2530	2540	2535	0,028	0,821
2520	2530	2525	0,029	0,850
2510	2520	2515	0,029	0,880
2500	2510	2505	0,019	0,899
2490	2500	2495	0,013	0,912
2480	2490	2485	0,014	0,926
2470	2480	2475	0,015	0,941
2460	2470	2465	0,017	0,958
2450	2460	2455	0,019	0,977
2440	2450	2445	0,017	0,993
2430	2440	2435	0,016	1,009
2420	2430	2425	0,016	1,025
2410	2420	2415	0,016	1,041
2400	2410	2405	0,018	1,059
2390	2400	2395	0,019	1,078
2380	2390	2385	0,020	1,098
2370	2380	2375	0,028	1,126
2360	2370	2365	0,024	1,150
2350	2360	2355	0,028	1,179
2340	2350	2345	0,016	1,195
2330	2340	2335	0,014	1,209
2320	2330	2325	0,014	1,223
2310	2320	2315	0,016	1,239
2300	2310	2305	0,016	1,255
2290	2300	2295	0,017	1,272
2280	2290	2285	0,016	1,288
2270	2280	2275	0,015	1,303
2260	2270	2265	0,015	1,318
2250	2260	2255	0,014	1,332
2240	2250	2245	0,013	1,346
2230	2240	2235	0,013	1,359
2220	2230	2225	0,012	1,371
2210	2220	2215	0,012	1,384
2200	2210	2205	0,014	1,398
2190	2200	2195	0,017	1,415
2180	2190	2185	0,017	1,432
2170	2180	2175	0,016	1,449
2160	2170	2165	0,015	1,463
2150	2160	2155	0,015	1,478
2140	2150	2145	0,013	1,491
2130	2140	2135	0,012	1,503
2120	2130	2125	0,011	1,514
2110	2120	2115	0,011	1,525
2100	2110	2105	0,010	1,535
2090	2100	2095	0,011	1,546
2080	2090	2085	0,010	1,556
2070	2080	2075	0,010	1,566

2060	2070	2065	0,010	1,576
2050	2060	2055	0,010	1,586
2040	2050	2045	0,010	1,596
2030	2040	2035	0,010	1,606
2020	2030	2025	0,010	1,616
2010	2020	2015	0,010	1,626
2000	2010	2005	0,011	1,637
1990	2000	1995	0,011	1,648
1980	1990	1985	0,010	1,658
1970	1980	1975	0,011	1,668
1960	1970	1965	0,011	1,679
1950	1960	1955	0,012	1,691
1940	1950	1945	0,012	1,703
1930	1940	1935	0,012	1,716
1920	1930	1925	0,012	1,728
1910	1920	1915	0,013	1,741
1900	1910	1905	0,012	1,753
1890	1900	1895	0,011	1,764
1880	1890	1885	0,011	1,775
1870	1880	1875	0,012	1,787
1860	1870	1865	0,012	1,799
1850	1860	1855	0,012	1,811
1840	1850	1845	0,012	1,823
1830	1840	1835	0,012	1,834
1820	1830	1825	0,012	1,846
1810	1820	1815	0,011	1,857
1800	1810	1805	0,011	1,869
1790	1800	1795	0,014	1,883
1780	1790	1785	0,014	1,897
1770	1780	1775	0,011	1,908
1760	1770	1765	0,009	1,917
1750	1760	1755	0,008	1,926
1740	1750	1745	0,008	1,934
1730	1740	1735	0,010	1,944
1720	1730	1725	0,011	1,955
1710	1720	1715	0,013	1,968
1700	1710	1705	0,013	1,981
1690	1700	1695	0,013	1,994
1680	1690	1685	0,013	2,008
1670	1680	1675	0,012	2,020
1660	1670	1665	0,012	2,032
1650	1660	1655	0,011	2,043
1640	1650	1645	0,010	2,052
1630	1640	1635	0,009	2,062
1620	1630	1625	0,008	2,069
1610	1620	1615	0,006	2,076
1600	1610	1605	0,006	2,082
1590	1600	1595	0,007	2,088
1580	1590	1585	0,007	2,095
1570	1580	1575	0,007	2,102
1560	1570	1565	0,007	2,109

1550	1560	1555	0,007	2,116
1540	1550	1545	0,007	2,123
1530	1540	1535	0,006	2,129
1520	1530	1525	0,006	2,135
1510	1520	1515	0,006	2,141
1500	1510	1505	0,005	2,146
1490	1500	1495	0,004	2,150
1480	1490	1485	0,004	2,154
1470	1480	1475	0,003	2,157
1460	1470	1465	0,003	2,160
1450	1460	1455	0,003	2,163
1440	1450	1445	0,003	2,166
1430	1440	1435	0,002	2,168
1420	1430	1425	0,002	2,170
1410	1420	1415	0,002	2,173
1400	1410	1405	0,002	2,175
1390	1400	1395	0,003	2,178
1380	1390	1385	0,003	2,181
1370	1380	1375	0,002	2,183
1360	1370	1365	0,003	2,186
1350	1360	1355	0,002	2,188
1340	1350	1345	0,002	2,190
1330	1340	1335	0,002	2,191
1320	1330	1325	0,002	2,193
1310	1320	1315	0,001	2,194
1300	1310	1305	0,001	2,195
1290	1300	1295	0,001	2,197
1280	1290	1285	0,001	2,198
1270	1280	1275	0,001	2,199
1260	1270	1265	0,002	2,201
1250	1260	1255	0,002	2,203
1240	1250	1245	0,002	2,205
1230	1240	1235	0,001	2,207
1220	1230	1225	0,001	2,208
1210	1220	1215	0,001	2,209
1200	1210	1205	0,001	2,210
1190	1200	1195	0,001	2,211
1180	1190	1185	0,001	2,212
1170	1180	1175	0,001	2,213
1160	1170	1165	0,001	2,214
1150	1160	1155	0,001	2,215
1140	1150	1145	0,002	2,217
1130	1140	1135	0,002	2,219
1120	1130	1125	0,002	2,221
1110	1120	1115	0,002	2,222
1100	1110	1105	0,001	2,224
1090	1100	1095	0,001	2,225
1080	1090	1085	0,001	2,226
1070	1080	1075	0,001	2,226
1060	1070	1065	0,001	2,228
1050	1060	1055	0,002	2,230

1040	1050	1045	0,002	2,232
1030	1040	1035	0,001	2,233
1020	1030	1025	0,001	2,235
1010	1020	1015	0,001	2,235
1000	1010	1005	0,001	2,236
990	1000	995	0,001	2,237
980	990	985	0,000	2,237

### ***Aspetti pluviometrici***

L'individuazione delle caratteristiche pluviometriche del bacino oggetto di studio è derivata dai dati riportati nel PAI (ALLEGATO III - direttiva Piene-Progetto).

Nel documento si attribuiscono valori ai parametri della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica:

$$h_{(TR)} = a_{(TR)} \times t^{n_{(TR)}}$$

che esprime l'altezza di pioggia (mm) precipitata durante un evento di durata "t" (ore) in funzione della precipitazione della pioggia di durata pari a 1 ora (mm) e del coefficiente "n" della curva, determinato statisticamente. Il tutto riferito ad un prescelto tempo di ritorno (TR) dell'evento.

Nella mosaicatura del PAI - Piano per l'Assetto Idrogeologico - come descritto nella Direttiva Piene Progetto, il bacino del Po è stato suddiviso in celle quadrate di lato pari a 2 km, per ognuna delle quali, in funzione del TR sono stati calcolati i valori dei parametri della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica. Il bacino considerato ricade grazie alla sua grande estensione nell'ambito di 2 celle pluviometricamente omogenee identificate come BY34 che ricopre l'86% dell'area del bacino e BY35 per il restante 14%, come illustrato nella seguente immagine

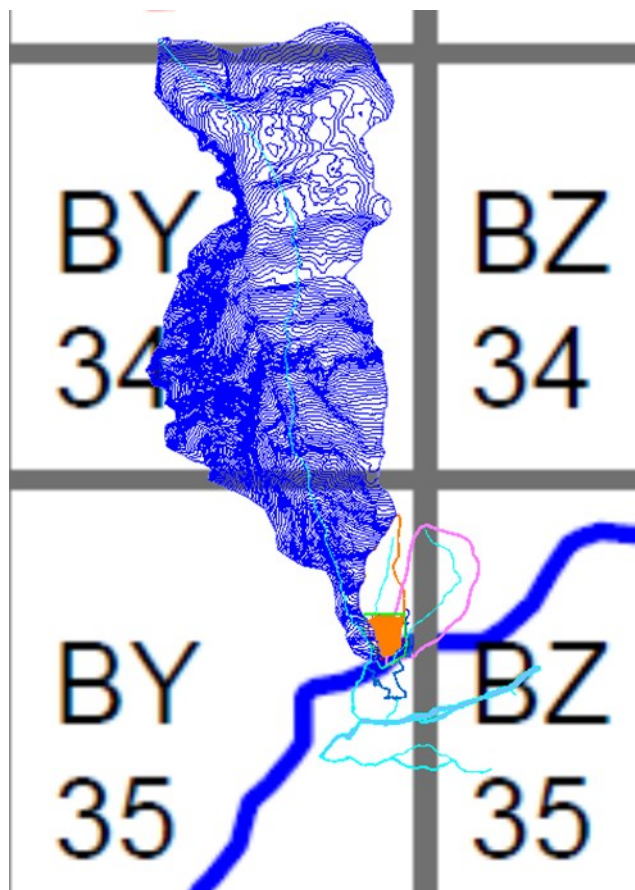


FIG. N. 3 - MOSAICATURA CELLE PAI

Si riportano di seguito i parametri pluviometrici caratteristici delle celle.

CELLA	aTR20	nTR20	aTR100	nTR100	aTR200	nTR200	aTR500	nTR500
<b>BY34</b>	34.68	0.548	43.72	0.55	47.56	0.549	52.67	0.55
<b>BY35</b>	35.32	0.545	44.56	0.546	48.49	0.546	53.71	0.546

PARAMETRI PLUVIOMETRICI CELLE PAI

Noti i parametri " $a$ " e " $n$ " risulta definita la curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per ogni durata di precipitazione e per ognuno dei tempi di ritorno considerati.

### DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI RIFERIMENTO

Per la determinazione delle portate di riferimento per il piccolo bacino idrografico considerato, con TR = 20, 100, 200 e 500 anni, si procede applicando il Metodo SCS-CN (USDA, 1972), largamente utilizzato in Italia, su bacini di piccole dimensioni.

La relazione per il calcolo della portata al colmo è la seguente:

$$Q_{(TR)} = 0.278 \times \frac{R_0 A}{tp}$$

che esprime la portata al colmo 'Q' (in relazione al tempo di ritorno considerato) in m<sup>3</sup>/s in funzione della precipitazione netta efficace 'R<sub>0</sub>' in mm, dell'estensione del bacino 'A' in km<sup>2</sup> e del tempo di picco 'tp' in ore.

La precipitazione efficace, in mm, è calcolata come:

$$R_0 = (h - 0.2S)^2 / (h + 0.8S)$$

dove 'h' è la precipitazione meteorica calcolata attraverso la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica e 'S' le perdite in mm dovute prevalentemente all'infiltrazione.

$$S = 25400 / CN - 254$$

Con 'CN' (Curve Number) parametro che sintetizza l'attitudine alla produzione del deflusso in relazione alla tipologia e all'uso del suolo, e al grado di saturazione del medesimo al manifestarsi dell'evento meteorico.

Il tempo di picco 'tp' (ore) è calcolato come:

$$tp = 0.5D + tlag$$

dove 'D' (ore) è la durata della precipitazione efficace e 'tlag' (ore) il tempo di ritardo caratteristico del bacino. Esso concettualmente esprime la distanza temporale tra il baricentro del pluviogramma e il colmo dell'idrogramma dell'evento considerato. Le relazioni di calcolo delle grandezze sono:

$$tlag = 0.342 \times \frac{L^{0.8}}{p^{0.5}} \times (1000 / CN - 9)^{0.7}$$

$$D = t \times \left(1 - \frac{0.2S}{h_{(t, TR)}}\right)$$

In cui 'L' (km) è la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua prolungata sino allo spartiacque, 'p' la pendenza media del bacino espressa in percentuale, 't' la durata della precipitazione meteorica lorda in ore e 'h<sub>(t, TR)</sub>' l'altezza della precipitazione lorda, in funzione della sua durata e del tempo di ritorno, in mm.

### ***Determinazione del parametro CN e del Time lag***

Per la determinazione del parametro 'CN' (Curve Number) si fa riferimento alla tabella contenuta nella Direttiva Piene-Progetto del PAI (pag. 12), in relazione a suoli caratterizzati da infiltrazione moderata (categoria B) in condizioni di saturazione media (AMC II).

Essendo che la gran parte dell'estensione del bacino considerato risulta coperto da superfici impermeabili (CN = 98), una piccola parte è rappresentata dalla tundra alpina, con superfici con un leggero strato permeabile (CN = 58), si considera un valore medio **CN = 83**.

Ne consegue, mediante la formula di Mockus, il tempo di ritardo pari a **tlag = 0.78 ore**.

## PORTATE IDRICHE

Procedendo come illustrato sopra, analizzando piogge di durata compresa tra 0.25 e 7 ore associate a tempo di ritorno pari a TR = 20, 100, 200 e 500 anni, note le caratteristiche del bacino idrografico di interesse e fissato CN = 83, si riportano i relativi valori di portata al colmo:

**TR = 20 anni**

<b>t</b>	<b>D</b>	<b>h(t)</b>	<b>R0</b>	<b>tp</b>	<b>Q</b>
ore	ore	mm	mm	ore	mc/s
0,25	0,090	16,28	0,6	0,82	0,4496
0,5	0,281	23,79	2,7	0,92	1,8533
0,75	0,487	29,70	5,2	1,02	3,1774
1	0,701	34,77	7,8	1,13	4,2820
1,25	0,919	39,29	10,3	1,24	5,1807
1,5	1,140	43,41	12,8	1,35	5,9090
1,75	1,365	47,24	15,3	1,46	6,5007
2	1,591	50,82	17,7	1,57	6,9834
2,25	1,818	54,21	20,0	1,69	7,3790
2,5	2,047	57,43	22,3	1,80	7,7045
2,75	2,277	60,50	24,6	1,92	7,9732
3	2,508	63,45	26,8	2,03	8,1956
3,25	2,740	66,30	28,9	2,15	8,3799
3,5	2,973	69,04	31,1	2,26	8,5326
3,75	3,206	71,70	33,2	2,38	8,6590
4	3,440	74,28	35,2	2,50	8,7634
4,25	3,674	76,79	37,2	2,62	8,8493
4,5	3,909	79,23	39,2	2,73	<b>8,9194</b>
4,75	4,144	81,61	41,1	2,85	8,9761
5	4,380	83,93	43,1	2,97	9,0215
5,25	4,616	86,21	45,0	3,09	9,0570
5,5	4,853	88,43	46,8	3,20	9,0841
5,75	5,090	90,61	48,6	3,32	9,1039
6	5,327	92,75	50,5	3,44	9,1175
6,25	5,564	94,84	52,2	3,56	9,1256
6,5	5,802	96,90	54,0	3,68	9,1289
6,75	6,040	98,93	55,8	3,80	9,1282
7	6,278	100,92	57,5	3,92	9,1238
7,25	6,517	102,87	59,2	4,04	9,1163
7,5	6,755	104,80	60,9	4,16	9,1061



7,75	6,994	106,70	62,5	4,28	9,0934
8	7,233	108,57	64,2	4,39	9,0787
8,25	7,473	110,42	65,8	4,51	9,0621
8,5	7,712	112,24	67,4	4,63	9,0440
8,75	7,952	114,03	69,0	4,75	9,0244
9	8,191	115,80	70,6	4,87	9,0036
9,25	8,431	117,55	72,1	4,99	8,9818
9,5	8,671	119,28	73,7	5,11	8,9590
9,75	8,912	120,99	75,2	5,23	8,9355
10	9,152	122,68	76,7	5,35	8,9112
10,25	9,392	124,35	78,2	5,47	8,8864
10,5	9,633	126,00	79,7	5,59	8,8610
10,75	9,874	127,64	81,2	5,72	8,8353
11	10,115	129,25	82,7	5,84	8,8091
11,25	10,355	130,85	84,1	5,96	8,7827
11,5	10,597	132,44	85,6	6,08	8,7560
11,75	10,838	134,01	87,0	6,20	8,7291
12	11,079	135,56	88,4	6,32	8,7021
12,25	11,320	137,10	89,8	6,44	8,6749
12,5	11,562	138,63	91,2	6,56	8,6477
12,75	11,803	140,14	92,6	6,68	8,6204
13	12,045	141,64	94,0	6,80	8,5931
13,25	12,287	143,12	95,3	6,92	8,5658
13,5	12,529	144,59	96,7	7,04	8,5385
13,75	12,770	146,05	98,0	7,16	8,5113
14	13,012	147,50	99,4	7,28	8,4841
14,25	13,254	148,94	100,7	7,41	8,4570
14,5	13,497	150,36	102,0	7,53	8,4300
14,75	13,739	151,78	103,3	7,65	8,4031
15	13,981	153,18	104,6	7,77	8,3764
15,25	14,223	154,57	105,9	7,89	8,3497
15,5	14,466	155,96	107,2	8,01	8,3232
15,75	14,708	157,33	108,5	8,13	8,2968
16	14,951	158,69	109,8	8,25	8,2706
16,25	15,194	160,04	111,0	8,37	8,2445
16,5	15,436	161,39	112,3	8,50	8,2186
16,75	15,679	162,72	113,5	8,62	8,1929
17	15,922	164,05	114,8	8,74	8,1673
17,25	16,165	165,36	116,0	8,86	8,1419
17,5	16,408	166,67	117,2	8,98	8,1167
17,75	16,650	167,97	118,5	9,10	8,0917
18	16,894	169,26	119,7	9,22	8,0668
18,25	17,137	170,55	120,9	9,35	8,0421
18,5	17,380	171,82	122,1	9,47	8,0176
18,75	17,623	173,09	123,3	9,59	7,9933
19	17,866	174,35	124,5	9,71	7,9692
19,25	18,109	175,60	125,6	9,83	7,9452
19,5	18,353	176,85	126,8	9,95	7,9215
19,75	18,596	178,08	128,0	10,08	7,8979
20	18,839	179,32	129,1	10,20	7,8745
20,25	19,083	180,54	130,3	10,32	7,8513

20,5	19,326	181,76	131,4	10,44	7,8283
20,75	19,570	182,97	132,6	10,56	7,8055
21	19,814	184,17	133,7	10,69	7,7828
21,25	20,057	185,37	134,9	10,81	7,7604
21,5	20,301	186,56	136,0	10,93	7,7381
21,75	20,545	187,74	137,1	11,05	7,7160
22	20,788	188,92	138,2	11,17	7,6940
22,25	21,032	190,09	139,3	11,29	7,6723
22,5	21,276	191,26	140,5	11,42	7,6507
22,75	21,520	192,42	141,6	11,54	7,6293
23	21,764	193,58	142,7	11,66	7,6081
23,25	22,008	194,73	143,7	11,78	7,5870
23,5	22,252	195,87	144,8	11,90	7,5662
23,75	22,496	197,01	145,9	12,03	7,5455
24	22,740	198,14	147,0	12,15	7,5249

***TR = 100 anni***

<b>t</b>	<b>D</b>	<b>h(t)</b>	<b>R0</b>	<b>tp</b>	<b>Q</b>
ore	ore	mm	mm	ore	mc/s
0,25	0,123	20,47	1,6	0,84	1,2077
0,5	0,326	29,95	5,3	0,94	3,5271
0,75	0,542	37,43	9,2	1,05	5,4767
1	0,763	43,84	13,1	1,16	7,0145
1,25	0,988	49,56	16,8	1,27	8,2188
1,5	1,215	54,78	20,4	1,39	9,1656
1,75	1,445	59,62	23,9	1,50	9,9147
2	1,676	64,16	27,3	1,62	10,5109
2,25	1,908	68,45	30,6	1,73	10,9879
2,5	2,141	72,53	33,8	1,85	11,3709
2,75	2,376	76,42	36,9	1,97	11,6790
3	2,611	80,17	40,0	2,08	11,9270
3,25	2,846	83,77	42,9	2,20	12,1262
3,5	3,083	87,25	45,8	2,32	12,2855
3,75	3,319	90,62	48,7	2,44	12,4121
4	3,557	93,90	51,4	2,56	12,5116
4,25	3,794	97,08	54,2	2,68	12,5885
4,5	4,033	100,17	56,8	2,79	12,6465
4,75	4,271	103,19	59,5	2,91	12,6886
5	4,510	106,14	62,0	3,03	12,7174
5,25	4,749	109,03	64,6	3,15	12,7348
5,5	4,988	111,85	67,1	3,27	12,7426
5,75	5,228	114,61	69,5	3,39	12,7422
6	5,468	117,33	71,9	3,51	12,7348
6,25	5,708	119,99	74,3	3,63	12,7215
6,5	5,948	122,60	76,7	3,75	12,7031
6,75	6,189	125,17	79,0	3,87	12,6803
7	6,430	127,70	81,3	3,99	12,6538
7,25	6,671	130,18	83,5	4,11	12,6241
7,5	6,912	132,63	85,7	4,23	12,5917

7,75	7,153	135,04	87,9	4,35	12,5569
8	7,394	137,42	90,1	4,48	12,5202
8,25	7,636	139,76	92,3	4,60	12,4818
8,5	7,877	142,07	94,4	4,72	12,4420
8,75	8,119	144,35	96,5	4,84	12,4010
9	8,361	146,60	98,6	4,96	12,3590
9,25	8,603	148,83	100,6	5,08	12,3162
9,5	8,845	151,02	102,6	5,20	12,2727
9,75	9,088	153,20	104,7	5,32	12,2287
10	9,330	155,34	106,7	5,44	12,1843
10,25	9,573	157,46	108,6	5,56	12,1396
10,5	9,815	159,56	110,6	5,69	12,0946
10,75	10,058	161,64	112,5	5,81	12,0495
11	10,301	163,69	114,4	5,93	12,0043
11,25	10,544	165,73	116,4	6,05	11,9591
11,5	10,787	167,74	118,2	6,17	11,9139
11,75	11,030	169,73	120,1	6,29	11,8688
12	11,273	171,71	122,0	6,41	11,8238
12,25	11,516	173,66	123,8	6,54	11,7790
12,5	11,759	175,60	125,6	6,66	11,7343
12,75	12,003	177,52	127,4	6,78	11,6899
13	12,246	179,43	129,2	6,90	11,6457
13,25	12,490	181,32	131,0	7,02	11,6018
13,5	12,733	183,19	132,8	7,14	11,5582
13,75	12,977	185,04	134,6	7,27	11,5148
14	13,221	186,89	136,3	7,39	11,4718
14,25	13,464	188,71	138,0	7,51	11,4291
14,5	13,708	190,52	139,8	7,63	11,3867
14,75	13,952	192,32	141,5	7,75	11,3446
15	14,196	194,11	143,2	7,88	11,3029
15,25	14,440	195,88	144,8	8,00	11,2615
15,5	14,684	197,63	146,5	8,12	11,2205
15,75	14,928	199,38	148,2	8,24	11,1798
16	15,172	201,11	149,8	8,36	11,1395
16,25	15,416	202,83	151,5	8,49	11,0996
16,5	15,661	204,54	153,1	8,61	11,0600
16,75	15,905	206,24	154,7	8,73	11,0208
17	16,149	207,92	156,3	8,85	10,9819
17,25	16,394	209,60	157,9	8,98	10,9434
17,5	16,638	211,26	159,5	9,10	10,9052
17,75	16,883	212,92	161,1	9,22	10,8675
18	17,127	214,56	162,7	9,34	10,8300
18,25	17,372	216,19	164,3	9,46	10,7930
18,5	17,616	217,81	165,8	9,59	10,7562
18,75	17,861	219,42	167,4	9,71	10,7199
19	18,106	221,03	168,9	9,83	10,6838
19,25	18,350	222,62	170,4	9,95	10,6481
19,5	18,595	224,20	172,0	10,08	10,6128
19,75	18,840	225,78	173,5	10,20	10,5778
20	19,085	227,34	175,0	10,32	10,5431
20,25	19,330	228,90	176,5	10,44	10,5088

20,5	19,574	230,45	178,0	10,57	10,4748
20,75	19,819	231,99	179,5	10,69	10,4411
21	20,064	233,52	180,9	10,81	10,4077
21,25	20,309	235,04	182,4	10,93	10,3747
21,5	20,554	236,56	183,9	11,06	10,3420
21,75	20,799	238,07	185,3	11,18	10,3095
22	21,045	239,57	186,8	11,30	10,2774
22,25	21,290	241,06	188,2	11,42	10,2456
22,5	21,535	242,54	189,6	11,55	10,2141
22,75	21,780	244,02	191,1	11,67	10,1829
23	22,025	245,49	192,5	11,79	10,1519
23,25	22,270	246,95	193,9	11,91	10,1213
23,5	22,516	248,41	195,3	12,04	10,0909
23,75	22,761	249,86	196,7	12,16	10,0609
24	23,006	251,30	198,1	12,28	10,0311

***TR = 200 anni***

<b>t</b>	<b>D</b>	<b>h(t)</b>	<b>R0</b>	<b>tp</b>	<b>Q</b>
ore	ore	mm	mm	ore	mc/s
0,25	0,133	22,29	2,2	0,84	1,6274
0,5	0,340	32,61	6,6	0,95	4,3537
0,75	0,558	40,73	11,2	1,06	6,5665
1	0,782	47,69	15,6	1,17	8,2795
1,25	1,009	53,90	19,8	1,28	9,6030
1,5	1,238	59,57	23,9	1,40	10,6318
1,75	1,469	64,83	27,8	1,51	11,4375
2	1,702	69,75	31,6	1,63	12,0726
2,25	1,935	74,41	35,3	1,75	12,5755
2,5	2,170	78,84	38,9	1,86	12,9751
2,75	2,406	83,07	42,3	1,98	13,2929
3	2,642	87,13	45,7	2,10	13,5453
3,25	2,879	91,04	49,0	2,22	13,7450
3,5	3,116	94,82	52,2	2,34	13,9019
3,75	3,354	98,48	55,4	2,46	14,0237
4	3,592	102,03	58,4	2,57	14,1167
4,25	3,831	105,48	61,4	2,69	14,1857
4,5	4,070	108,83	64,4	2,81	14,2349
4,75	4,309	112,11	67,3	2,93	14,2674
5	4,549	115,31	70,1	3,05	14,2859
5,25	4,789	118,44	72,9	3,17	14,2927
5,5	5,029	121,50	75,7	3,29	14,2896
5,75	5,269	124,50	78,4	3,41	14,2781
6	5,510	127,44	81,0	3,53	14,2596
6,25	5,751	130,33	83,6	3,65	14,2350
6,5	5,992	133,16	86,2	3,77	14,2053
6,75	6,233	135,95	88,8	3,89	14,1713
7	6,475	138,69	91,3	4,02	14,1336
7,25	6,716	141,38	93,7	4,14	14,0928
7,5	6,958	144,04	96,2	4,26	14,0494

7,75	7,200	146,65	98,6	4,38	14,0038
8	7,442	149,23	101,0	4,50	13,9564
8,25	7,684	151,77	103,3	4,62	13,9075
8,5	7,927	154,27	105,7	4,74	13,8573
8,75	8,169	156,75	108,0	4,86	13,8060
9	8,412	159,19	110,2	4,98	13,7539
9,25	8,654	161,60	112,5	5,11	13,7012
9,5	8,897	163,98	114,7	5,23	13,6480
9,75	9,140	166,33	116,9	5,35	13,5944
10	9,383	168,66	119,1	5,47	13,5405
10,25	9,626	170,96	121,3	5,59	13,4865
10,5	9,869	173,23	123,4	5,71	13,4324
10,75	10,113	175,48	125,5	5,83	13,3784
11	10,356	177,71	127,6	5,96	13,3244
11,25	10,599	179,92	129,7	6,08	13,2705
11,5	10,843	182,10	131,8	6,20	13,2169
11,75	11,086	184,26	133,8	6,32	13,1634
12	11,330	186,40	135,8	6,44	13,1102
12,25	11,574	188,52	137,9	6,57	13,0574
12,5	11,818	190,62	139,8	6,69	13,0048
12,75	12,062	192,70	141,8	6,81	12,9526
13	12,306	194,77	143,8	6,93	12,9008
13,25	12,550	196,81	145,7	7,05	12,8494
13,5	12,794	198,84	147,7	7,18	12,7983
13,75	13,038	200,85	149,6	7,30	12,7477
14	13,282	202,85	151,5	7,42	12,6975
14,25	13,526	204,83	153,4	7,54	12,6478
14,5	13,770	206,79	155,3	7,66	12,5985
14,75	14,015	208,74	157,1	7,79	12,5496
15	14,259	210,67	159,0	7,91	12,5012
15,25	14,504	212,59	160,8	8,03	12,4533
15,5	14,748	214,50	162,6	8,15	12,4058
15,75	14,993	216,39	164,4	8,27	12,3588
16	15,237	218,27	166,3	8,40	12,3122
16,25	15,482	220,13	168,0	8,52	12,2661
16,5	15,727	221,98	169,8	8,64	12,2204
16,75	15,971	223,82	171,6	8,76	12,1752
17	16,216	225,65	173,3	8,89	12,1305
17,25	16,461	227,46	175,1	9,01	12,0862
17,5	16,706	229,26	176,8	9,13	12,0423
17,75	16,951	231,05	178,6	9,25	11,9989
18	17,196	232,83	180,3	9,38	11,9560
18,25	17,441	234,60	182,0	9,50	11,9134
18,5	17,686	236,36	183,7	9,62	11,8713
18,75	17,931	238,11	185,4	9,74	11,8297
19	18,176	239,84	187,0	9,87	11,7884
19,25	18,421	241,57	188,7	9,99	11,7476
19,5	18,666	243,29	190,4	10,11	11,7072
19,75	18,911	244,99	192,0	10,23	11,6671
20	19,156	246,69	193,6	10,36	11,6275
20,25	19,402	248,37	195,3	10,48	11,5883

20,5	19,647	250,05	196,9	10,60	11,5495
20,75	19,892	251,72	198,5	10,72	11,5111
21	20,138	253,38	200,1	10,85	11,4731
21,25	20,383	255,03	201,7	10,97	11,4354
21,5	20,628	256,67	203,3	11,09	11,3981
21,75	20,874	258,30	204,9	11,22	11,3612
22	21,119	259,93	206,5	11,34	11,3247
22,25	21,365	261,55	208,0	11,46	11,2885
22,5	21,610	263,15	209,6	11,58	11,2526
22,75	21,856	264,75	211,2	11,71	11,2171
23	22,102	266,35	212,7	11,83	11,1820
23,25	22,347	267,93	214,2	11,95	11,1472
23,5	22,593	269,51	215,8	12,07	11,1127
23,75	22,838	271,08	217,3	12,20	11,0786
24	23,084	272,64	218,8	12,32	11,0448

***TR = 500 anni***

<b>t</b>	<b>D</b>	<b>h(t)</b>	<b>R0</b>	<b>tp</b>	<b>Q</b>
ore	ore	mm	mm	ore	mc/s
0,25	0,145	24,66	3,1	0,85	2,24
0,5	0,356	36,09	8,5	0,96	5,52
0,75	0,577	45,09	13,9	1,07	8,09
1	0,803	52,82	19,0	1,18	10,04
1,25	1,032	59,70	24,0	1,29	11,52
1,5	1,264	66,00	28,7	1,41	12,67
1,75	1,497	71,83	33,3	1,53	13,55
2	1,731	77,30	37,6	1,64	14,24
2,25	1,966	82,46	41,8	1,76	14,78
2,5	2,202	87,38	45,9	1,88	15,20
2,75	2,439	92,08	49,9	2,00	15,529
3	2,677	96,59	53,7	2,12	15,79
3,25	2,915	100,93	57,5	2,24	15,99
3,5	3,154	105,12	61,1	2,36	16,14
3,75	3,393	109,18	64,7	2,47	16,26
4	3,632	113,12	68,2	2,59	16,34
4,25	3,872	116,96	71,6	2,71	16,40
4,5	4,112	120,69	74,9	2,83	16,44
4,75	4,352	124,33	78,2	2,95	16,46
5	4,593	127,88	81,4	3,07	16,47
5,25	4,834	131,35	84,6	3,20	16,46
5,5	5,075	134,76	87,7	3,32	16,44
5,75	5,317	138,09	90,7	3,44	16,42
6	5,558	141,35	93,7	3,56	16,38
6,25	5,800	144,56	96,7	3,68	16,34
6,5	6,042	147,71	99,6	3,80	16,30
6,75	6,284	150,80	102,4	3,92	16,25
7	6,527	153,85	105,3	4,04	16,20
7,25	6,769	156,84	108,1	4,16	16,14
7,5	7,012	159,79	110,8	4,28	16,08

7,75	7,254	162,70	113,5	4,41	16,02
8	7,497	165,56	116,2	4,53	15,96
8,25	7,740	168,38	118,8	4,65	15,90
8,5	7,983	171,17	121,5	4,77	15,83
8,75	8,227	173,92	124,0	4,89	15,77
9	8,470	176,63	126,6	5,01	15,70
9,25	8,713	179,31	129,1	5,13	15,64
9,5	8,957	181,95	131,6	5,26	15,57
9,75	9,200	184,57	134,1	5,38	15,51
10	9,444	187,16	136,6	5,50	15,44
10,25	9,688	189,71	139,0	5,62	15,37
10,5	9,932	192,24	141,4	5,74	15,31
10,75	10,176	194,74	143,8	5,87	15,24
11	10,420	197,22	146,1	5,99	15,17
11,25	10,664	199,67	148,5	6,11	15,11
11,5	10,908	202,09	150,8	6,23	15,04
11,75	11,152	204,50	153,1	6,35	14,98
12	11,396	206,87	155,3	6,48	14,92
12,25	11,641	209,23	157,6	6,60	14,85
12,5	11,885	211,57	159,8	6,72	14,79
12,75	12,130	213,88	162,0	6,84	14,73
13	12,374	216,18	164,2	6,97	14,66
13,25	12,619	218,45	166,4	7,09	14,60
13,5	12,864	220,71	168,6	7,21	14,54
13,75	13,108	222,94	170,7	7,33	14,48
14	13,353	225,16	172,9	7,45	14,42
14,25	13,598	227,36	175,0	7,58	14,36
14,5	13,843	229,54	177,1	7,70	14,30
14,75	14,088	231,71	179,2	7,82	14,25
15	14,333	233,86	181,3	7,94	14,19
15,25	14,578	235,99	183,3	8,07	14,13
15,5	14,823	238,11	185,4	8,19	14,07
15,75	15,068	240,21	187,4	8,31	14,02
16	15,313	242,30	189,4	8,43	13,96
16,25	15,558	244,37	191,4	8,56	13,91
16,5	15,803	246,43	193,4	8,68	13,86
16,75	16,049	248,48	195,4	8,80	13,80
17	16,294	250,51	197,3	8,93	13,75
17,25	16,539	252,52	199,3	9,05	13,70
17,5	16,785	254,53	201,2	9,17	13,65
17,75	17,030	256,52	203,2	9,29	13,60
18	17,275	258,50	205,1	9,42	13,54
18,25	17,521	260,47	207,0	9,54	13,49
18,5	17,766	262,42	208,9	9,66	13,45
18,75	18,012	264,36	210,8	9,78	13,40
19	18,258	266,29	212,7	9,91	13,35
19,25	18,503	268,21	214,5	10,03	13,30
19,5	18,749	270,12	216,4	10,15	13,25
19,75	18,995	272,02	218,2	10,28	13,21
20	19,240	273,91	220,1	10,40	13,16
20,25	19,486	275,78	221,9	10,52	13,11



20,5	19,732	277,65	223,7	10,64	13,07
20,75	19,978	279,50	225,5	10,77	13,02
21	20,223	281,35	227,3	10,89	12,98
21,25	20,469	283,18	229,1	11,01	12,94
21,5	20,715	285,01	230,9	11,14	12,89
21,75	20,961	286,82	232,6	11,26	12,85
22	21,207	288,63	234,4	11,38	12,81
22,25	21,453	290,43	236,2	11,50	12,76
22,5	21,699	292,22	237,9	11,63	12,72
22,75	21,945	294,00	239,6	11,75	12,68
23	22,191	295,77	241,4	11,87	12,64
23,25	22,437	297,53	243,1	12,00	12,60
23,5	22,683	299,28	244,8	12,12	12,56
23,75	22,929	301,03	246,5	12,24	12,52
24	23,175	302,76	248,2	12,37	12,48

Il grafico seguente riporta i valori di portata in funzione del Tempo di Ritorno e della durata della precipitazione.

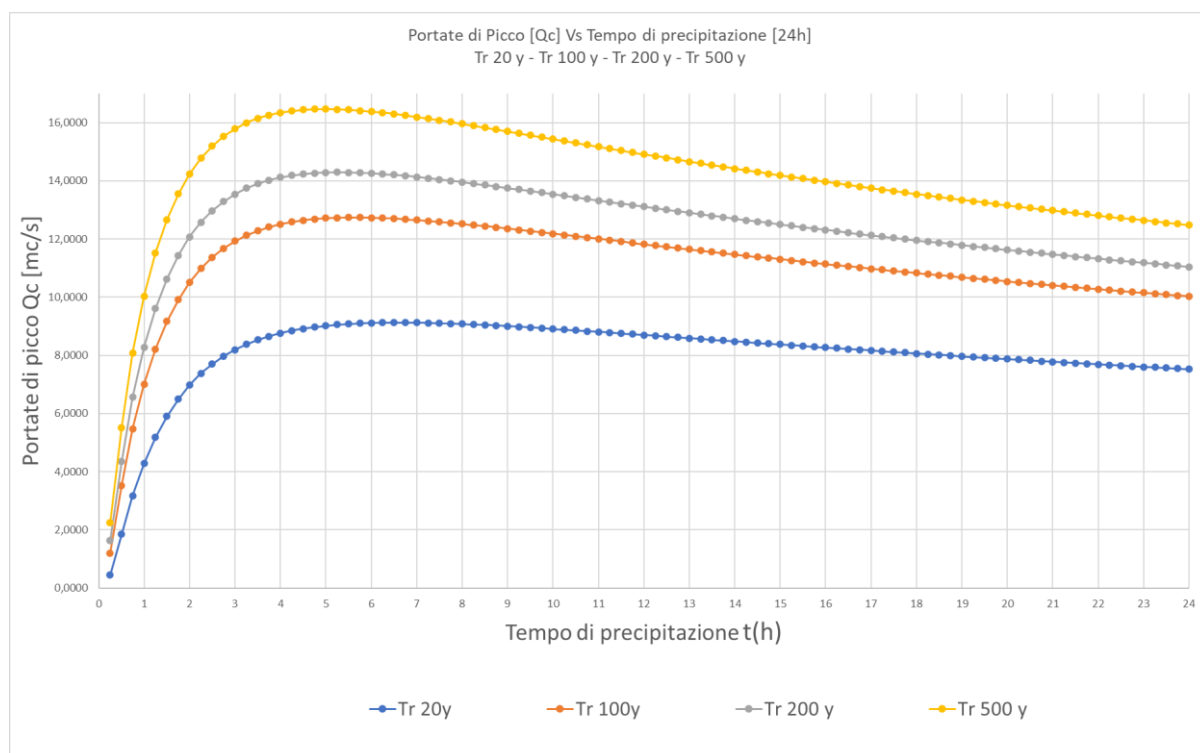


FIGURA N. 4 - ANALISI DEL TREND DELLE PORTATE DI PICCO (Qc) PER I TEMPI DI RITORNO (TR) DI 20-100-200-500 ANNI SUL TEMPO DI PRECIPITAZIONE DI 24 H

Si assumono pertanto, per i diversi tempi di ritorno, i seguenti valori di portata di riferimento:

**TR = 20 anni:  $Q_{20} = 9.13 \text{ mc/s}$**

**TR = 100 anni:  $Q_{100} = 12.74 \text{ mc/s}$**

**TR = 200 anni:  $Q_{200} = 14.29 \text{ mc/s}$**

**TR = 500 anni:  $Q_{500} = 16.47 \text{ mc/s}$**

Essi sono da intendersi quali valori di portata al colmo.

## CONFRONTO BACINI

Nella tabella seguente sono messi in confronto alcuni dati dei 2 bacini più rilevanti.

Parametro	Rio Crorello	Rio Pianezze
Area (Km <sup>2</sup> )	2.24	0.175
Tempo di Corrivazione (h)	0.40	0.23

Le portate di piena sono state calcolate per diversi tempi di ritorno (20, 100, 200, 500 anni), utilizzando il metodo del Curve Number (CN) con considerazione delle perdite di infiltrazione e dei coefficienti di deflusso.

Nella tabella seguente saranno messe in confronto le portate (m<sup>3</sup>/s) massime per i vari tempi di ritorno, rispettivamente per il Rio Crorello ed il Rio Pianezze.

Tempo di ritorno	Portata Rio Crorello	Portata Rio Pianezze
20 anni	9.13	0.92
100 anni	12.74	1.31
200 anni	14.29	1.50
500 anni	16.47	1.75

Queste portate, nel punto di chiusura, si ottengono in differenti tempi, meno di 2 ore per il Rio Pianezze e oltre 5 ore per il Rio Crorello.

Per quanto riguarda l'acqua piovana proveniente dall'area di cava essa verrà convogliata tramite un sistema di canalette verso la vasca di sedimentazione, dove, una volta trattata sarà reimpressa nel Rio Pianezze. Nella seguente tabella sono elencate le portate nei vari tempi di ritorno.

Tempo di ritorno	Portata Bacino area di cava
20 anni	0.30
100 anni	0.38
200 anni	0.41
500 anni	0.46

Aumentano così le portate del Rio Pianezze a 1.22, 1.69, 1.91 e 2.21 rispettivamente per i tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 500 anni.

Pur avendo un incremento delle portate da parte dell'area di cava il volume d'acqua immesso nel Rio Crorello rimane sempre minimo rispetto alle portate di quest'ultimo.

Tali portate del bacino sotteso al paramento sono state inserite nell'analisi della regimazione delle vasche di sedimentazione.

Di seguito in tabella sono rappresentate le portate massime del bacino del Rio senza nome nei vari tempi di ritorno.

Tempo di ritorno	Portata Bacino Rio senza nome
20 anni	0.622
100 anni	0.781
200 anni	0.853
500 anni	0.945

Per quanto riguarda il bacino del Rio senza nome, esso viene deviato dal muro in c.a posto a nord dell'area di cava direttamente all'interno del Rio Crorello, grazie ad una tubazione in PVC in grado di far defluire  $0.35 \text{ m}^3/\text{s}$ . La portata restata di tale bacino verrà convogliata, come si può evincere dalla Tav. 53\_INT\_BIS, dalle canalette di sezione trapezia ( $0.5 \times 0.7 \times 0.6 \text{ m}$ ) alla base delle pareti, in modo da sottrarre l'acqua di laminazione che scorre sui fronti che è ancora pulita non essendo entrata in contatto con l'area di lavorazione, deviandola direttamente verso il Rio Crorello.

Anche per questo bacino la sua immissione nel Rio Crorello è di poco conto, avendo delle portate coi vari tempi di ritorno inferiori rispetto al Rio Pianezze e allo stesso Rio in cui confluiscono entrambi.

## **DIMENSIONAMENTO IDRAULICO ALVEO RIO PIANEZZE**

La sistemazione del tratto terminale dell'alvo del Rio Pianezze che viene realizzato a valle dell'area di deposito degli sfridi di coltivazione viene pertanto dimensionata in funzione della portata critica calcolata con  $Tr_{200} = 1,50 \text{ mc/s}$ .

L'alveo sarà realizzato con sezione rettangolare con sponde e fondo in blocchi di cava secondo la tipologia e le dimensioni indicata nella tavola dei particolari costruttivi (Tavola n. 48\_2024) di progetto che sono ottenute dal seguente dimensionamento idraulico delle sezioni tipo (riportate nella figura allegata in calce alla presente) dell'alveo in relazione alla pendenza media dei vari tratti considerati. Esso verrà realizzato mantenendo invariato il punto di confluenza e facendo in modo da facilitarne il deflusso. La deviazione parte a valle dell'attraversamento (guado esistente con tubazione di sottopasso  $\varnothing = 0,80 \text{ m}$ ) della strada sul Rio Pianezze fino all'immissione nel Rio Crorello.

In particolare, con la presente variante, si evidenzia che è stato rettificato il raggio di curvatura ampliandolo in modo da favorire ulteriormente il deflusso già migliorato per

effetto del rivestimento del fondo alveo in massi e lastre di roccia (dettaglio grafico Tav. 53\_INT\_BIS).

Si allega di seguito il calcolo del dimensionamento idraulico delle varie sezioni del Rio Pianezze post deviazione svolto sul Tr200. Tutte le verifiche effettuate in corrispondenza delle sezioni e relative pendenze parziali evidenziano una capacità di smaltimento superiore alle portate calcolate, anche nel caso in cui si considera in via prudenziale un contributo del trasporto solido con aumento delle stesse di 10% e 20%, rispettivamente pari a  $2.10 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $2.29 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Non si aggiorna la precedente verifica idraulica svolta tramite l'utilizzo del software HEC-RAS, sviluppato dall'ente USACE per la simulazione e l'analisi del flusso idraulico nei corsi d'acqua, in quanto non si modificano le sezioni di deflusso e la nuova traccia planimetrica risulta più rettilinea e scorrevole riducendo ulteriormente il livello del battente idraulico, in particolare nel punto di massima curvatura.

## SEZIONI PROGETTO

### Sezione X – X Tr200

#### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

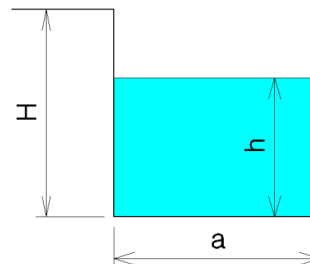
**Descrizione:** Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

**Punto di sezione:** X -X

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>1.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.80</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>9.00%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



##### DATI RISULTANTI

Contorno bagnato	$Pb = a + 2h$	⇒	<b>2.600</b> [m]
Area di deflusso	$A = ah$	⇒	<b>0.8000</b> [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.308</b> [m]

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

##### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

##### RISULTATI

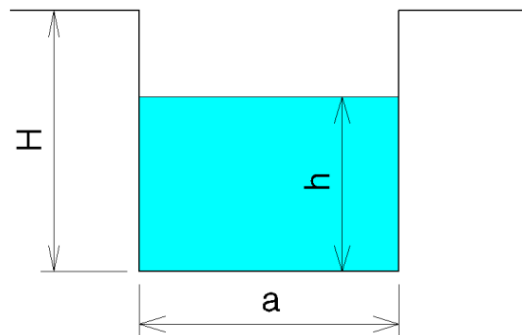
<b>c</b>	⇒	<b>30.74</b>
<b>V</b>	⇒	<b>5.11</b> [m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>4.092</b> [m <sup>3</sup> /sec]

**CAPACITA' DI SMALITIMENTO**  
**SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE**  
*per varie altezze d'acqua*

CARATTERISTICHE SEZIONE

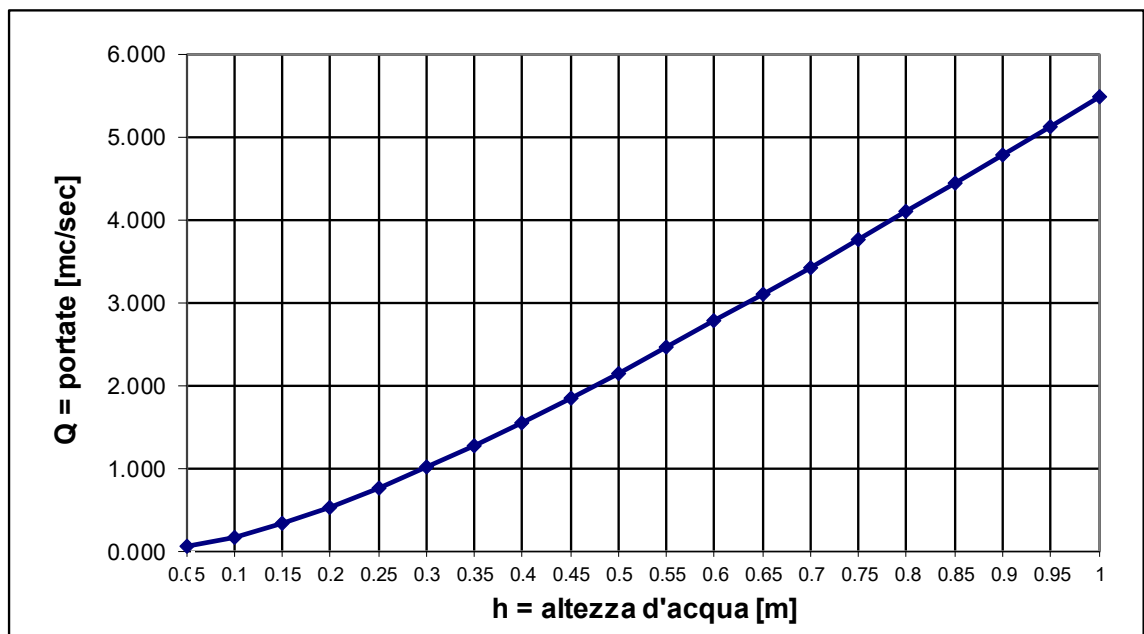
<b>H</b>	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]	<b>p</b>	<b>9.0%</b>	Pendenza
<b>a</b>	<b>1.00</b>	[m]	<b>m</b>	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0.05	0.047
0.10	0.162
0.15	0.327
0.20	0.527
0.25	0.754
0.30	1.003
0.35	1.269
0.40	1.549
0.45	1.841
0.50	2.143
0.55	2.453
0.60	2.770
0.65	3.093
0.70	3.422
0.75	3.755
0.80	4.092
0.85	4.433
0.90	4.776
0.95	5.123
1.00	5.472



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza**



## Sezione X1 – X1 Tr200

### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

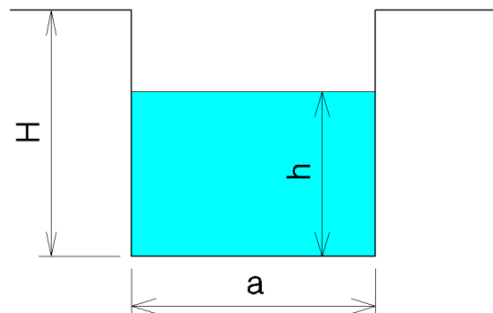
**Descrizione:** Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

**Punto di sezione:** X1 - X1

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>1.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.80</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>54.00%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



##### DATI RISULTANTI

Contorno bagnato	$Pb = a + 2h$	⇒	<b>2.600</b> [m]
Area di deflusso	$A = ah$	⇒	<b>0.8000</b> [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.308</b> [m]

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

##### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

##### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>30.74</b>
<b>V</b>	⇒	<b>12.53</b> [m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>10.023</b> [m <sup>3</sup> /sec]

Tr200 = 1,5

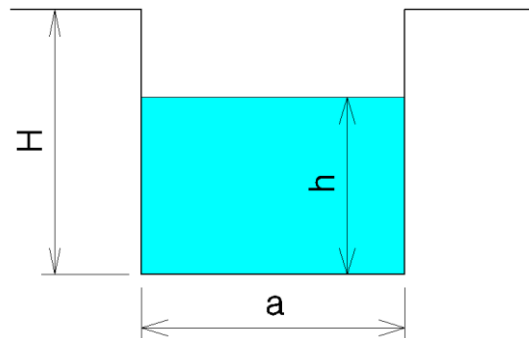


**CAPACITA' DI SMALITIMENTO**  
**SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE**  
*per varie altezze d'acqua*

CARATTERISTICHE SEZIONE

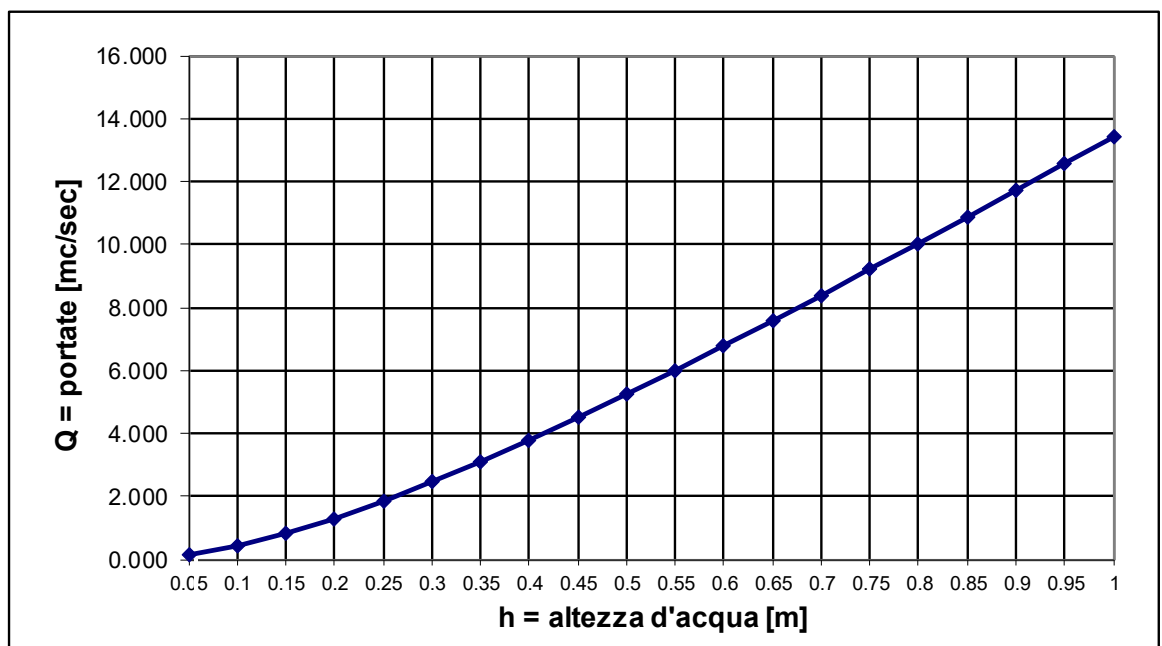
<b>H</b>	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]	<b>p</b>	<b>54.0%</b>	Pendenza
<b>a</b>	<b>1.00</b>	[m]	<b>m</b>	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0.05	0.114
0.10	0.398
0.15	0.800
0.20	1.290
0.25	1.846
0.30	2.456
0.35	3.108
0.40	3.795
0.45	4.510
0.50	5.249
0.55	6.008
0.60	6.785
0.65	7.577
0.70	8.381
0.75	9.197
0.80	10.023
0.85	10.858
0.90	11.700
0.95	12.549
1.00	13.405



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza**



## Sezione X2 – X2 Tr200

### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

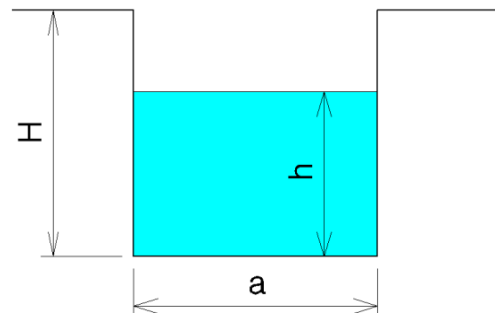
**Descrizione:** Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

**Punto di sezione:** X2 - X2

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>1.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.80</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>11.00%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



##### DATI RISULTANTI

Contorno bagnato	$Pb = a + 2h$	⇒	<b>2.600</b> [m]
Area di deflusso	$A = ah$	⇒	<b>0.8000</b> [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.308</b> [m]

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

##### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

##### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>30.74</b>
<b>V</b>	⇒	<b>5.65</b> [m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>4.524</b> [m <sup>3</sup> /sec]

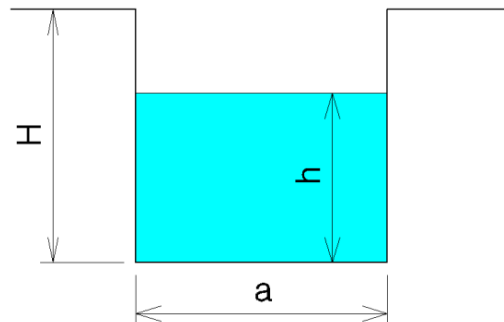
Tr200 = 1,5

**CAPACITA' DI SMALITIMENTO**  
**SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE**  
*per varie altezze d'acqua*

CARATTERISTICHE SEZIONE

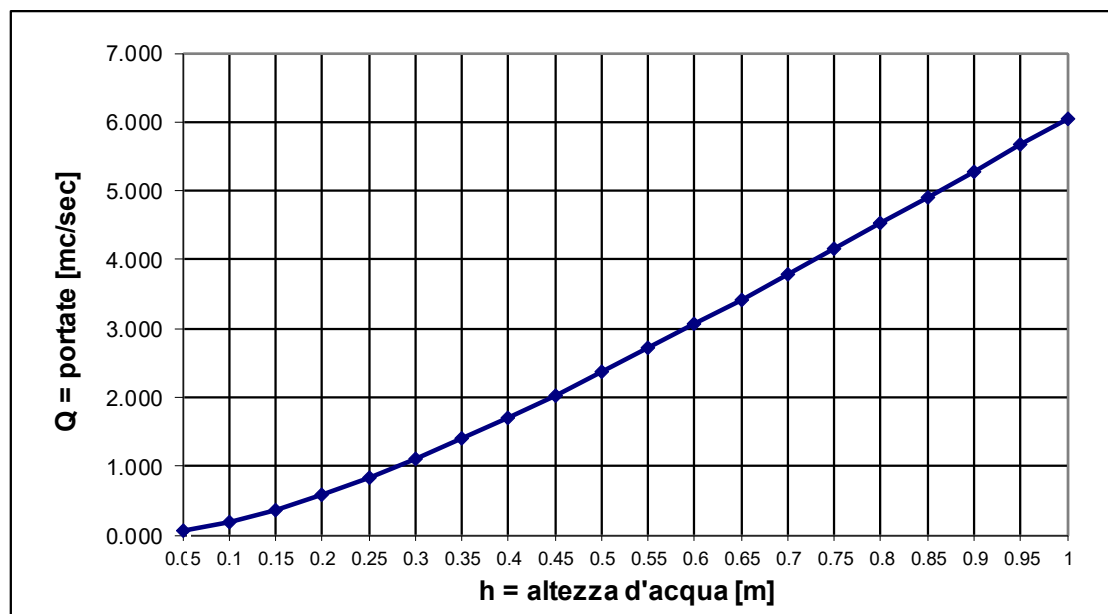
<b>H</b>	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]	<b>p</b>	<b>11.0%</b>	Pendenza
<b>a</b>	<b>1.00</b>	[m]	<b>m</b>	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0.05	0.052
0.10	0.180
0.15	0.361
0.20	0.582
0.25	0.833
0.30	1.108
0.35	1.403
0.40	1.713
0.45	2.035
0.50	2.369
0.55	2.712
0.60	3.062
0.65	3.420
0.70	3.783
0.75	4.151
0.80	4.524
0.85	4.900
0.90	5.281
0.95	5.664
1.00	6.050



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza**



## Sezione X3 – X3 Tr200

### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

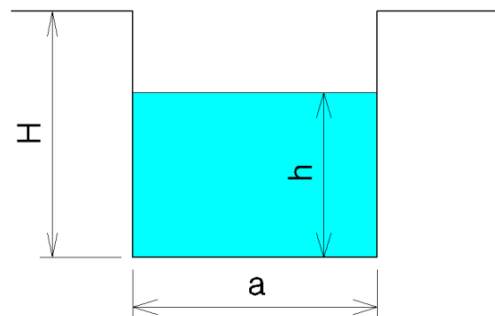
**Descrizione:** Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

**Punto di sezione:** X3 - X3

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>1.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.80</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>6.00%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



##### DATI RISULTANTI

Contorno bagnato	$Pb = a + 2h$	⇒	<b>2.600</b> [m]
Area di deflusso	$A = ah$	⇒	<b>0.8000</b> [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.308</b> [m]

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

##### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

##### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>30.74</b>
<b>V</b>	⇒	<b>4.18</b> [m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>3.341</b> [m <sup>3</sup> /sec]

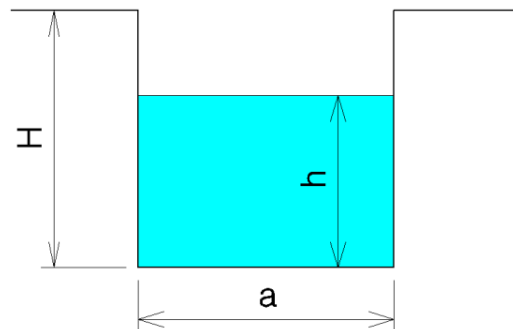
Tr200 = 1,5

**CAPACITA' DI SMALITIMENTO**  
**SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE**  
*per varie altezze d'acqua*

CARATTERISTICHE SEZIONE

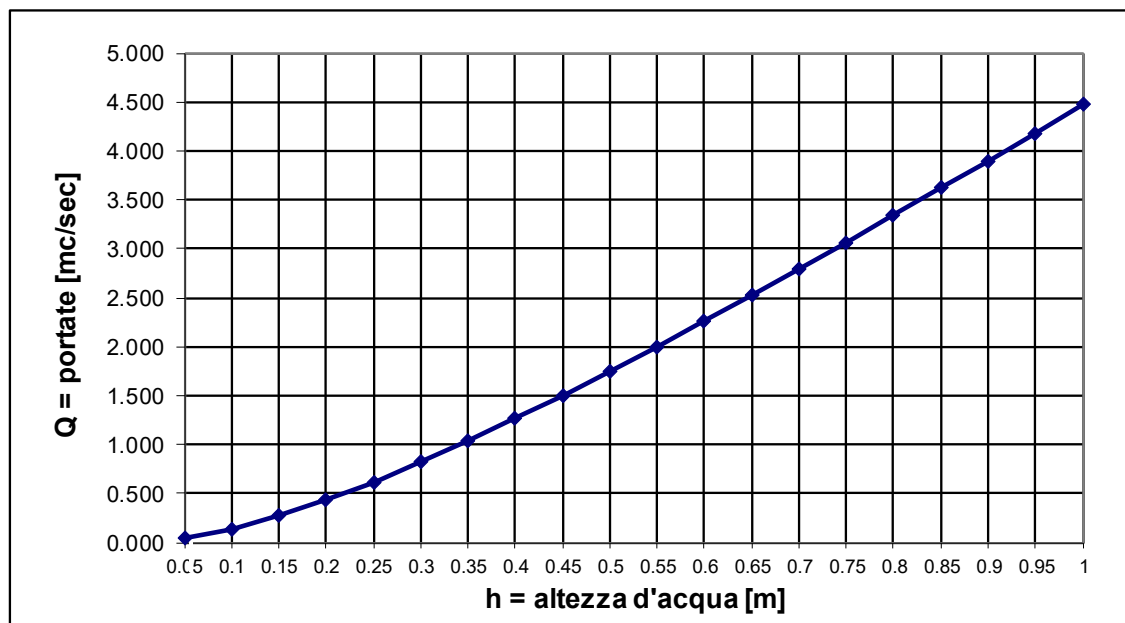
<b>H</b>	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]	<b>p</b>	<b>6.0%</b>	Pendenza
<b>a</b>	<b>1.00</b>	[m]	<b>m</b>	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0.05	0.038
0.10	0.133
0.15	0.267
0.20	0.430
0.25	0.615
0.30	0.819
0.35	1.036
0.40	1.265
0.45	1.503
0.50	1.750
0.55	2.003
0.60	2.262
0.65	2.526
0.70	2.794
0.75	3.066
0.80	3.341
0.85	3.619
0.90	3.900
0.95	4.183
1.00	4.468



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza**



## Sezione X4 – X4 Tr200

### CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE

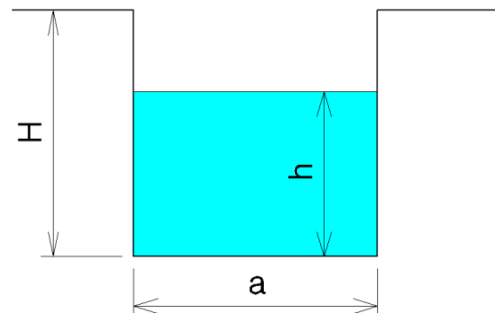
**Descrizione:** Canale Rio Pianezze - Cava Bort sopra Foppiano

**Punto di sezione:** X4 - X4

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>1.00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>0.80</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>7.00%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



##### DATI RISULTANTI

Contorno bagnato	$Pb = a + 2h$	⇒	<b>2.600</b> [m]
Area di deflusso	$A = ah$	⇒	<b>0.8000</b> [m <sup>2</sup> ]
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>0.308</b> [m]

#### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 0.80$ m

##### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c\sqrt{Ri p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100\sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

##### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>30.74</b>	
<b>V</b>	⇒	<b>4.51</b>	[m/sec]
<b>Q</b>	⇒	<b>3.609</b>	[m <sup>3</sup> /sec]

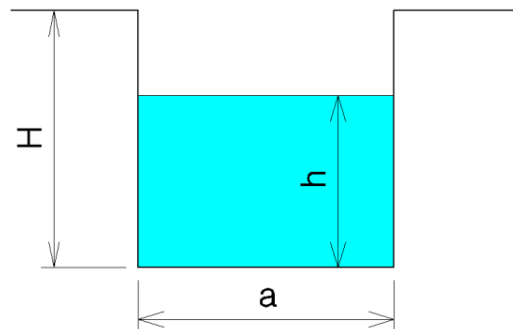
Tr200 = 1,5

**CAPACITA' DI SMALITIMENTO**  
**SEZIONE IDRAULICA DI FORMA RETTANGOLARE**  
*per varie altezze d'acqua*

CARATTERISTICHE SEZIONE

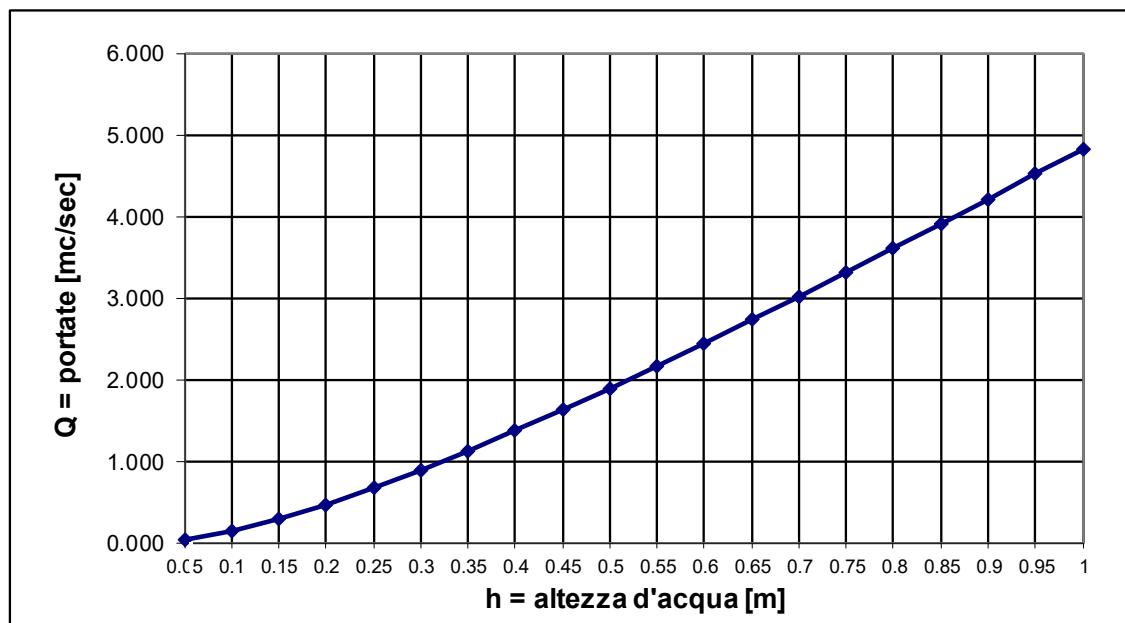
<b>H</b>	<b>1.00</b>	ALTEZZA [m]	<b>p</b>	<b>7.0%</b>	Pendenza
<b>a</b>	<b>1.00</b>	[m]	<b>m</b>	<b>1.25</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

h [m]	Q[m <sup>3</sup> /sec]
0.05	0.041
0.10	0.143
0.15	0.288
0.20	0.464
0.25	0.665
0.30	0.884
0.35	1.119
0.40	1.366
0.45	1.624
0.50	1.890
0.55	2.163
0.60	2.443
0.65	2.728
0.70	3.018
0.75	3.311
0.80	3.609
0.85	3.909
0.90	4.212
0.95	4.518
1.00	4.826



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza**





### ***HEC-RAS (River Analysis System)***

L'indagine geomorfologica per la caratterizzazione del bacino imbrifero non evidenzia una chiara propensione al trasporto solido in massa, ovvero di fenomeni tipo "debris-flow" con flusso ad alta densità

Tuttavia, nella seguente verifica idraulica si incrementa la portata di un contributo pari a 10% e 20% dovuto alla potenziale mobilitazione di materiale presente in alveo.

Per effettuare tale stima si è fatto ricorso al programma di calcolo messo a punto dall'US Army Corps of Engineers e denominato HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System).

Definita la portata di massima piena a cui riferire l'analisi idraulica è necessario determinare cosa significhi questo in termini di profondità di corrente nel tronco d'alveo considerato, con particolare riferimento alle sezioni trasversali pertinenti l'area in esame.

Le grandezze richieste dal software per effettuare la stima della profondità di corrente sono le seguenti:

- geometria delle sezioni;
- pendenza motrice;
- scabrezza.

Al fine di determinare la geometria delle sezioni è stato effettuato un rilievo topografico con tracciamento di cinque sezioni significative.

Il rilievo definisce l'andamento del corso d'acqua, il quale compie una evidente rotazione verso il Rio Crorello originando una battuta di sponda sulla sinistra idrografica.

Il software simula condizioni di corrente lenta, veloce e regimi misti purché siano conosciute le condizioni di monte e di valle che governano il comportamento della corrente. Nel caso specifico si adotta la condizione di regime in "corrente mista".

La pendenza motrice è automaticamente determinata dal programma di calcolo partendo dalla geometria delle sezioni.

La scabrezza è uno dei parametri più difficilmente determinabili ed è anche uno dei più influenti, in quanto ogni sistema idraulico è molto sensibile a questo fattore; inoltre il suo valore diminuisce con l'aumentare della portata, in quanto non è un parametro assoluto.

Per la scelta del valore di tale parametro si è fatto riferimento alla bibliografia esistente in cui si trovano suggerimenti in merito ai coefficienti di scabrezza da attribuire alle diverse tipologie dei corsi d'acqua e specificamente dei canali con alveo naturale o parzialmente regimato.

Il software utilizza i valori del coefficiente di resistenza (scabrezza) di Manning (da Chow V. T., 1959) che nel caso specifico tengono conto sostanzialmente dell'unica tipologia di alveo presente:

Manning: $n = 0.03 - 0.04 [m^{-1/3}s]$	alveo in blocchi
--	------------------

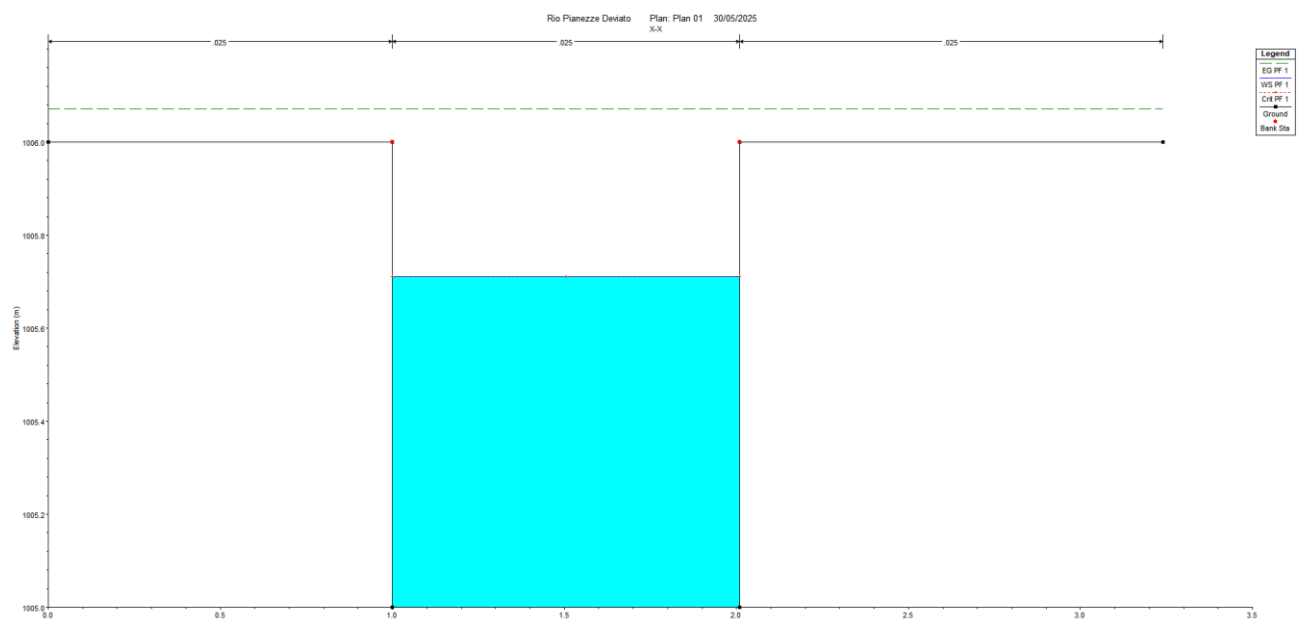
Le verifiche idrauliche sono state eseguite rispetto all'intero tratto d'alveo considerato dalla sezione di apertura X – X alla sezione di chiusura X4 – X4.

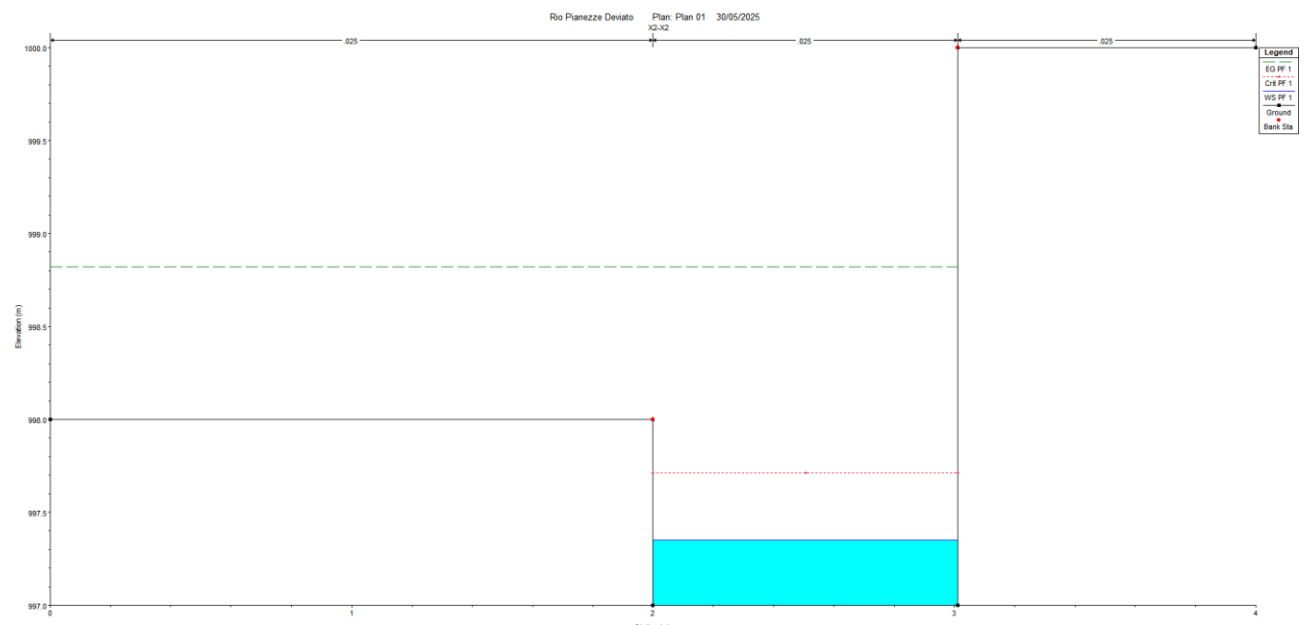
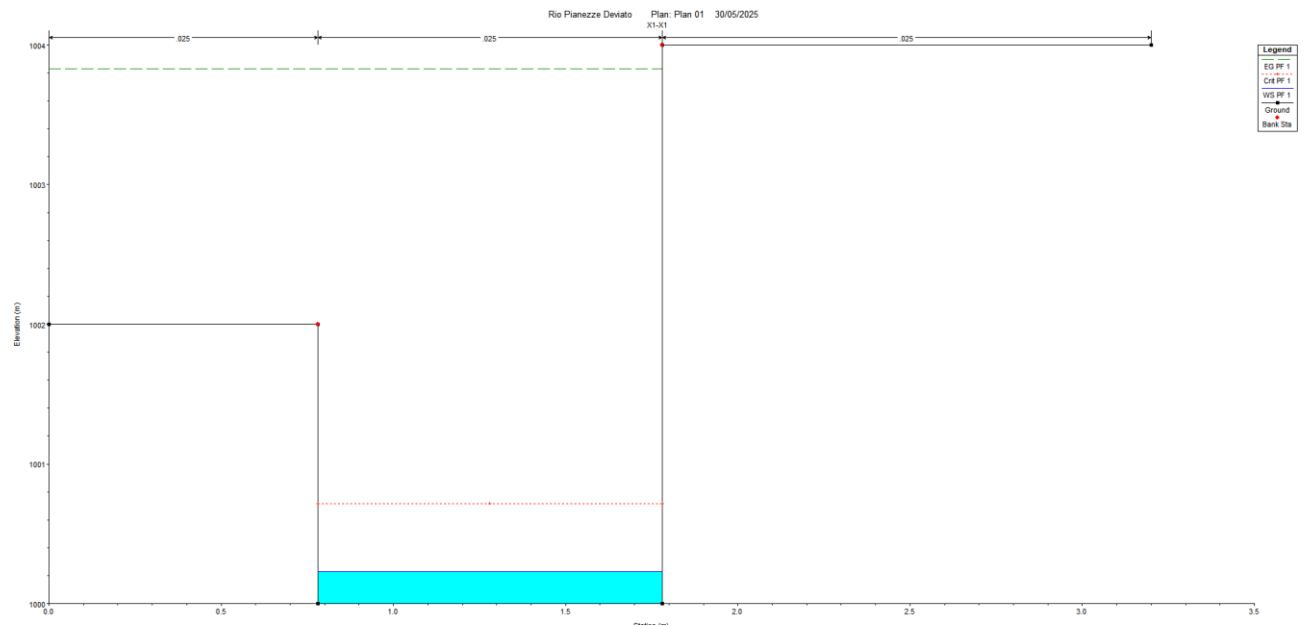
Nelle verifiche si esclude la portata con TR500 considerata "catastrofica". Tutte le sezioni d'alveo esaminate risultano verificate rispetto al passaggio della portata critica caratterizzata da tempo di ritorno pari a Tr200 anni incrementata del contributo dovuto al trasporto solido, computato pari al 10% e al 20% della portata di massima piena.

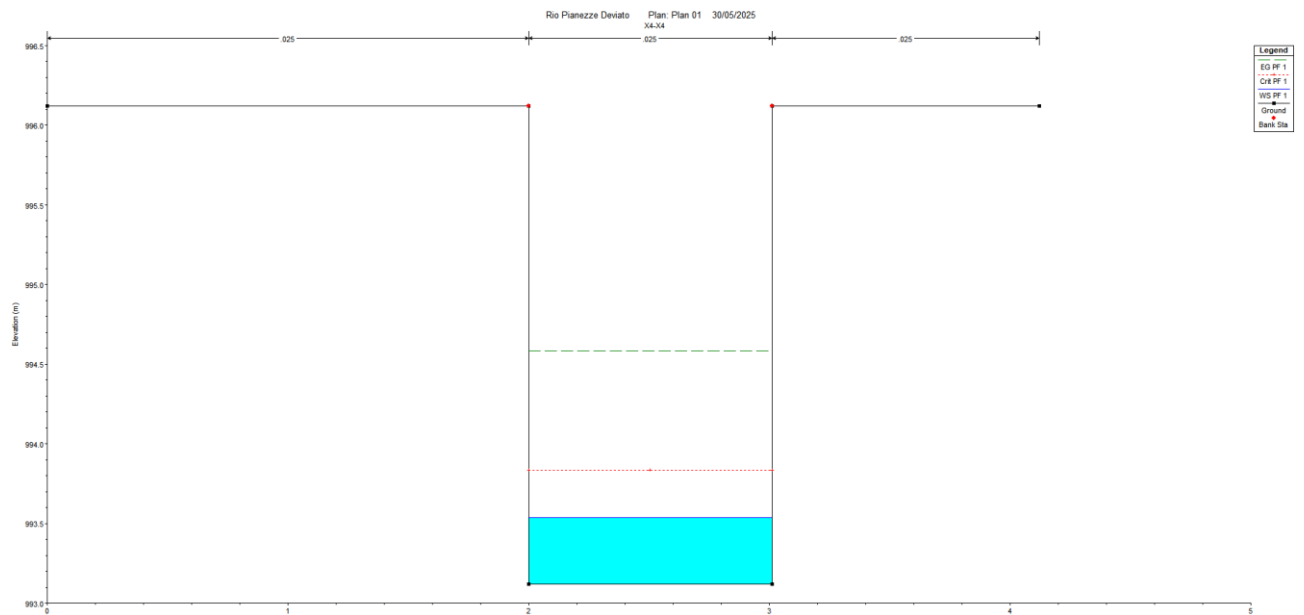
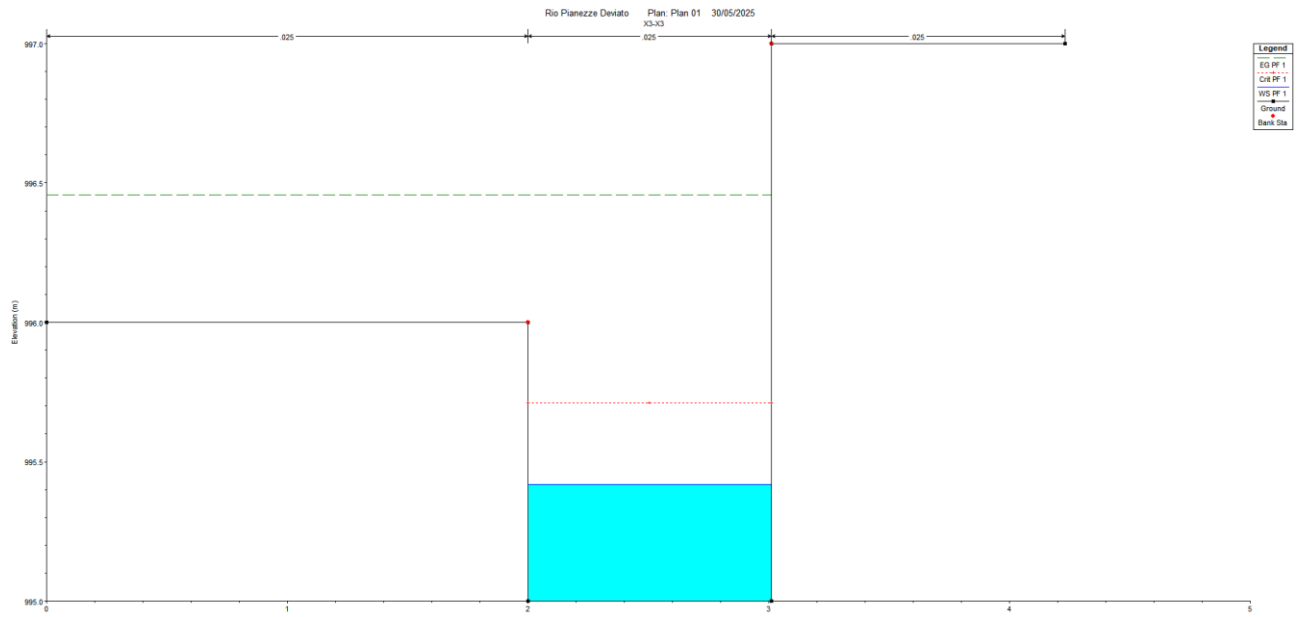
I risultati dell'elaborazione sono graficamente riassunti nei seguenti allegati:

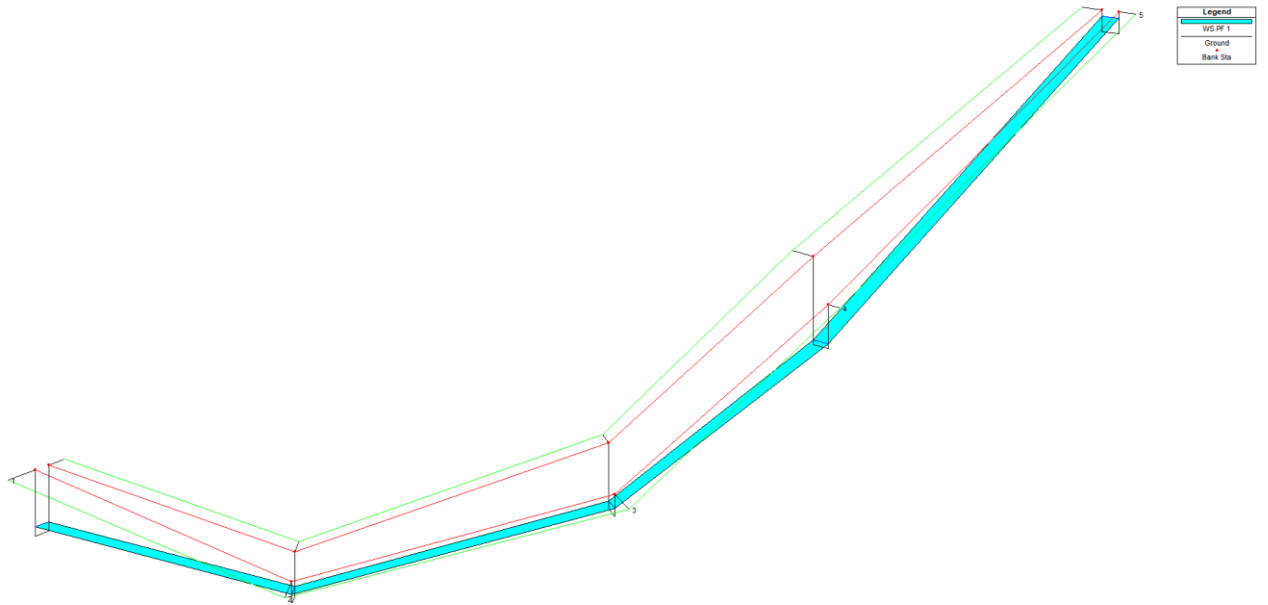
- Geometria sezioni e livello pelo libero configurazione post-intervento;
- Vista 3D configurazione post-intervento.

Le sezioni sono riportate in ordine decrescente, da monte (n. 5) a valle (n. 1).



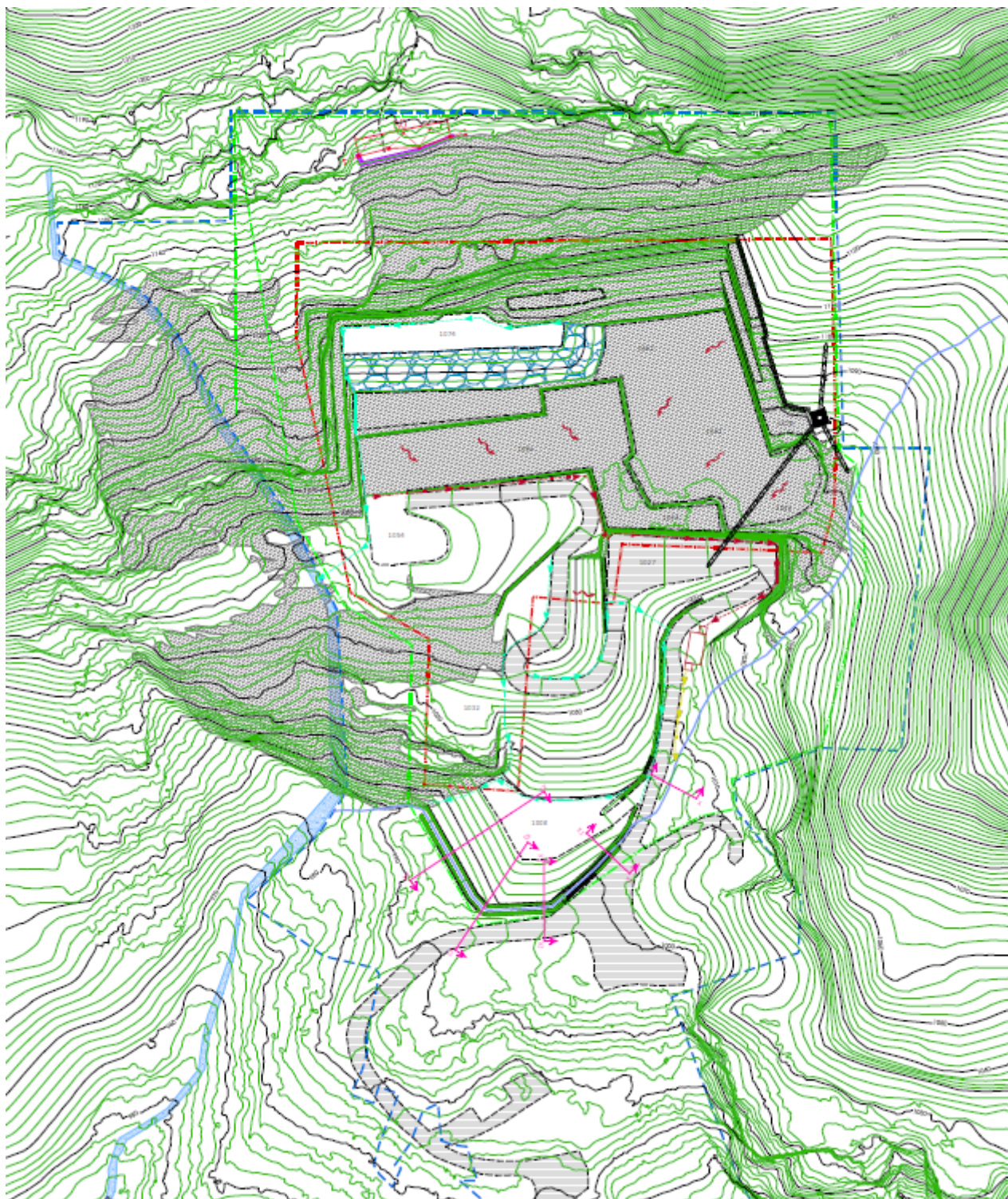




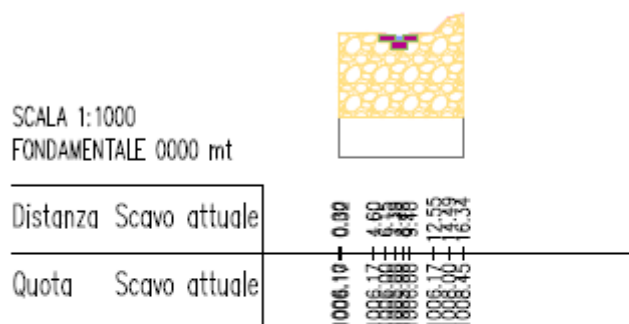




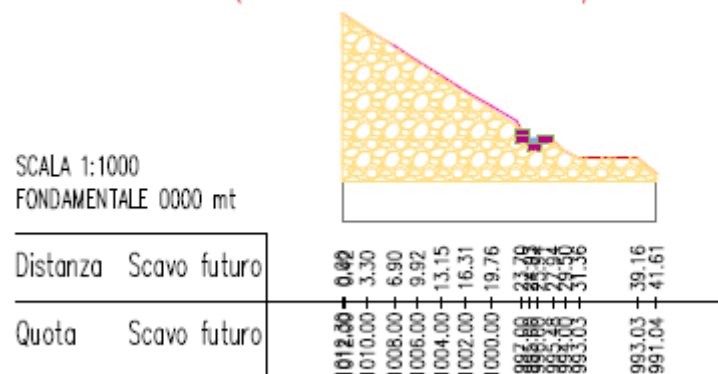
Di seguito vengono messe a disposizione la planimetria e le sezioni della fase in cui viene deviato il corso del Rio Pianezze (TAV. 12\_INT\_FASE 4a) riguardanti il ridimensionamento idraulico del Rio Pianezze svolto nelle pagine precedenti.



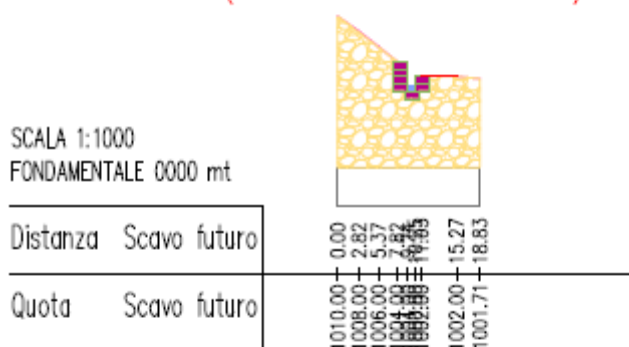
## SEZIONE X (da fase 1 a fase 4)



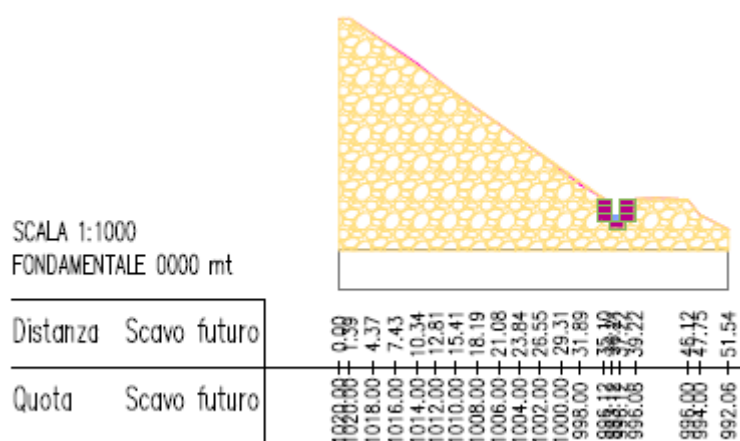
## SEZIONE X3 (da fase 3 a fase 4)



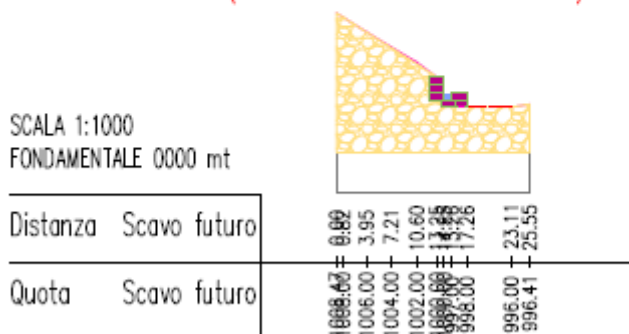
## SEZIONE X1 (da fase 3 a fase 4)



## SEZIONE X4 (da fase 3 a fase 4)



## SEZIONE X2 (da fase 3 a fase 4)

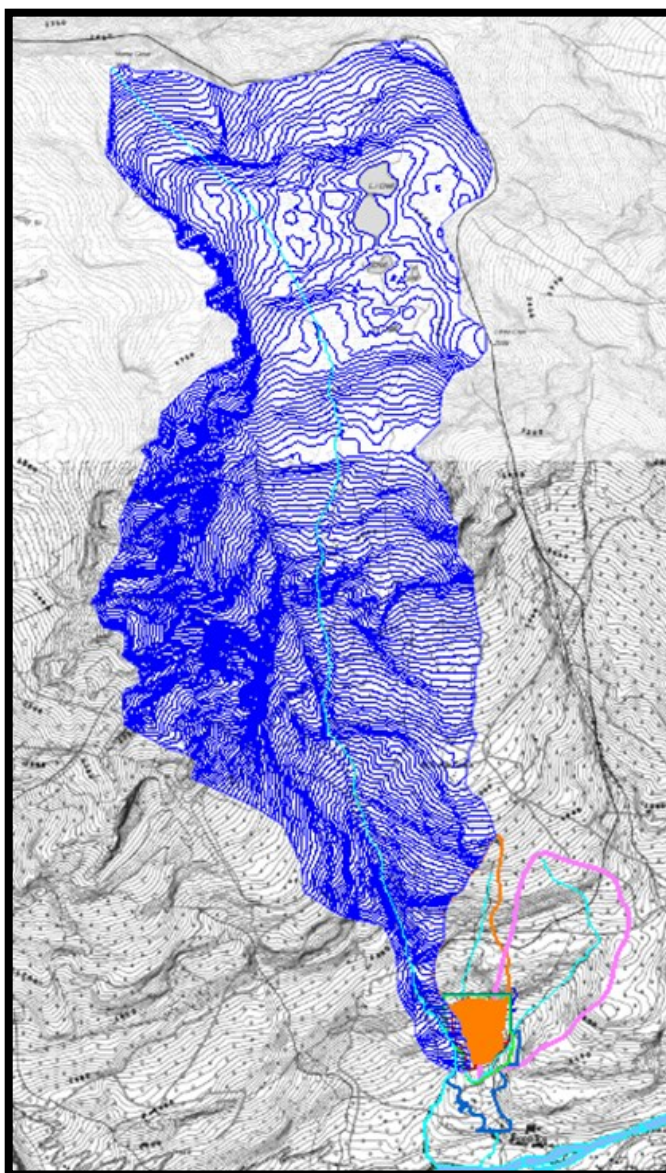




## CALCOLO DELLA PORTATA MEDIA ANNUA DEL RIO PIANEZZE

Il nuovo progetto di coltivazione e la presente variante non introducono alcuna modifica rispetto alle aree di afflusso/deflusso delle acque superficiali e meteoriche già precedentemente dimensionate, che si riepilogano e nella seguente immagine, che rappresenta la delimitazione dei bacini imbriferi, si individuano:

1. un bacino imbrifero del Rio Crorello (in blu), che non insiste sull'area di cava, scorrendo a sud dell'area di cava, di superficie pari a 2.24 km<sup>2</sup> circa;
2. un bacino centrale (in arancione) che insiste sulla cava attiva. Questo bacino possiede una superficie complessiva pari 0.09 km<sup>2</sup> circa di cui solo un'area di 0.02 km<sup>2</sup> influisce sulla cava solo tramite le piogge e l'acqua di lavorazione, essendo deviato precedentemente a monte dell'area di cava;
3. un bacino imbrifero del Rio Pianezze (in rosa) che scorre a E dell'area di cava per poi defluire a valle, e raccogliere le acque di cava trattate. Questo bacino possiede una superficie complessiva di 0.175 km<sup>2</sup>.





## PARAMETRI GEOMORFOLOGICI DEL BACINO IMBRIFERO

Per la definizione del bacino imbrifero si è ricorsi all'uso di strumenti di analisi di informazione di natura geografica utilizzando i dati ufficiali reperiti dal Geoportale della Regione Piemonte (BDTRE).

In particolare, l'elaborazione del modello digitale del terreno ha permesso di identificare il bacino idrografico afferente alla sezione dove è prevista l'opera di presa e di quantificare, quindi, tutti i parametri morfologici del territorio al fine di valutare correttamente la disponibilità della risorsa idrica. In Figura 1 si riporta il bacino imbrifero sotteso e la rappresentazione altimetrica del territorio interessato nel quale è visibile il deflusso del Rio Pianezze.

Nel grafico di Figura 2 si è indicata la linea ipsometrica e l'altitudine media del bacino. Come si può notare il bacino ha una quota media molto elevata (superiore ai 1.279 metri) ed un andamento regolare della distribuzione delle altimetrie tra i 1.570 e i 995 metri di quota (rappresentati dall'andamento pressoché rettilineo della curva all'interno di questo campo).

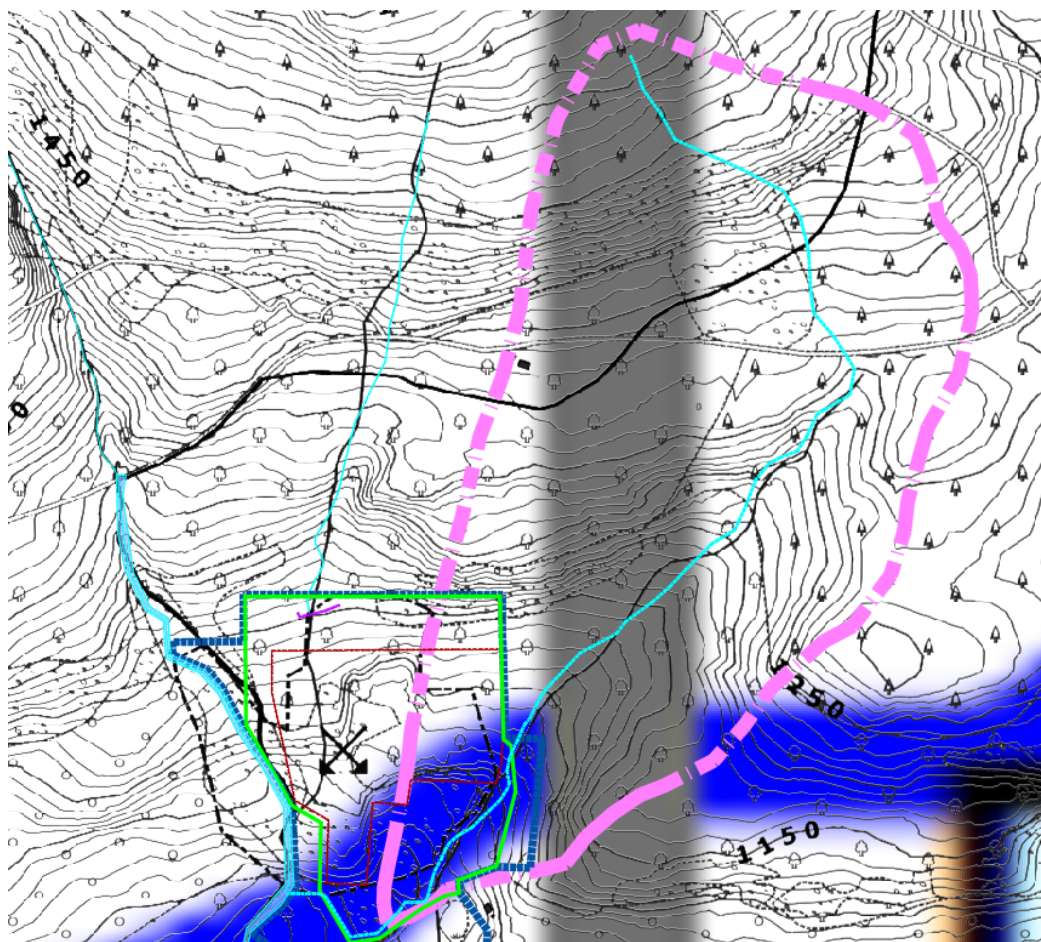


FIGURA 1 – BACINO IMBRIFERO DEL RIO PIANEZZE

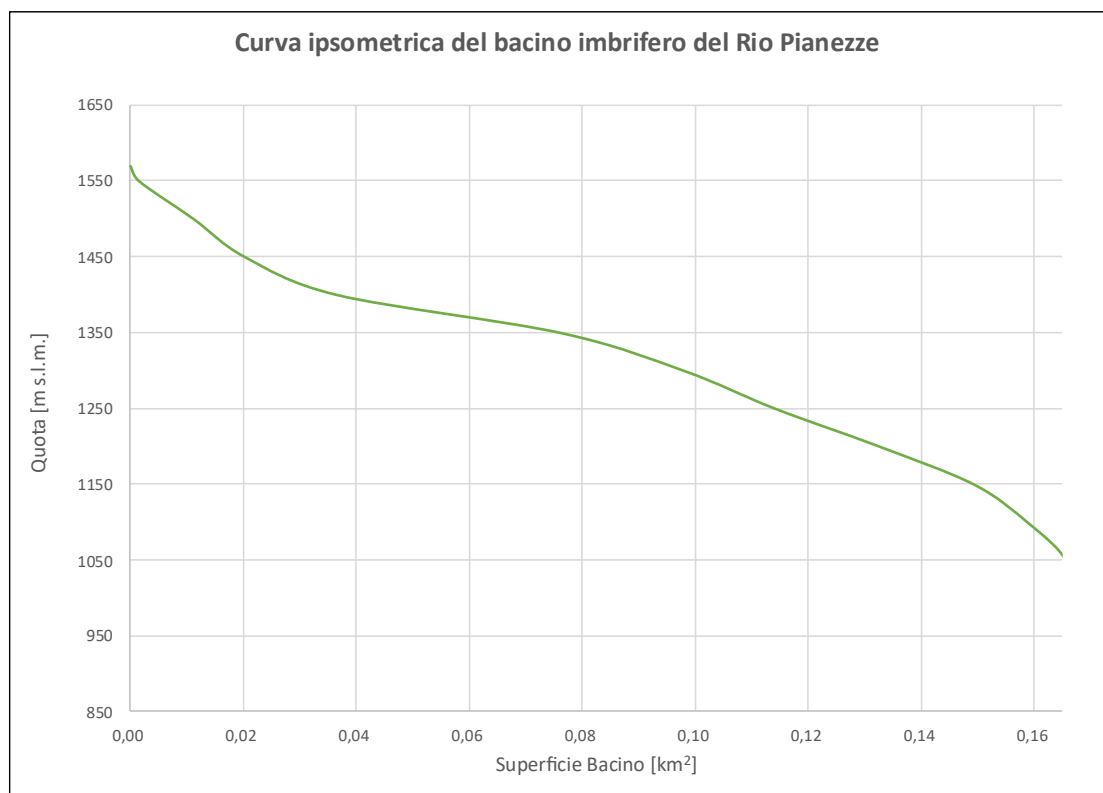


FIGURA 2. CURVA IPSOMETRICA DEL BACINO DEL RIO PIANEZZE SU CUI INSISTERÀ L'OPERA DI PRESA. SI OSSERVA UNA QUOTA MEDIA ELEVATA DEL BACINO (SOPRA I 1.279 METRI) E CON UN ANDAMENTO REGOLARE NELLA DISTRIBUZIONE DELLE ALTIMETRIE TRA I 1.570 E I 995 METRI

In Tabella 1 si riportano le caratteristiche principali del bacino, riferite alla sezione di chiusura in corrispondenza dell'opera di presa

Parametri geomorfologici del bacino idrografico del Rio Pianezze.		
	Unità di misura	
Quota massima del bacino	m s.l.m.	1.570
Quota media del bacino	m s.l.m.	1.279
Quota media relativa	m s.l.m.	284.43
Superficie del bacino	km <sup>2</sup>	0.17
Lunghezza asta principale	km	0.91

## BILANCIO IDROLOGICO E COMPORTAMENTO DEL BACINO

La normativa nazionale in materia di ambiente prevede, l'adozione dei Piani di Tutela delle Acque, strumento necessario per l'attuazione delle politiche di miglioramento delle acque superficiali e sotterranee. Pur essendo un piano stralcio di bacino, il PTA attualmente viene redatto dalle Regioni. Nel 2 novembre 2021 il Consiglio regionale ha approvato

l'aggiornamento del Piano della Tutela delle Acque (PTA 2021) con D.C.R.n179-18293, a seguito delle D.G.R. n.8-3089 del 16 aprile 2021 di riassunzione della proposta al Consiglio di revisione del Piano.

Alla base della redazione del progetto di piano, è stato predisposto dagli uffici regionali un bilancio idrologico. Tale modello, che è stato messo a punto sulla base dei dati esistenti e in accordo con quanto previsto dalle linee guida ministeriali, permette di quantificare la risorsa idrica disponibile sull'intero territorio regionale come sintesi di tutti i processi idrologici che costituiscono i cicli naturali dell'acqua. Nello specifico tralasciando le considerazioni di dettaglio per le quali si rimanda al documento del PTA, il bilancio idrologico si basa sulla seguente equazione di continuità dei volumi idrici:  $P+A-ET-R-I-\Delta V=0$

dove:

- P rappresenta il volume di precipitazione (liquida e nevosa in funzione principalmente della temperatura);
- A rappresenta eventuali ulteriori apporti provenienti da domini idrogeologici esterni al territorio esaminato;
- ET rappresenta il volume restituito in atmosfera per i fenomeni di evaporazione diretta dal suolo e dalla vegetazione e di traspirazione delle piante, in funzione della temperatura, dell'irraggiamento solare e del tipo di superficie;
- R rappresenta il ruscellamento superficiale della fase liquida, eventualmente derivante dallo scioglimento della precipitazione nevosa, dopo il raggiungimento dello stato di saturazione del terreno superficiale, in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del territorio valutate con il metodo del curve number SCS-CN;
- $\Delta V$  rappresenta l'eventuale volume immagazzinato in serbatoi o altri sistemi di contenimento.

### Precipitazione media annuale (mm) Media climatologica 1991–2020

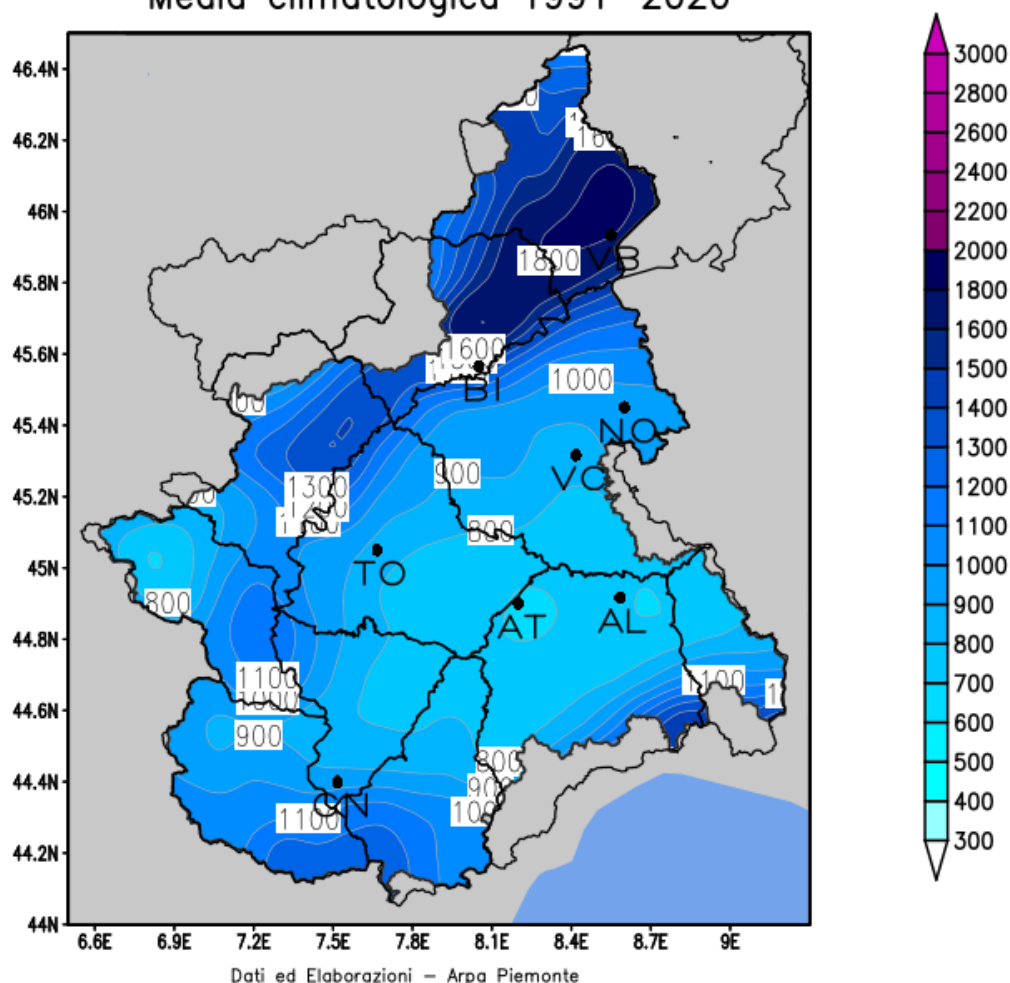


FIGURA 3. VARIAZIONE DEL VALORE DI PMA IN RIFERIMENTO ALLA SERIE STORICA 1991-2020

Il modello di bilancio idrologico è stato quindi valutato, su base giornaliera, su tutto il territorio regionale utilizzando dati termo-pluviometrici delle serie temporali 1991-2020 (Figura 3), i valori delle precipitazioni sono state valutate ulteriormente dalla media dei dati della stazione meteorologica "Premia fraz. San Rocco" e della stazione meteorologica "Formazza Brugi" dall'anno 2002 al 2024, nonché delle classi di uso del suolo, implementando un modello di accumulo e scioglimento nivale.

Il regime degli afflussi e deflussi nel bacino di interesse, quindi, è stato ricavato utilizzando le informazioni del bilancio Idrologico del PTA. I risultati del bilancio idrologico vengono forniti su base annua e, stagionale e, pertanto, forniscono utili indicazioni sui comportamenti globali del bacino su periodo abbastanza lunghi. Tale comportamento può essere quantificato attraverso un coefficiente (definito come "*coefficiente di deflusso globale*") che rappresenta il rapporto complessivo tra afflussi e deflussi.

Valutando quindi il valore degli afflussi (derivati dalle stazioni meteorologiche prese in considerazione e dai dati del PTA) e quelli di deflusso (riferiti al corpo idrico Toce a Formazza, limitrofo al bacino di interesse), è possibile quindi andare a valutare il coefficiente di deflusso globale, su una base annua.

Bacino del Rio Pianezze	
Afflusso medio annuo (PTA)	1332
Deflusso medio annuo	1244
$\Phi$ globale	0,88

Da quanto riportato in tabella si può dedurre che il dato ottenuto ha valore annuo, quindi, non sarà rappresentativo del comportamento del bacino durante i diversi periodi stagionali dell'anno. Infatti, normalmente durante i mesi invernali i deflussi sono molto ridotti, in quanto la maggior parte delle precipitazioni avviene in forma nevosa e rimane raccolta nel serbatoio nevoso di alta quota. In questo caso ci si attende un coefficiente di deflusso piuttosto basso, a differenza di quello indicato dal bilancio idrologico del PTA che sembra indicare che tutta la precipitazione si trasformi in deflusso liquido superficiale ipodermico:  $\Phi=0,91$ . La discrepanza del valore rispetto quello di riferimento proposto dal PTA può essere attribuibile alle semplificazioni che sono state adottate per implementare il modello idrologico. Considerando la mancanza di dati sperimentali, la tipologia di corso d'acqua e in considerazione dei dati di bilancio idrologico messi a disposizione dalla regione Piemonte (allegato 3A del bilancio idrologico regionale a supporto del Piano di Tutela delle Acque) che delineano un coefficiente di deflusso globale, per la sezione del fiume Toce in località Candoglia,  $\Phi =0,91$ , si ritiene corretto adoperare questo valore di riferimento come rappresentante del bacino sotteso all'opera:  $\Phi =0,88$ . Il dato, in ultima analisi, risulta essere allineato con la letteratura e le direttive tecniche del PTA.

## **ANALISI PLUVIOMETRIA DAL PTA (PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE)**

La stima delle precipitazioni riportate nelle mappe del PTA, elemento di ingresso per il modello di bilancio idrologico, deriva dall'elaborazione delle misure di precipitazione in corrispondenza delle stazioni di misura sparse per il territorio regionale.

Come si evince in Figura 4, in prossimità del bacino di studio sono presenti delle stazioni meteorologiche per le quali si è provveduto a recuperare i dati presso l'ente competente.

Le stazioni più vicine sono quelle in comune di Premia località San Rocco, posta a circa un kilometro dall'area di studio e in comune di Formazza Frazione Brugi, posta a 2 Km circa. I dati recuperati sono compresi dall'anno 2002 al 2024, comprendenti le variazioni climatiche più intense.

Essendo l'area in analisi posta a metà tra le due stazioni, si è effettuata una media dei dati meteorologici ottenuti prima di svolgere l'analisi pluviometrica.

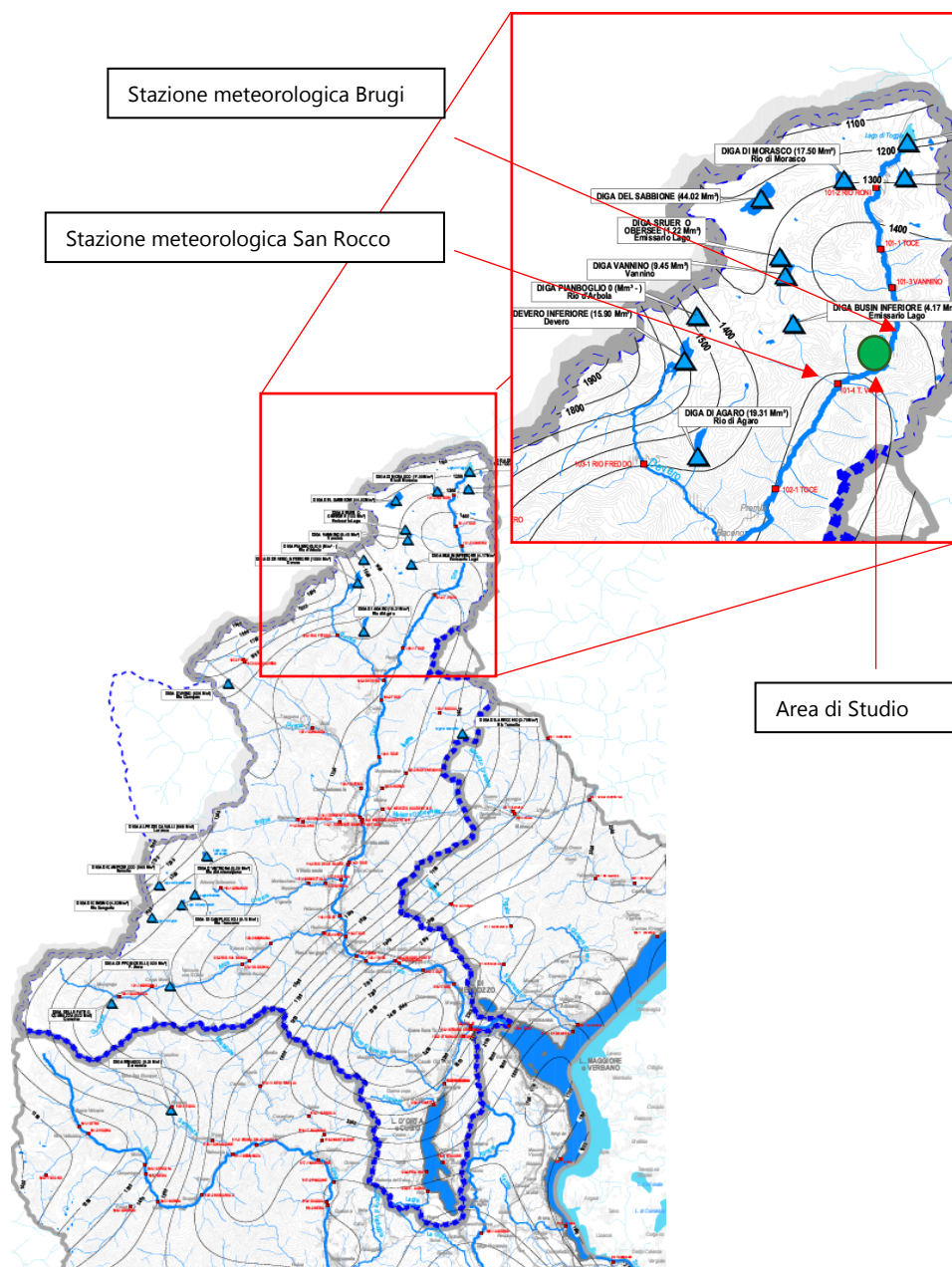
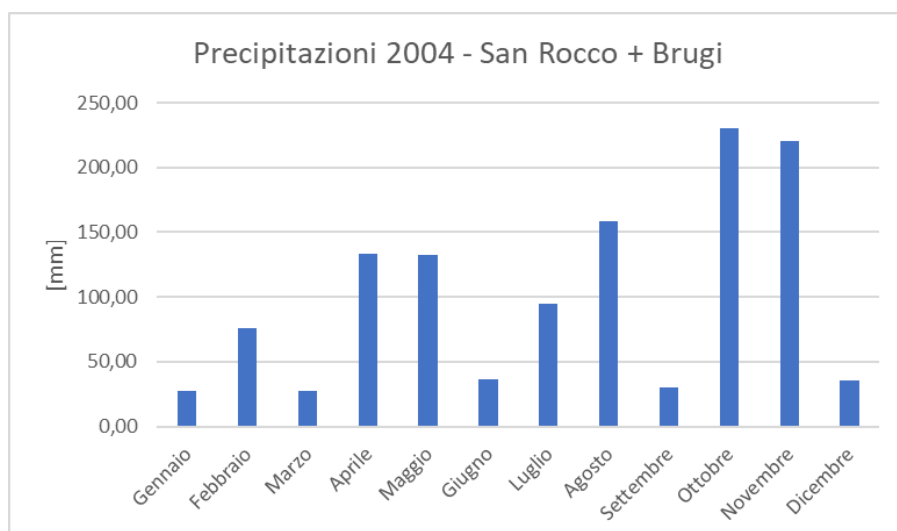
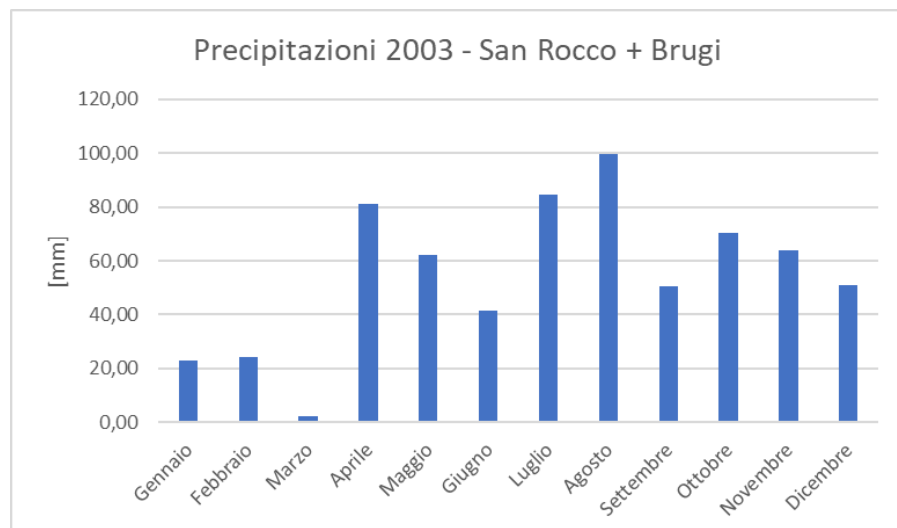
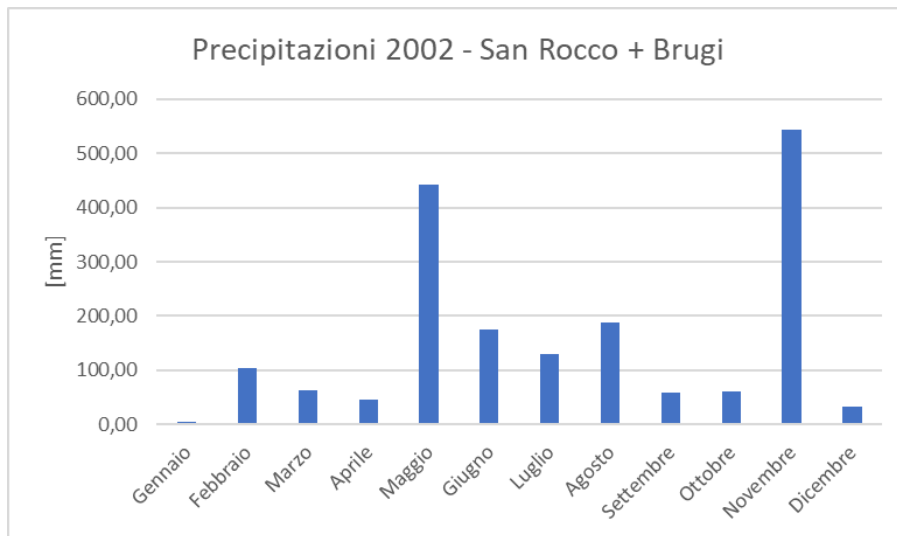
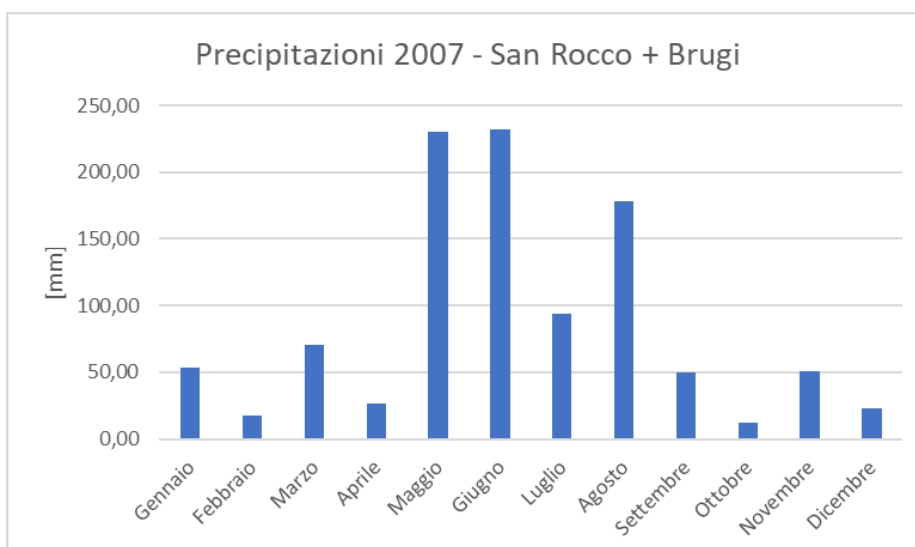
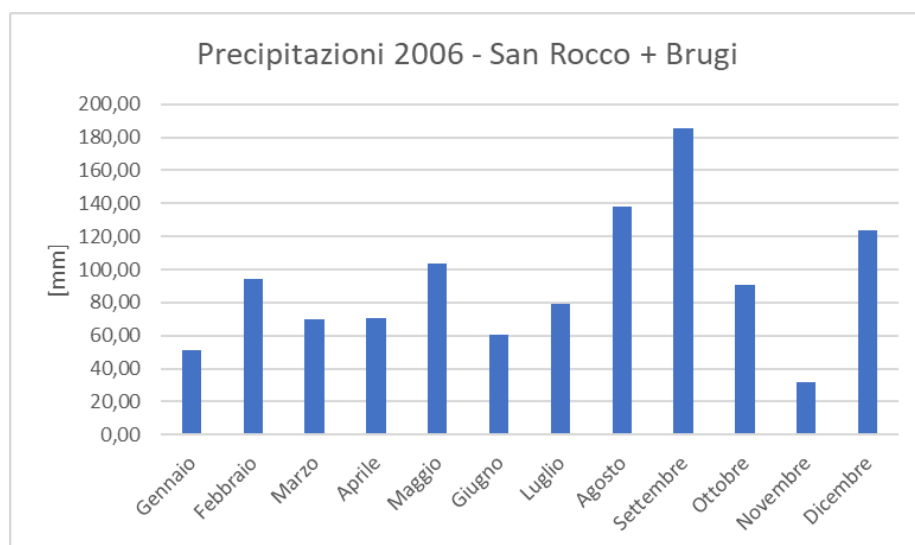
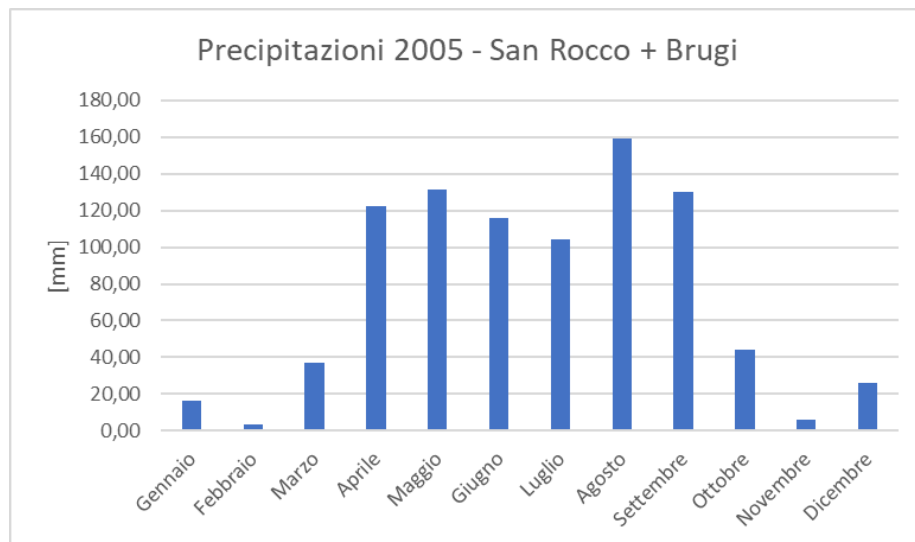


FIGURA 4. CARTA DELLE ISOIETE DEL PIEMONTE. ZOOM IN SULL'AREA DI INTERESSE, SI EVIDENZI L'AREA DI STUDIO E LE STAZIONI METEOROLOGICHE DI RIFERIMENTO

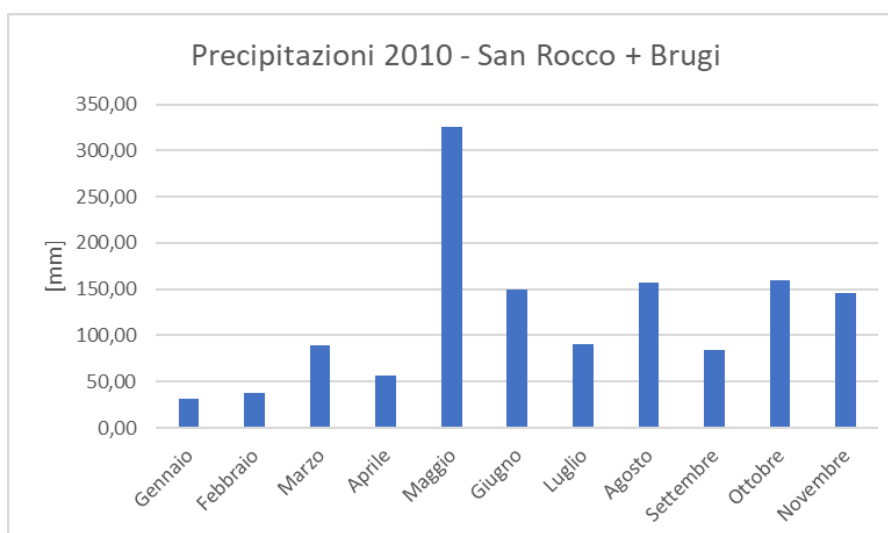
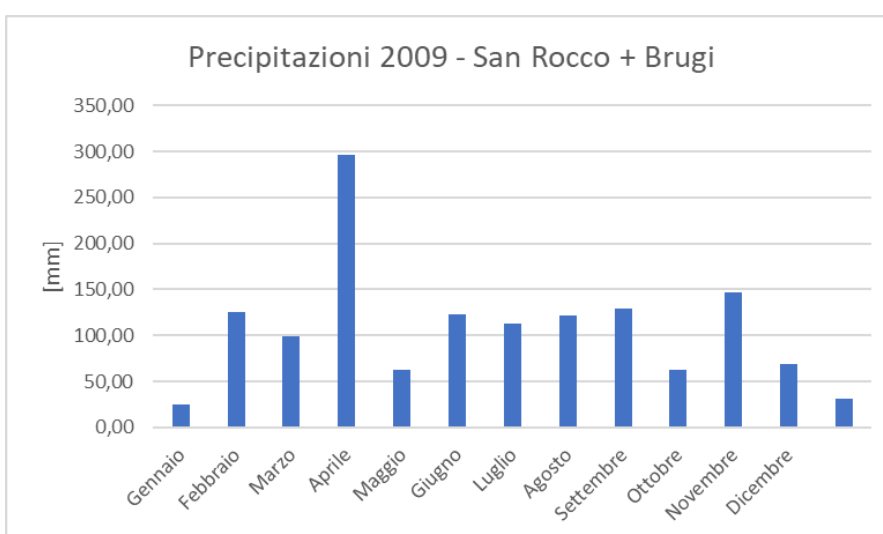
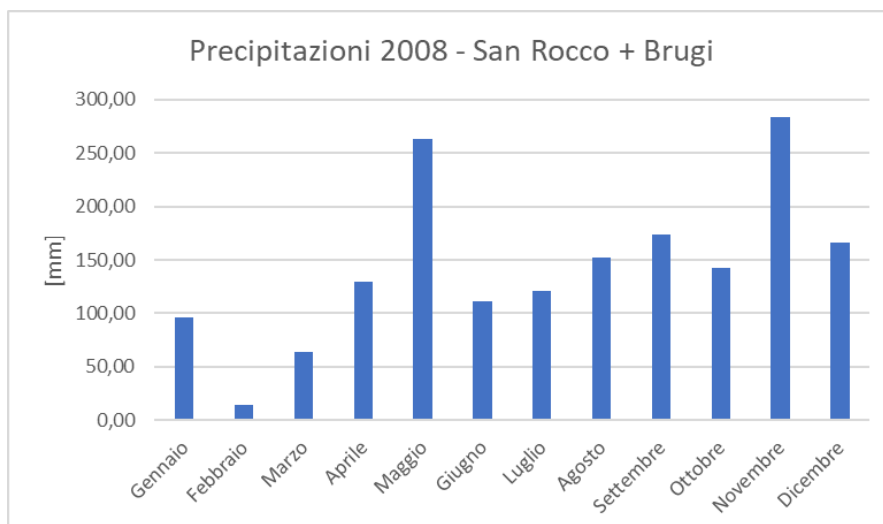


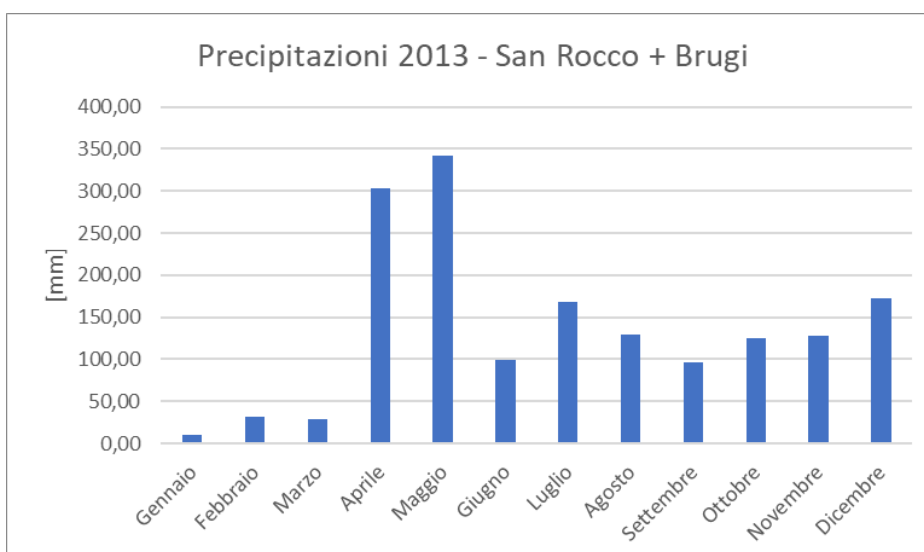
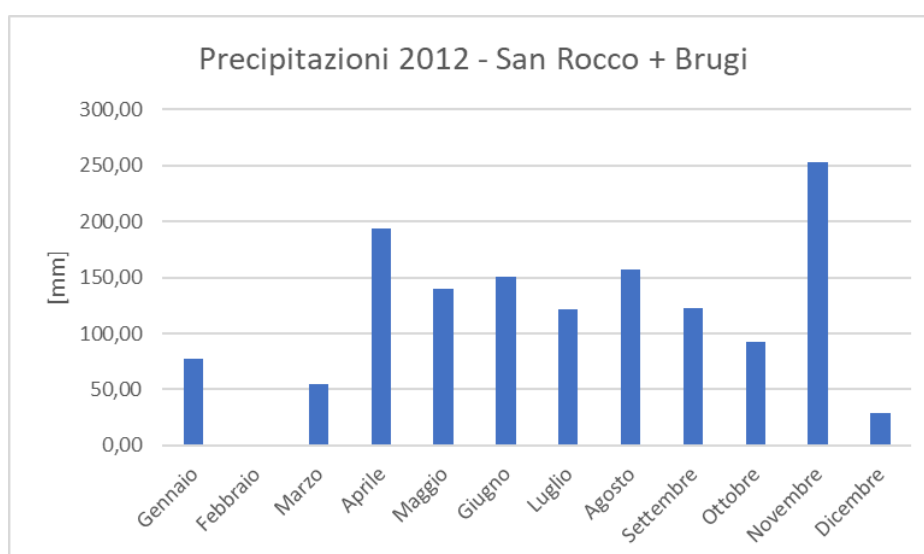
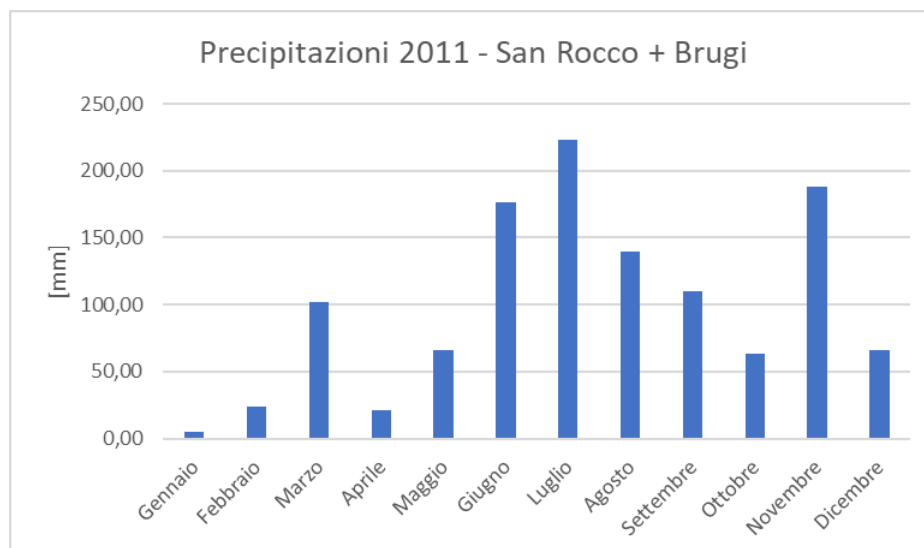
Di seguito vengono riportati i dati delle precipitazioni cumulate nei diversi anni di riferimento (Fig. 5-6-7-8-9-10):

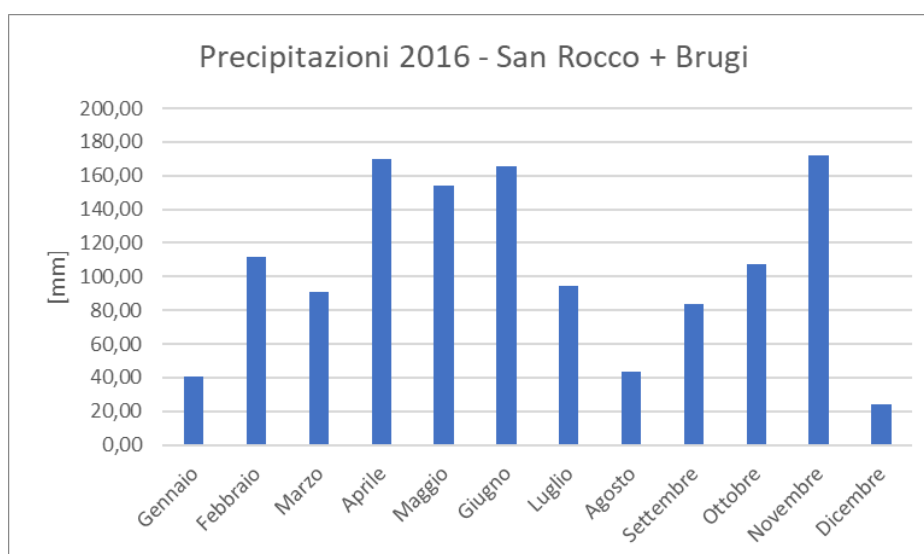
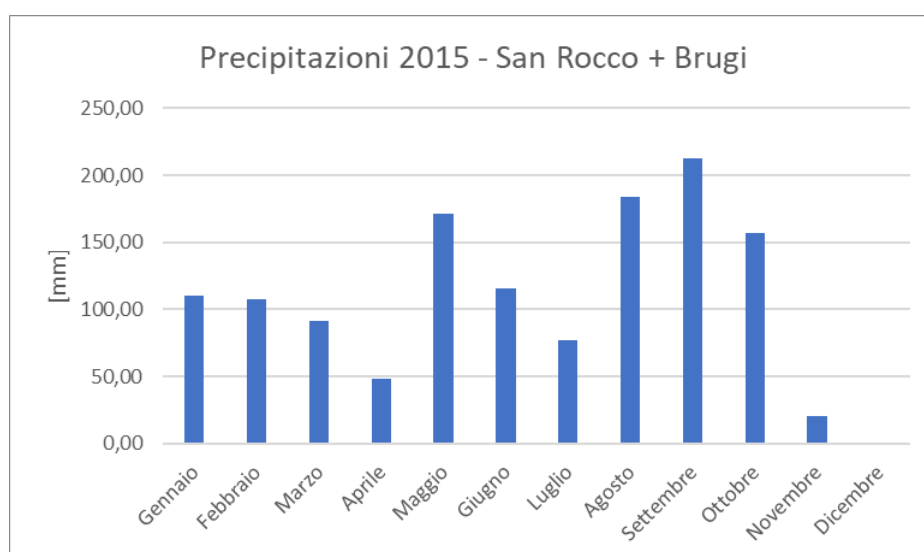
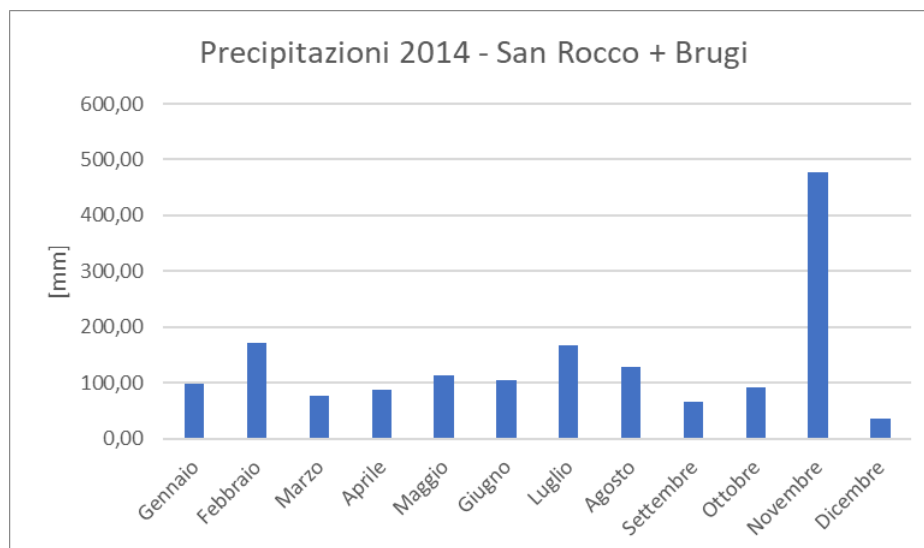


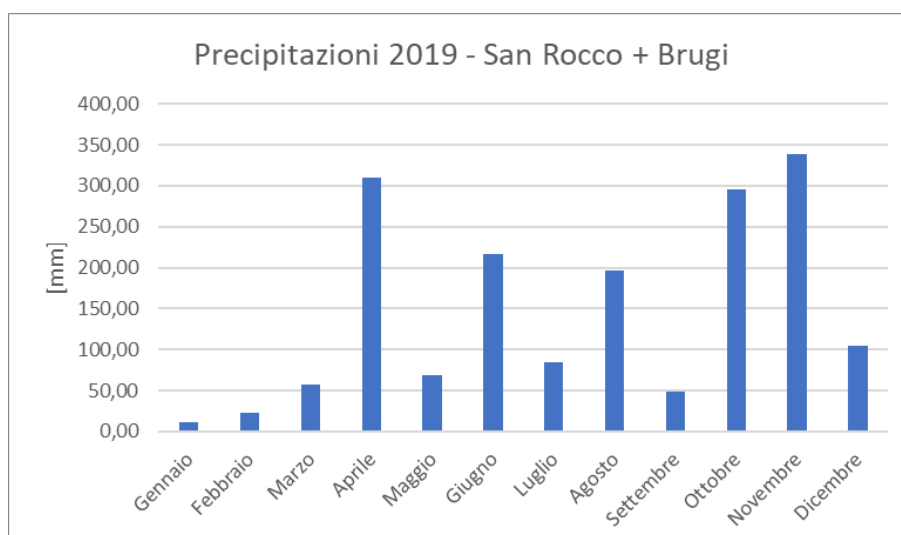
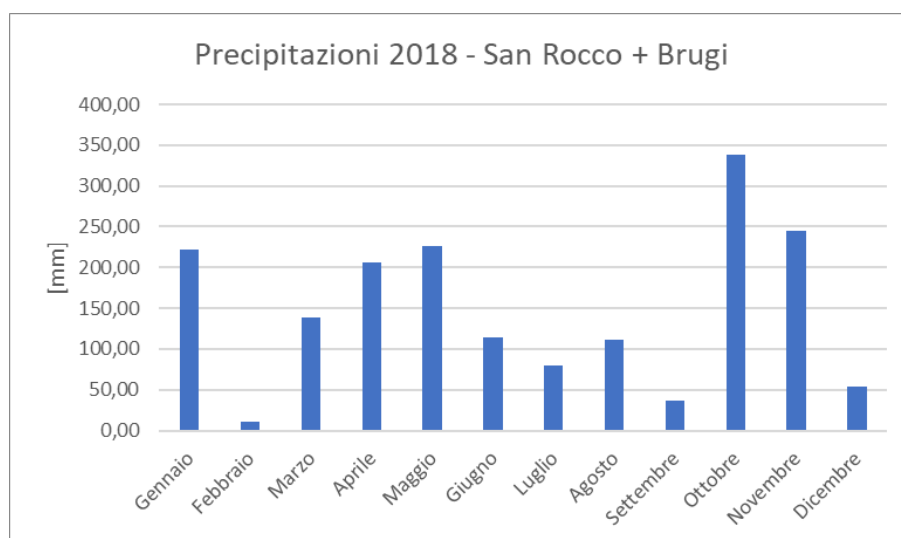
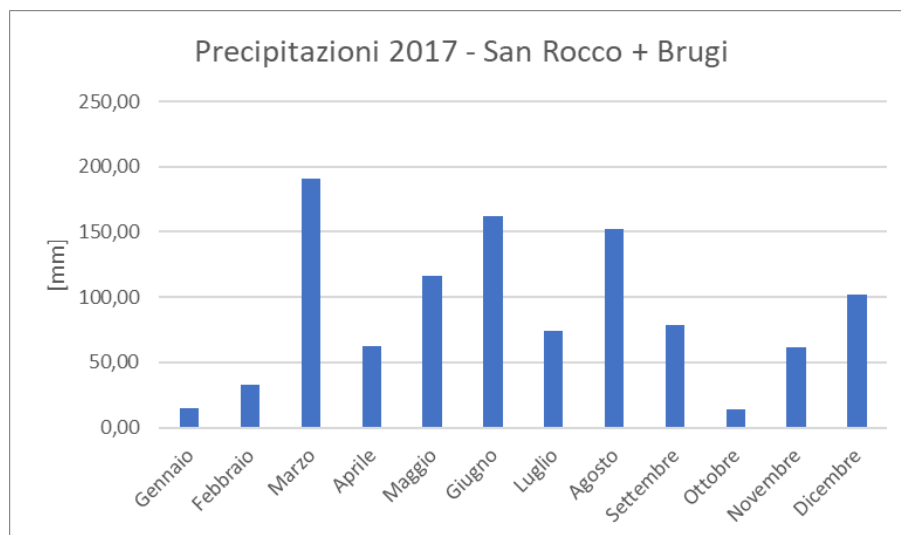


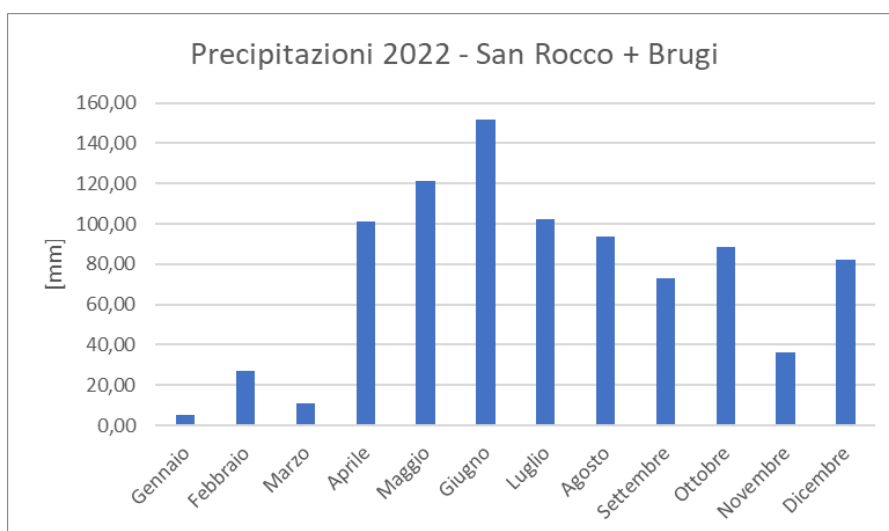
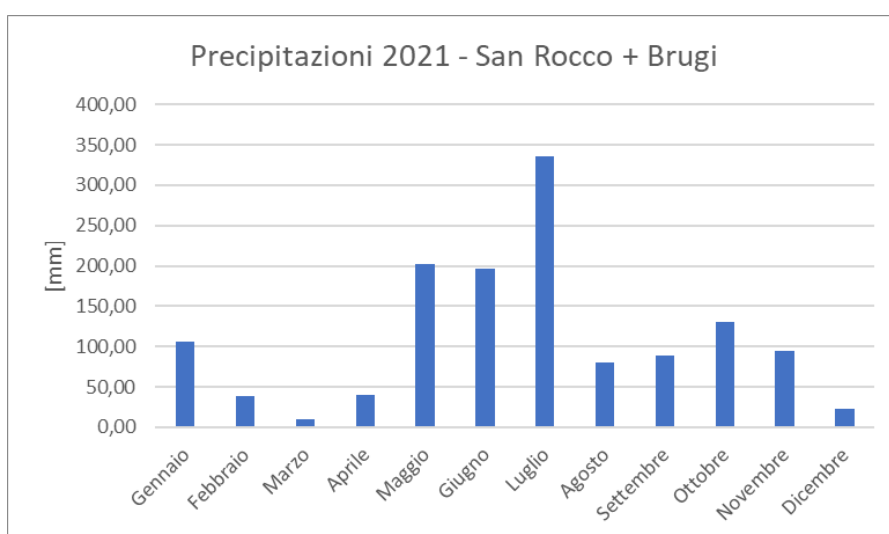
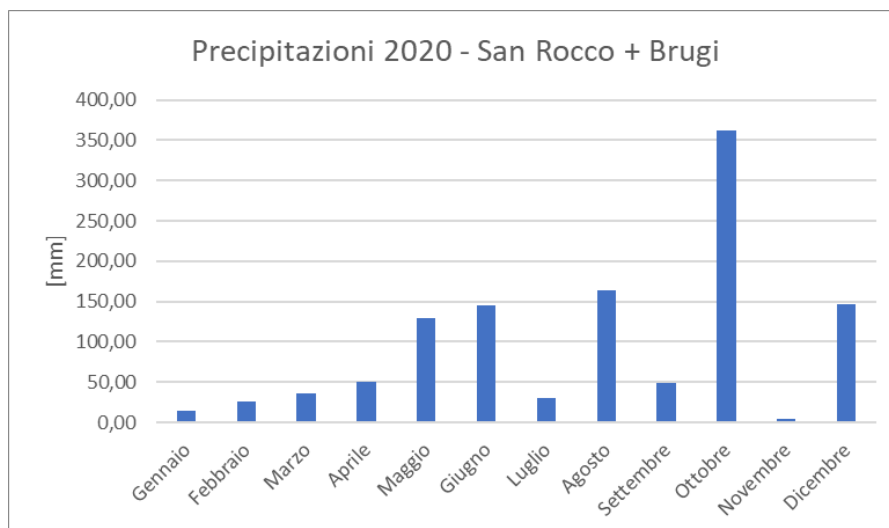


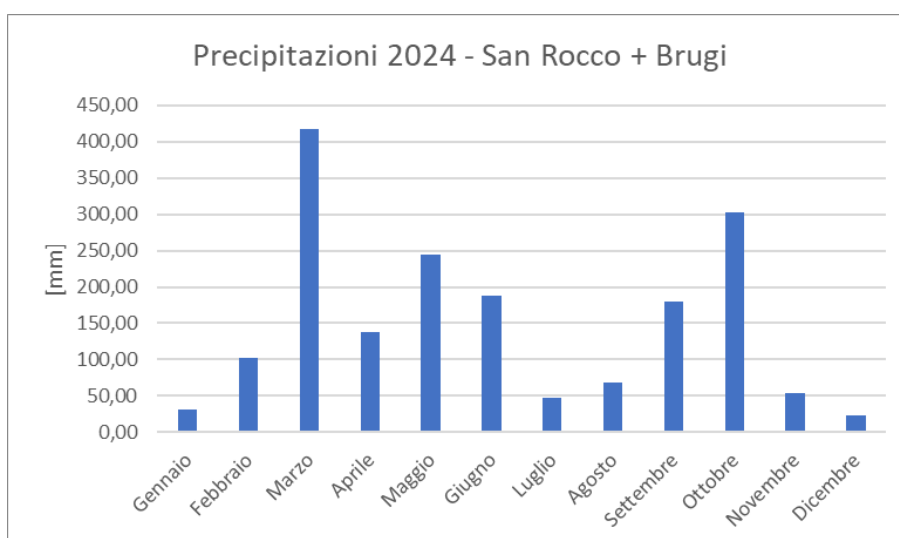
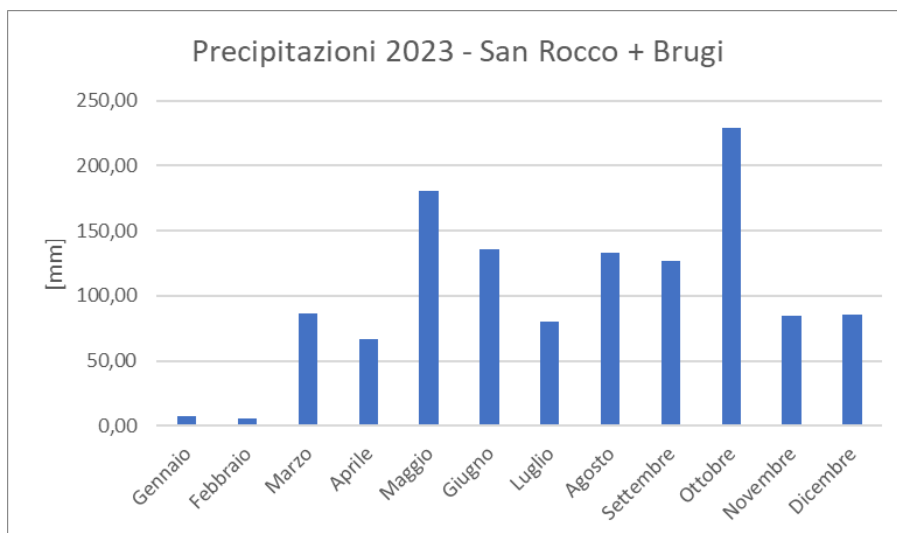




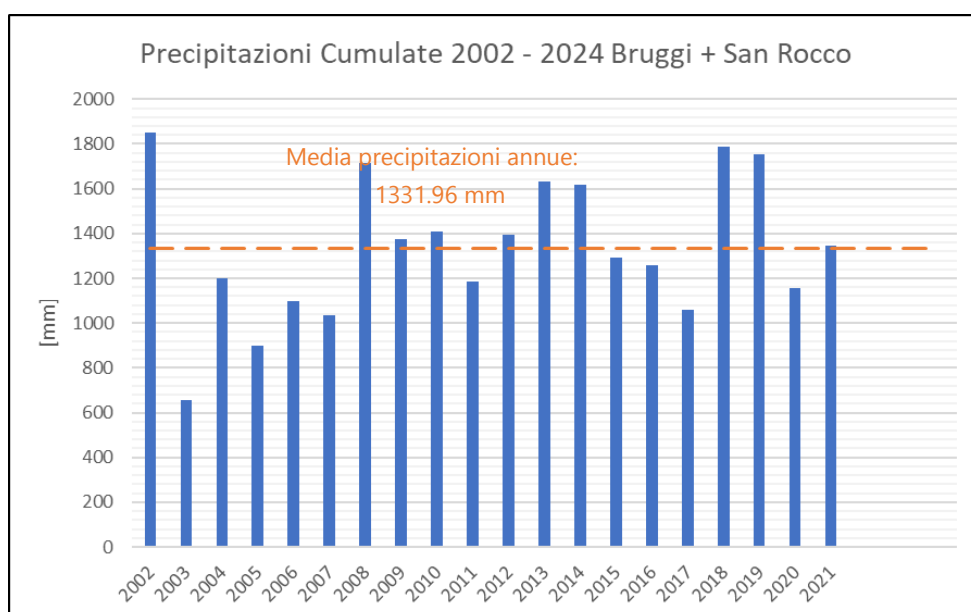








Di seguito viene riportato un grafico di confronto dei trend di piovosità nel sessennio di interesse, Figura 11:



Per ottenere un dato più realistico possibile si è provveduto a recuperare i dati delle stazioni meteorologiche di San Rocco (Premia) e di Bruggi (Formazza), rispettivamente posizionate a sud e a nord dell'area di cava in modo da poter valutare la variabilità spaziale delle precipitazioni medie annue in condizioni morfo-climatiche, seppur simili, differenti tra loro. Le due stazioni meteorologiche interrogate presentano dei dataset ampi in termini temporali, coprendo un lasso temporale di 22 anni (2002-2024). Non si è valutata una serie temporale più ampia, in quanto si è ritenuto più corretto definire un bilancio idrologico più pertinente ai cambiamenti climatici che si riscontrano negli ultimi anni, in cui le stagionalità possono presentare precipitazioni più alte della media o addirittura dei deficit del 40% da un anno all'altro.

Confrontando le PAM delle due stazioni meteorologiche interrogate, si evince come l'area di studio si localizzi in un settore interessato da precipitazioni differenti a seconda della stazione analizzata. La scelta di calcolare una media delle due stazioni per svolgere l'analisi è stata effettuata per simulare al meglio la situazione reale, essendo l'area di cava posta a metà circa tra le due stazioni. Di conseguenza il valore PAM intermedio tra le due aree è di 1331 mm, dato che si allinea perfettamente con quanto risulta dalle mappe del PTA (Figura 14).

Poiché i dati di precipitazione utilizzati all'interno del PTA risultano confermati dalle registrazioni delle stazioni di misura in prossimità dell'area di studio, si può ritenere valido il risultato ottenuto in precedenza in termini di deflussi medi annui.

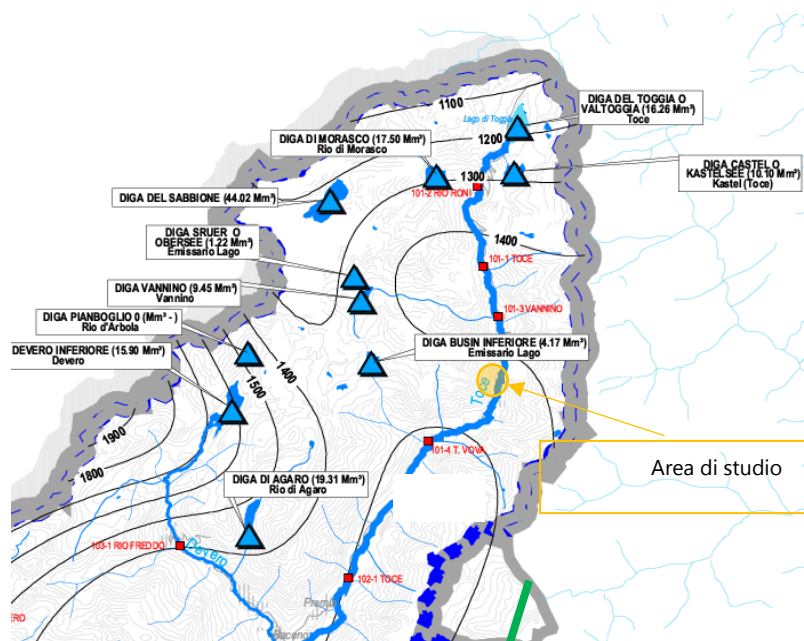


FIGURA 14. CARTA DELLE ISOIETE. SI EVIDENZIA L'AREA DI STUDIO.

## CALCOLO DELLE PORTATE MEDIE ANNUE - PORTATE DELLA CURVA DI DURATA

Le portate del regime ordinario (portata media annuale, portate della curva di durata) sono state desunte sia dall'analisi dall'applicazione di formule di regionalizzazione (denominate formule SIMPO3) sviluppate per l'intero bacino del Po, e parzialmente ricalibrate sui bacini di interesse. E' necessario però segnalare che i valori stimati sul periodo recente di riferimento attraverso il modello numerico risultano fornire l'indicazione dei deflussi teorici naturali su un numero molto alto di sezioni fluviali. Pertanto, essi, rappresentando in effetti il regime teorico naturale nelle sezioni fluviali e non il regime reale misurato alterato dalle derivazioni in atto.

Riguardo ai metodi utilizzabili per individuare le portate caratteristiche sulla rete idrografica regionale, è necessario sottolineare le seguenti considerazioni. Infatti, è necessario rimarcare come qualsiasi metodologia venga utilizzata per condurre una caratterizzazione idrologica di base su un territorio esteso come il Piemonte debba tener conto del peso di tutti i fattori. L'utilizzo di formule di regionalizzazione idrologica permette di poter rappresentare omogeneamente le caratteristiche dei deflussi su ambiti predefiniti ed inoltre limita le fonti di errore nel valore risultante alla qualità-grado di approssimazione del solo dato di input.

Nel campo della regionalizzazione delle portate naturali, le formule SIMPO, aventi struttura semplice e flessibile, permettono di conseguire guadagni, in termini di rispondenza ed affidabilità, anche con aggiornamenti delle stesse a scala locale. Le formule, ottenute mediante modelli statistici a regressione multipla per ricercare le leggi di dipendenza delle portate da fattori fisico-climatici, calibrate sulla base dei risultati dell'analisi sui dati storico-statistici, consentono di determinare i valori caratteristici di deflusso per qualsiasi sezione del reticolo idrografico del bacino padano.

Il metodo SIMPO permette di determinare i parametri idrologici fondamentali per una data sezione su un corso d'acqua sulla base di quelli principali relativi al bacino sotteso, quali l'afflusso meteorico annuo "**A**" o **MAP**" [mm], l'area del bacino "**S**" [km<sup>2</sup>] e l'altitudine media "**Hmed**" [m s.l.m.].



Per gran parte del reticolo idrografico del bacino del Po (compresa la succitata area idrologica omogenea "7" individuata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po) le formule SIMPO sono le seguenti:

$$Q_{s-med} = -24,5694 + 0,0086 \cdot H_{med} + 0,03416 \cdot A \quad (1)$$

$$Q_{med} = \left[ (-24,5694 + 0,0086 \cdot H_{med} + 0,03416 \cdot MAP) \cdot \frac{S}{1000} \right]$$

gennaio	$Q_{m_{s-med}} = 14,16232 - 0,00683 \cdot H_{med} + 0,36918 \cdot Q_{s-med}$
febbraio	$Q_{m_{s-med}} = 16,49263 - 0,00824 \cdot H_{med} + 0,37478 \cdot Q_{s-med}$
marzo	$Q_{m_{s-med}} = 22,74646 - 0,01111 \cdot H_{med} + 0,46902 \cdot Q_{s-med}$
aprile	$Q_{m_{s-med}} = 13,85406 - 0,01101 \cdot H_{med} + 1,15662 \cdot Q_{s-med}$
maggio	$Q_{m_{s-med}} = -9,83665 + 0,00797 \cdot H_{med} + 1,63288 \cdot Q_{s-med}$
giugno	$Q_{m_{s-med}} = -34,9228 + 0,02826 \cdot H_{med} + 1,62190 \cdot Q_{s-med}$
luglio	$Q_{m_{s-med}} = -24,4942 + 0,02066 \cdot H_{med} + 1,04446 \cdot Q_{s-med}$
agosto	$Q_{m_{s-med}} = -16,0687 + 0,00955 \cdot H_{med} + 0,95881 \cdot Q_{s-med}$
settembre	$Q_{m_{s-med}} = -13,0179 + 0,00232 \cdot H_{med} + 1,21272 \cdot Q_{s-med}$
ottobre	$Q_{m_{s-med}} = -4,54832 + 0,00479 \cdot H_{med} + 1,33784 \cdot Q_{s-med}$
novembre	$Q_{m_{s-med}} = 16,50714 - 0,01604 \cdot H_{med} + 1,25843 \cdot Q_{s-med}$
dicembre	$Q_{m_{s-med}} = 18,06197 - 0,01030 \cdot H_{med} + 0,56036 \cdot Q_{s-med}$

$$\begin{aligned}
 Q_{10_s} &= 5,06749 \cdot S^{-0,057871} \cdot Q_{s-med}^{0,965037} \\
 Q_{91_s} &= 1,29772 \cdot S^{0,009539} \cdot Q_{s-med}^{0,976926} \\
 Q_{182_s} &= 0,54425 \cdot S^{0,049132} \cdot Q_{s-med}^{0,980135} \\
 Q_{274_s} &= 0,18670 \cdot S^{0,069105} \cdot Q_{s-med}^{1,108675} \\
 Q_{355_s} &= 0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q_{s-med}^{1,234733} \\
 Q_{355_s} &= 0,07560 \cdot S^{0,068232} \cdot Q_{s-med}^{1,234733} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Tenuto conto che l'analisi idrologica, come ovvio e come chiaramente indicato dal succitato D.P.G.R. 10/R/03, costituisce un aspetto fondamentale della relazione tecnica allegata alla richiesta di concessione, è necessario curare al meglio l'attendibilità dei dati di sintesi che si ottengono dalle metodologie per la caratterizzazione idrologica della sezione ove si prevede l'opera di presa e del tratto fluviale sotteso dalla derivazione. Risulta quindi utile esprimere alcune considerazioni circa l'attendibilità dei dati che risultano dall'applicazione del metodo SIMPO.

Dal confronto dei valori determinati con le suddette formule con quelli ottenuti tramite misure presso quelle sezioni sul reticolo idrografico piemontese ove hanno funzionato stazioni idrometriche per periodi di osservazione significativi, si è osservato che il metodo SIMPO tende a sovrastimare la  $q_{355s}$  nei bacini caratterizzati da elevate potenzialità idriche.

Questa situazione si verifica soprattutto nel Piemonte Nord - orientale, caratterizzato dalle più alte precipitazioni regionali. In tali situazioni l'inserimento nella formula (1) di un elevato valore di afflusso meteorico annuo (A) porta, come atteso, ad una portata specifica annua ( $Q_{s-med}$ ) elevata. Ma ciò non significa che debbano essere proporzionalmente elevate anche le portate di magra ( $Q_{355s}$ ), come l'applicazione della formula (2) lascia intendere.

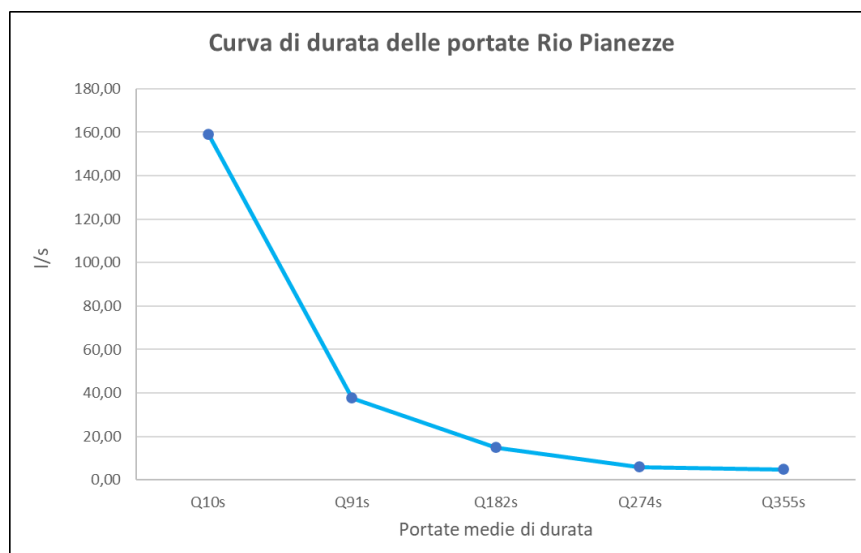
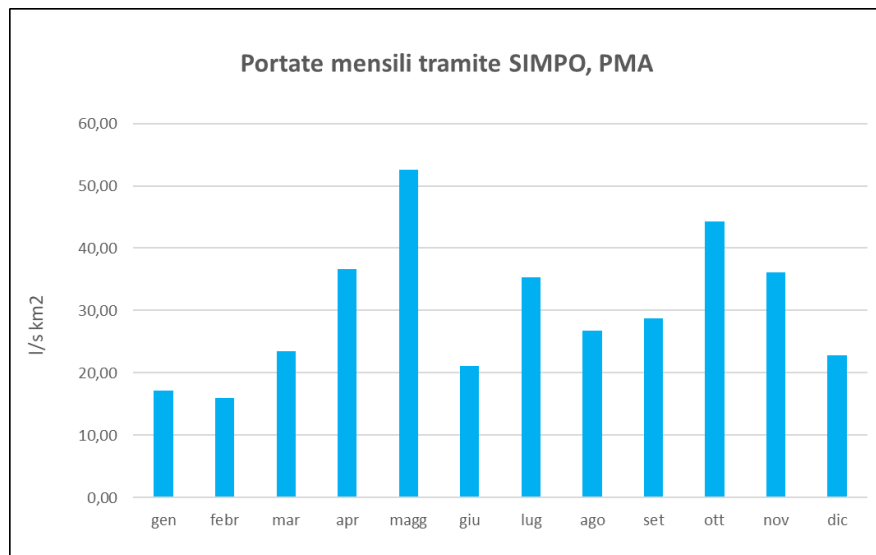
Sulla base di quanto verificato nei paragrafi precedenti e, l'esigua estensione del bacino, per ottimizzare l'accuratezza dei valori ottenuti, si è deciso di valutare le portate sia sulla base dei dati di PMA forniti dal Piano della Tutela delle Acque.

Il bacino presenta i seguenti parametri:

Parametri Bacino Rio Pianezze		
<b>Hm</b>	[m]	1279.43
<b>A/MAP</b>	[mm]	1332
<b>S</b>	[km <sup>2</sup> ]	0.17
<b>Q<sub>med</sub></b>	[m <sup>3</sup> /s]	0,01
<b>QS-med</b>	[l/s/km <sup>2</sup> ]	31.93

Portate mensili [ Q <sub>ms-med</sub> ]		
Gennaio	l/s km <sup>2</sup>	17,21
Febbraio	l/s km <sup>2</sup>	15,92
Marzo	l/s km <sup>2</sup>	23,51
Aprile	l/s km <sup>2</sup>	36,70
Maggio	l/s km <sup>2</sup>	52,51
Giugno	l/s km <sup>2</sup>	21,09
Luglio	l/s km <sup>2</sup>	35,29
Agosto	l/s km <sup>2</sup>	26,77
Settembre	l/s km <sup>2</sup>	28,68
Ottobre	l/s km <sup>2</sup>	44,30
Novembre	l/s km <sup>2</sup>	36,17
Dicembre	l/s km <sup>2</sup>	22,78

Q <sub>10s</sub>	l/s km <sup>2</sup>	158,85
Q <sub>91a</sub>	l/s km <sup>2</sup>	37,62
Q <sub>182s</sub>	l/s km <sup>2</sup>	14,87
Q <sub>274s</sub>	l/s km <sup>2</sup>	5,85
Q <sub>355s</sub>	l/s km <sup>2</sup>	4,82



Si ottiene pertanto un valore di portata media annua per il Rio Pianezze pari a:

$$Q_{s-med} = 32 \text{ I/s km}^2$$

che in considerazione dell'ampiezza del bacino imbrifero ( $0,17 \text{ km}^2$ ) fornisce una portata media annua pari a:

$$Q_{med} = 5,44 \text{ I/s}$$

Il valore ottenuto non soddisfa il rapporto di diluizione 10 : 1 richiesto avendo definito la portata massima trattabile dalla vasca pari a 44,4 I/s.

Occorre tuttavia considerare che la portata calcolata sull'evento di 8 ore come contributo di acque di prima pioggia ( $44,42 \text{ m}^3$ ), valore compatibile (anzi inferiore) alla capacità della vasca ( $80 \text{ m}^3$ ) per il quale si attiva la portata massima trattabile suddetta ( $44,4 \text{ l/s}$ ) vengono scaricati nel corso d'acqua in presenza di portate certamente superiori alla portata media annua, in quanto conseguenti ad un evento meteorico.

Si evidenzia in tal senso che la portata di piena ordinaria con  $T_r = 20$  anni per il Rio Pianezze è pari a

$$Q = 0,92 \text{ mc/s (920 l/s)}$$

che fornisce un rapporto di diluizione  $\geq 20 : 1$  che permette di stimare un efficace grado di diluizione anche per portate decisamente inferiori.

Si evidenzia infine che nel caso di periodi di secca l'effettiva portata oggetto di trattamento risulta quella prodotta dall'utilizzo del taglio con filo diamantato calcolata pari a:

$$Q_{\text{lavorazione}} = 0,00033 \text{ mc/s (0,33 l/s)}$$

valore che soddisfa ampiamente il rapporto di diluizione richiesto considerando che la portata media annua del Rio Pianezze risulta pari a  $5,44 \text{ l/s}$ .

Sulla base delle considerazioni sopra esposte si ritiene che lo scarico in progetto defluisca effettivamente in un corso idrico in grado di garantire un adeguato grado di diluizione delle acque reflue di cava, come per altro evidenziato dall'assenza di fenomeni di sedimentazione nell'alveo attuale.