



Comune di Pray

Provincia di Biella

Regione Piemonte



INTERVENTO DI RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'ASTA DEL  
TORRENTE SESSERA DALLA CONFLUENZA CON IL FIUME  
SESA ALLA FRAZIONE ZUCCARO

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA LOTTO 1

OGGETTO

### RELAZIONE IDROLOGICA

**SRIA**  
s.r.l.  
**STUDIO ROSSO**  
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO 11 - 10143 TORINO  
TEL. +39 011 43 77 242 - FAX +39 011 48 31 038  
[info@sria.it](mailto:info@sria.it)  
[www.sria.it](http://www.sria.it)



prof. ing. Maurizio ROSSO  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino  
Posizione n.13076  
Cod. Fisc. RSS MRZ 56C02 A182V

dott. ing. Luca MAGNI  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino  
Posizione n.10941V  
Cod. Fisc. MGN LCU 81T27 F335F



RAGGRUPPAMENTO

Capogruppo: Studio Rosso Ingegneri Associati S.r.l. sede legale Torino in Via Rosolino Pilo n. 11  
Mandante: SEAcop sede legale Torino in Corso Palestro n. 9  
Mandante: Mello Rella & Associati Ingegneria sede legale Valdengo in Via Roma n. 39  
Mandante: Studio Associato Insieme Ingegneria sede legale Varallo in Corso Roma n. 17  
Mandante: Studio Tecnico Ing. Marco Fauda sede legale Borgosesia (VC) in Via Duca d'Aosta n. 53  
Mandante: Geol. Marco Zantonelli sede legale Borgosesia (VC) in Via Vittorio Veneto n. 5  
Mandante: Studio Associato Risorsaterra sede legale Biella (BI) in Via C.A.Coda, 22/e

CONTROLLO QUALITÀ

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	AGO/2019
COD. LAVORO	356/SR
TIPOL. LAVORO	F
SETTORE	G
N. ATTIVITÀ	01
TIPOL. ELAB.	RI
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	04
VERSIONE	0

REDATTO

ing. Luca MAGNI

CONTROLLATO

ing. Maurizio ROSSO

APPROVATO

ing. Maurizio ROSSO

ELABORATO

4



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE .....</b>	<b>3</b>
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	3
2.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	3
2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO .....	4
<b>3. ANALISI DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI IMBRIFERI .....</b>	<b>6</b>
3.1 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA .....	6
1.1 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI INDIVIDUATI .....	7
3.1.1 <i>Uso del suolo e litologia</i> .....	8
3.1.2 <i>Calcolo del tempo di corrivazione</i> .....	9
<b>4. ANALISI IDROLOGICA .....</b>	<b>12</b>
4.1 APPROCCIO METODOLOGICO .....	12
4.2 CARATTERIZZAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO .....	12
4.3 PLUVIOMETRIA DELL'AREA .....	12
4.4 CALCOLO DELLA PORTATA CON MODELLO NUMERICO .....	15
4.4.1 <i>Metodologia e input del modello</i> .....	15
4.4.2 <i>Calcolo del numero di curva adimensionale CN</i> .....	16
4.4.1 <i>Portate di piena calcolate con il metodo empirico</i> .....	18
4.5 CALCOLO DELLE PORTATE CON METODI EMPIRICI .....	19
4.5.1 <i>Stima del coefficiente di deflusso</i> .....	20
4.5.2 <i>Portate di piena calcolate con il metodo empirico</i> .....	21
4.6 PORTATE DI RIFERIMENTO DA UTILIZZARE PER LE VERIFICHE IDRAULICHE .....	21
4.6.1 <i>Portate per tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 200 anni</i> .....	21

## ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – Carta dei bacini –
- ALLEGATO 2 – Uso del suolo –
- ALLEGATO 3 – Carta litologica
- ALLEGATO 4 – Rappresentazione schematica del modello idrologico utilizzato
- ALLEGATO 5 – Risultati del modello di simulazione numerica afflussi-deflussi



## **1. PREMESSA**

Il presente documento costituisce la relazione idrologica del primo lotto di progetto dell'“*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*”, volto all'individuazione delle maggiori criticità lungo il tracciato del Sessera e finalizzato alla riduzione del rischio idraulico in occasione di eventi di piena.

La relazione idrologica descrive le principali caratteristiche morfologiche e idrologiche del bacino di riferimento e dei relativi sottobacini nei quali è stato suddiviso, al fine di consentire l'allestimento di un modello numerico di simulazione afflussi-deflussi finalizzato al calcolo delle portate di piena per differenti tempi di ritorno da utilizzare per le verifiche idrauliche e il dimensionamento degli interventi previsti.

Il documento contiene una prima parte di inquadramento generale e idrografico al fine di pervenire alla corretta definizione dello schema di nodi, bacini e sottobacini in cui suddividere l'area per quantificare i deflussi e progettare gli interventi.



## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE GENERALE

### 2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino idrografico del torrente Sessera dalle origini fino alla sezione di confluenza nel fiume Sesia si estende per una superficie totale di oltre 190 km<sup>2</sup> considerando il bacino chiuso al ponte canale in prossimità della confluenza con il corpo idrico principale; topograficamente è stato individuato sui fogli della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000 e sui fogli n. 30 e n. 43 della Carta d'Italia dell'I.G.M. in scala 1:100'000.

Circa l'82% di tale bacino, caratterizzato da un'altitudine media di 1'271 m s.l.m., è costituito da zone montane i cui rilievi massimi superano i 2500 m s.l.m. Lo spartiacque è delimitato dai seguenti rilievi elencati in senso orario: a Nord Testone delle tre Alpi (quota 2081 m s.l.m.), Cima Dometto (1'911 m s.l.m.), M. Carparient (quota 1741 m s.l.m.), Cima della Mora (1936 m s.l.m.), Monte barone (quota 2044 m s.l.m.); a Sud Croce Mosso (622 m s.l.m.), Cima della Ragna (1413 m s.l.m.), Rocca d'Argimonio (1'587 m s.l.m.), Monte Marca (1559 m s.l.m.), Cima Monticchio (1697 m s.l.m.); a Sud-Ovest Colma Bella (1'656 m s.l.m.), Cima del Bonon (1877 m s.l.m.); ad Ovest Cima delle Guardie (2007 m s.l.m.), Punta del Cravile (2'384 m s.l.m.), Punta del Mauro (2505 m s.l.m.), Cima di Bo (quota 2556 m s.l.m.), Punta Corteis (2'238 m s.l.m.).



**Figura 1 – Inquadramento geografico**

### 2.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il torrente Sessera, affluente in destra del Fiume Sesia, scorre in un sito profondamente incassato fra ripide pendici, come d'altronde i suoi tributari di quota, e sviluppa il suo corso nella parte più a monte in Provincia di Biella mentre a valle transita in Provincia di Vercelli.





Circa l'82% di tale bacino, caratterizzato da un'altitudine media di 1271 m s.l.m., è costituito da zone montane i cui rilievi massimi superano i 2500 m s.l.m.

Lo spartiacque è delimitato dai seguenti rilievi elencati in senso orario:

- a Nord Testone delle tre Alpi (quota 2081 m s.l.m.), Cima Dometto (1911 m s.l.m.), M. Carparient (quota 1741 m s.l.m.), Cima della Mora (1936 m s.l.m.), Monte barone (quota 2044 m s.l.m.);
- a Nord-Est M. Gemevola (quota 1576 m s.l.m.), Alpi di Noveis (quota 1145 m s.l.m.), Colle Tortolino (quota 545 m s.l.m.), Colle Turla (quota 526 m s.l.m.)
- a Est Cima la Guardia (quota 785 m s.l.m.), Monte Solivo (quota 739 m s.l.m.);
- a Sud-Est Monte Bacco (616 m s.l.m), M. Capoposto (650 m s.l.m);
- a Sud Croce Mosso (622 m s.l.m), Cima della Ragna (1413 m s.l.m), Rocca d'Argimonio (1587 m s.l.m), Monte Marca (1559 m s.l.m), Cima Monticchio (1697 m s.l.m);
- a Sud-Ovest Colma Bella (1656 m s.l.m), Cima del Bonon (1877 m s.l.m);
- ad Ovest Cima delle Guardie (2007 m s.l.m), Punta del Cravile (2384 m s.l.m), Punta del Mauro (2505 m s.l.m), Cima di Bo (quota 2556 m s.l.m.), Punta Corteis (2238 m s.l.m);

Il bacino del Sessera, caratterizzato da abbondanti precipitazioni di tipo prevalentemente pluviale e nivo-pluviale, presenta un reticolo idrografico molto sviluppato. Il reticolo può essere definito, in base alla distribuzione dei suoi rami, di tipo dendritico ossia di forma arborescente che si sviluppa in ogni direzione con un canale principale che si suddivide in rami sempre meno importanti procedendo da valle verso monte.

L'asta principale del torrente Sessera dall'origine fino alla confluenza nel Fiume Sesia ha una lunghezza di circa 36 km e una pendenza media del 2,7%. La delimitazione dei sottobacini e una dettagliata rappresentazione del reticolo idrografico sono riportati in ALLEGATO 1.

## 2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO

La conformazione alpina della Val Sessera consente un clima di tipo "oceanico", che intercetta le masse d'aria calda e umida provenienti dalla pianura favorendo la persistenza stagionale estiva di condizioni di nebulosità e dando origine a precipitazioni frequenti.

Il regime pluviometrico del bacino del Torrente è caratterizzato da precipitazioni molto elevate, se confrontate con quelle delle zone circostanti, con valori massimi medi annui che raggiungono 2000 mm/anno (periodo 1921–1970 Tavola E). Nell'anno medio si individuano due massimi di precipitazione molto marcati in primavera e in autunno e due minimi in estate e inverno. Il calcolo degli afflussi sul bacino è stato eseguito analizzando le serie di dati registrati da 12 stazioni pluviometriche del S.I.M.I. distribuite sia all'interno e che all'esterno del bacino.



**Tabella 1 – Estratto da P.T.A. b – Monografie (AREA IDROGRAFICA ALTO SESIA).**

	Sottobacino	Afflusso medio annuo [mm]	Temperatura media annua [°C]	Evapotraspirazione potenziale media annua [mm]
Sottobacino principale	SESLA A BORGOSL	1.566	6	375
	SESLA A CAMPERTOONO	1.181	2	
	SESLA A QUARONA	1.559	6	365
	MASTALLONE	1.887	7	453
Sottobacini minori	SERENZA	1.535	5	322
	SESSERA A BORGOSL	1.616	9	534
	SESSERA A PORTULA	1.602	7	439
	SESSERA A PRAY	1.573	8	494
	STRONA DI VALDUGGIA	1.672	11	655

Nel passato sono stati numerosi i fenomeni di dissesto che hanno interessato il biellese; si ricordano infatti gli eventi del 1820, del 1839, del 1927 e in particolare quello del 2 novembre 1968, che interessò il bacino dello Strona e del Sessera causando perdite di vite umane e ingenti danni economici.

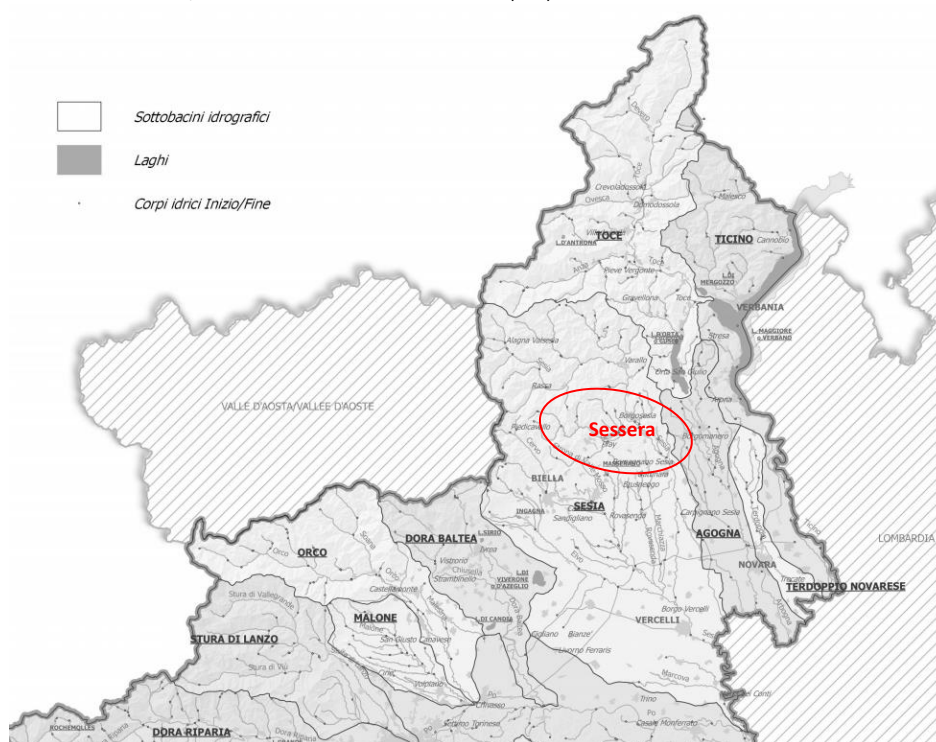


### 3. ANALISI DELLA RETE IDROGRAFICA E DEI BACINI IMBRIFERI

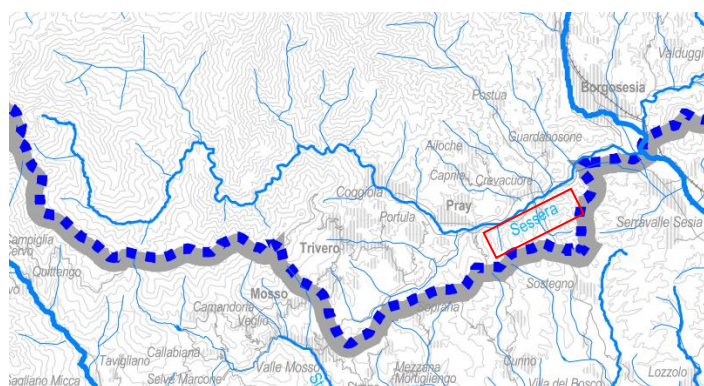
#### 3.1 DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA

Il torrente Sessera appartiene al bacino idrografico del territorio biellese e si sviluppa dalle sorgenti alla confluenza in destra Sesia alla quota 320 m s.l.m.

Il bacino del Torrente Sessera è orientato complessivamente da ovest verso est e il corso d'acqua si immette nel fiume Sesia in località Bornate, Comune di Serravalle Sesia (VC).



**Figura 2 – Inquadramento idrografico generale.**



**Figura 3 – Idrografia del Torrente Sessera.**



Il Sessera drena un bacino di circa 191 Km<sup>2</sup> insistente in una delle regioni più piovose dell'arco alpino italiano. si snoda in maniera sinuosa in una valle stretta ed incassata a monte di Coggiola, parte in territorio Biellese, parte in Provincia di Vercelli, attraversando otto Comuni, tra i quali di particolare rilevanza gli abitati di Coggiola, Portula, Pray e Crevacuore.

Caratterizzato da una rete idrografica sviluppata, ha come affluenti principali:

- sulla sinistra idrografica i torrenti Dolca e Confienza, i rii Ardeccia, del Cavallero, Scozia, dell'Auna, Scarola. Fontana, Bodro, Torrente Strona di Postua, il Rio Temenza e il Torrente Guardabosone;
- sulla destra idrografica i canali della Muschiera, della Pissa ed il Torrente Ponzone.

Il Sessera, lungo circa 36 km e con pendenza complessiva del 2,7 %, scorre inizialmente incassato tra pendii molto ripidi e successivamente in solida roccia dioritica e nel tratto a valle della confluenza con il Torrente Dolca a quota di circa 850 metri fino a Piancone e poi fino a Masseranga di Coggiola, mentre si allarga molto e riduce la sua pendenza a sud di Coggiola. In questo tratto riceve gli apporti degli affluenti più importanti come Ponzone e Strona di Postua, per poi pervenire alla confluenza in destra Sesia immediatamente a valle di Borgosesia.

Il bacino del torrente Sessera può essere considerato stabile: non altrettanto si può dire dei suoi affluenti. Questi, a regime pluvio-nivale e a carattere tipicamente torrentizio, scorrono su fondali prevalentemente ghiaiosi, ciottolosi e con massi. Le portate maggiori si hanno a fine primavera inizio estate, quando al contributo delle maggiori precipitazioni si aggiungono quelli dovuti allo scioglimento delle nevi, oppure a inizio autunno. Le portate minime si hanno sia in inverno sia in piena estate, quando ormai anche alle quote maggiori la neve è sciolta. La particolare idrografia favorisce nell'ultimo tratto della Val Sessera l'utilizzazione di discrete portate per l'alimentazione di centrali idroelettriche che, seppur di non grande potenza, permettono di fornire l'energia necessaria ad alcune industrie.

Il torrente Sessera è interessato da numerose opere idrauliche, tra cui il serbatoio artificiale di capacità utile pari a 1,4 Mm<sup>3</sup>, invaso di Mischie; sul torrente vi è inoltre la presenza di numerose briglie ed argini in corrispondenza di infrastrutture ed insediamenti.

## 1.1 PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI BACINI INDIVIDUATI

Ai fini dell'analisi idrologica condotta per la stesura del presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica il Torrente Sessera è stato suddiviso in 9 sottobacini di cui le principali caratteristiche morfometriche sono riportate in Tabella 2.

**Tabella 2 – Principali caratteristiche morfometriche dei sotto bacini considerati.**

Sotto Bacino		Superficie	Perimetro	Lunghezza asta	Quota testa bacino	Quota sezione chiusura	Quota media bacino	Pendenza asta	Pendenza versanti
[/]		[kmq]	[km]	[km]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m/m]	[m/m]
1	Alto Sessera	25,69	22,27	12,33	2506	925	1143,7	0,106	0,27



Sotto Bacino	Superficie	Perimetro	Lunghezza asta	Quota testa bacino	Quota sezione chiusura	Quota media bacino	Pendenza asta	Pendenza versanti
2 T. Dolca	25,56	22,66	10,25	2556	925	1160,3	0,159	0,34
3 T. Confinenzo	13,95	16,3	6,6	2044	600	881,3	0,167	0,45
4 <b>Medio Sessera</b>	16,05	17,67	8,15	1700	600	766,7	0,040	0,20
5 T. Ponzone	19,1	21,7	8,05	1407	410	605,7	0,024	0,10
6 <b>Medio-valle Sessera</b>	26,16	24,5	8,91	2044	400	814,7	0,023	0,18
7 <b>Sessera valle Ponzone</b>	16,52	16,53	3,48	1174	358	510,7	0,012	0,180
8 Strona di Postua	38,07	38,38	14,75	2044	358	800,7	0,098	0,250
9 <b>Sessera Confluenza</b>	8,64	19,32	3,43	1088	325	471,0	0,010	0,180
<b>Bacino T. Sessera chiuso al ponte canale in prossimità della confluenza con F. Sesia</b>	<b>189,74</b>	<b>70,66</b>	<b>36,3</b>	<b>2506</b>	<b>325</b>	<b>943,7</b>	<b>0,106</b>	<b>0,239</b>

Con riferimento agli interventi in progetto, inoltre, sono stati individuati ulteriori sezioni di chiusura del bacino in corrispondenza delle opere previste, al fine di determinare poi i valori di portata appropriati (cfr. Tabella 3).

**Tabella 3 - Principali caratteristiche morfometriche in corrispondenza degli interventi.**

Intervento		Superficie	$\Delta L$	Lunghezza asta	Quota testa bacino	Quota sezione chiusura	Quota media bacino	Pendenza asta
COD.	PROG. [m]	[kmq]	[km]	[km]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m/m]
J - I - Zuccaro	13111,39	91,32	0	23,19	2506	500	1002,00	0,075
H - Libertà	10875,48	99,86	2,24	25,42	2506	460	988,67	0,070
G - F1 - F2	9820,13	103,5	1,06	26,48	2506	435	980,33	0,068
E - F - Pianceri	6912,8	126,52	2,91	29,39	2506	400	968,67	0,062
D	4040,23	142,81	2,87	32,26	2506	350	952,00	0,058
C - B - Borgosesia	0	189,74	4,04	36,30	2506	325	943,67	0,052

In ALLEGATO 1 si riporta la delimitazione dei bacini idrografici presi in considerazione.

### 3.1.1 Uso del suolo e litologia

Per quanto concerne gli aspetti di uso del territorio, facendo riferimento alla “Carta dell’uso del suolo” della Regione Piemonte (I.P.L.A., 1982), si riporta in ALLEGATO 2 la carta con la delimitazione delle differenti aree del bacino del Sessera. Dal punto di vista dell’uso del suolo il territorio di interesse è caratterizzato per la maggior parte da superficie boscata e a seguire prati stabili e zone dedicate ad attività agricole.



Gli aspetti litologici a scala di bacino sono invece riportati in ALLEGATO 3. Si osserva nell'intero bacino una netta prevalenza della classe 15 (graniti, sieniti, dioriti), mentre l'area di intervento che costituisce il fondovalle ricade principalmente in classe 1 (depositi alluvionali). L'estensione della classe 15 comporta un basso grado di permeabilità del bacino che pertanto, come vedremo nei paragrafi successivi, si caratterizza di valori di coefficienti di deflusso e di CN piuttosto elevati.

### 3.1.2 Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione dipende da numerosi fattori (geologici, morfologici, planimetrici, idrologici, di copertura del suolo,...), di cui è difficile tener conto: si fa pertanto ricorso a formule empiriche, che esprimono il legame con alcune grandezze caratteristiche del bacino. Nel presente studio è stato definito il tempo di corrivazione relativo ai sottobacini individuati, facendo ricorso a differenti formulazioni adatte alla tipologia di bacino considerata.

Verificata la coerenza dei valori ottenuti, al bacino è stato associato il valore medio dei tempi di corrivazione così calcolati. Si riportano di seguito le formulazioni comunemente utilizzate nelle analisi idrologiche:

1. La formulazione di Pasini per bacini di superficie < 40 km<sup>2</sup>:

$$T_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i_f}}$$

- $T_c$  = tempo di corrivazione (ore);
- $S$  = superficie del sottobacino (Km<sup>2</sup>);
- $L$  = lunghezza dell'asta principale (Km);
- $i_f$  = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

2. La formulazione proposta Pezzoli (per bacini < 20 km<sup>2</sup>):

$$T_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_f}}$$

- $T_c$  = tempo di corrivazione (ore);
- $L$  = lunghezza dell'asta principale (Km);
- $i_f$  = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

3. La formulazione proposta da Ventura (per bacini < 40 km<sup>2</sup>):

$$T_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{i_f}}$$

- $T_c$  = tempo di corrivazione (ore);
- $S$  = superficie del sottobacino (Km<sup>2</sup>);
- $i_f$  = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);

4. La formulazione di Kirpich (per bacini < 10 km<sup>2</sup>):





$$T_c = 0,066 \cdot L^{0,77} \cdot \left( \frac{1000 \cdot L}{h_{max} - h_{min}} \right)^{0,385}$$

$T_c$  = tempo di corrivazione (ore);

$L$  = lunghezza dell'asta principale (Km);

$h_{max}$  = quota massima dell'asta principale (m);

$h_{min}$  = quota sezione di chiusura (m);

##### 5. Formulazione di Merlo

$$T_c = \alpha \frac{L}{\sqrt{i_f}} \left( \frac{S}{L^2} \cdot \frac{\sqrt{i_f}}{\sqrt{i_v}} \right)^{0,72}$$

- $T_c$  = tempo di corrivazione (ore);
- $S$  = superficie del sottobacino ( $Km^2$ );
- $L$  = lunghezza dell'asta principale (Km);
- $i_f$  = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);
- $i_v$  = pendenza media dei versanti (m/m);
- $\alpha$  = parametro empirico.

Per l'utilizzo delle precedenti formule, è necessario utilizzare i parametri morfologici necessari, vale a dire la superficie, la lunghezza dell'asta fluviale tra la quota della sezione iniziale e quella finale di chiusura del bacino, la pendenza dell'asta principale.

Valutate le ipotesi alla base dei diversi metodi applicati, si è ritenuto ragionevole utilizzare per i calcoli successivi il valore medio corretto delle formulazioni analizzate per quanto riguarda i sottobacini (con esclusione delle formulazioni di Kirpich e Puglisi), mentre per definire un valore rappresentativo del tempo di corrivazione dell'intero bacino chiuso al ponte a monte della confluenza nel F. Sesia, è stato utilizzato il valore calcolato con la formulazione di Giandotti, adatto per superfici di bacino di notevole entità. I valori dei tempi di corrivazione calcolati per le differenti formulazioni e i tempi di corrivazione utilizzati nelle successive analisi afflussi – deflussi sono riportati in Tabella 4.

**Tabella 4 – Calcolo del tempo di corrivazione per i bacini considerati alle differenti sezioni di chiusura.**

Sotto-bacino		Tc (MERLO)	Tc (PEZZOLI)	Tc (PASINI)	Tc (VENTURA)	Tc (GIANDOTTI)	Tc
[/]		[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]
1	Alto Sessera	3,0	2,1	2,3	2,0	3,3	2,3
2	T. Dolca	2,8	1,4	1,7	1,6	2,9	1,9
3	T. Confienzo	2,0	0,9	1,2	1,2	1,9	1,3
4	Medio Sessera	3,3	2,2	2,7	2,6	2,7	2,7
5	T. Ponzzone	5,1	2,9	3,8	3,6	2,6	3,8
6	Medio-valle Sessera	5,0	3,3	4,4	4,3	2,1	4,3



Sotto-bacino		Tc (MERLO)	Tc (PEZZOLI)	Tc (PASINI)	Tc (VENTURA)	Tc (GIANDOTTI)	Tc
7	Sessera valle Ponzzone	5,9	1,7	3,8	4,7	2,2	4,0
8	Strona di Postua	3,8	2,6	2,8	2,5	2,8	2,9
9	Sessera Confluenza	3,9	1,9	3,4	3,8	1,7	3,3
Bacino T. Sessera chiuso al ponte canale in prossimità della confluenza con la Sesia		8,2	6,1	6,3	5,4	4,5	4,5



## **4. ANALISI IDROLOGICA**

### **4.1 APPROCCIO METODOLOGICO**

Per poter definire le portate di progetto e di verifica idraulica degli interventi, è necessario condurre un'analisi pluviometrica dell'area e successivamente, con un adeguato modello di trasformazione afflussi-deflussi, definire la portata di progetto per un adeguato tempo di ritorno.

L'area di interesse che concorre alla formazione della portata di piena nei punti di indagine viene opportunamente suddivisa e schematizzata nel modello per ricostruire il più fedelmente possibile il modello morfologico/idrologico reale che consenta di trasformare gli afflussi dati dalle precipitazioni in deflussi all'interno del corpo idrico.

### **4.2 CARATTERIZZAZIONE DEL REGIME IDROLOGICO**

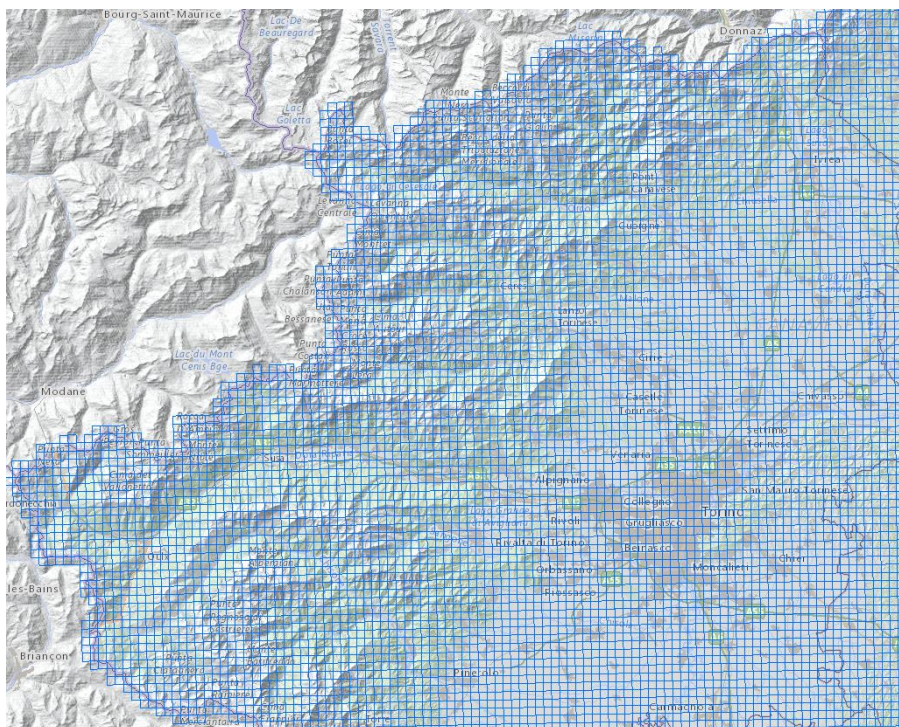
La valutazione del regime idrologico dell'area d'interesse è stata condotta facendo riferimento alla metodologia elaborata dall'ARPA PIEMONTE – Atlante delle piogge intense.

Il servizio consente di ricavare in un qualsiasi punto del territorio regionale le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per le durate da 10 minuti a 24 ore che rappresentano lo strumento essenziale nella progettazione idraulica e nella valutazione probabilistica delle portate di piena. L'analisi statistica ha utilizzato tutta la base dati disponibile comprensiva delle stazioni storiche del Servizio Idrografico e Mareografico nazionale in funzione dal 1913 al 2002 e delle stazioni della rete regionale realizzata a partire dal 1987. Ai bacini individuati è stato quindi applicato tale sistema statistico di regionalizzazione. Le curve di possibilità pluviometrica definiscono i parametri idrologici per l'applicazione del metodo afflussi-deflussi mediante il quale, note le caratteristiche idrologiche dei bacini, si ricavano per assegnato tempo di ritorno i valori delle portate di piena.

### **4.3 PLUVIOMETRIA DELL'AREA**

Lo scopo principale dell'analisi idrologica è quello di determinare l'entità delle massime portate di deflusso per l'area oggetto di studio, in particolare in riferimento ad eventi meteorici intensi di breve durata.

La metodologia permette di selezionare graficamente l'area del bacino di interesse e scaricare i dati caratteristici di ogni maglia in tabelle rappresentative per la successiva elaborazione numerica. Le maglie hanno dimensione areale pari a 1000x1000 m, ad ogni quadrato del reticolo sono assegnati i valori di  $a$ ,  $n$  e  $K_t$  caratteristici e per i quali utilizzando le formule elaborate nella metodologia è possibile calcolare dei valori di  $a$ ,  $n = f(TR)$  rappresentativi del bacino analizzato. Un esempio grafico della maglia utilizzabile nel webgis dell'atlante delle piogge intense è riportato in Figura 4.



**Figura 4 – Maglie della rete dell'Atlante delle Piogge – Arpa Piemonte**

Le elaborazioni statistiche effettuate nella metodologia proposta da Arpa Piemonte consentono, per assegnato valore del tempo di ritorno, di ricavare per ciascun bacino la curva di massima possibilità pluviometrica, rappresentata dalla funzione:

$$h = a \times t^n$$

avendo indicato con

- $h(\text{mm})$  altezza della pioggia;
- $t$  (ore) tempo di pioggia;
- $a$  (mm) massima precipitazione di durata 1 ora (funzione di  $Tr$ );
- $n$  (-) esponente in funzione di  $Tr$ .

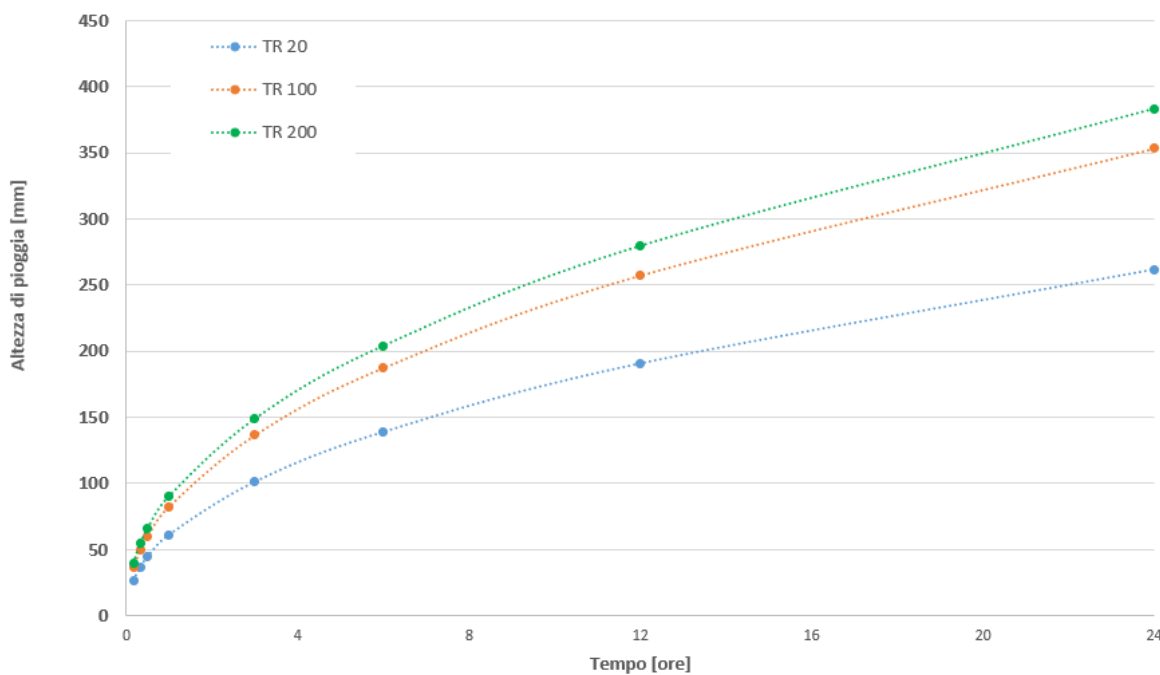
È stato possibile valutare il valore assunto dal coefficiente  $a$  e dall'esponente  $n$  per i sottobacini individuati, utilizzando la metodologia sopra esposta. In Tabella 5 si riportano i risultati ottenuti per due differenti modalità di analisi statistica del dato (GEV e GUM), e il rispettivo valore medio considerato valido per le elaborazioni.



*Tabella 5 – Valori di a ed n per i differenti tempi di ritorno.*

RIEPILOGO a - n								
TR		2	5	10	20	50	100	200
GEV	a	32.251	43.59	52.431	62.143	76.075	88.106	97.997
	n	0.4561	0.4568	0.4571	0.4573	0.4577	0.4579	0.4568
GUM	a	33.439	44.95	52.677	60.203	69.705	76.906	82.125
	n	0.4562	0.4569	0.4572	0.4573	0.4576	0.4577	0.4548
MEDIA	a	32.845	44.27	52.554	61.173	72.89	82.506	90.061
	n	0.45615	0.45685	0.45715	0.4573	0.45765	0.4578	0.4558

Sulla base della curva di possibilità pluviometrica relativa ai tempi di ritorno di interesse (Tr 20, Tr100 e Tr200 anni) sono successivamente state calcolate le portate di riferimento.



*Figura 5 – Curve di possibilità pluviometrica per il bacino del T. Sessera per differenti tempi di ritorno considerati.*



## 4.4 CALCOLO DELLA PORTATA CON MODELLO NUMERICO

### 4.4.1 Metodologia e input del modello

Uno dei metodi più utilizzati per calcolare le portate di piena relative ad una sezione di un corso d'acqua consiste nel fare riferimento ai dati pluviometrici ed elaborare statisticamente gli stessi, ricavando la portata con il metodo della corrivazione o con altri metodi indiretti di trasformazione degli afflussi in deflussi. La trasformazione afflussi-deflussi si basa appunto su modelli numerici che consentono di passare dal dato di precipitazione al dato di portata, dove evidentemente devono entrare in gioco aspetti morfologici, dati di infiltrazione, ruscellamento, evaporazione ecc.

Per il calcolo delle portate, e quindi per la stima dei prevedibili volumi liquidi legati ad un prescelto tempo di ritorno, si è utilizzato in particolare un approccio di tipo modellistico che consente, una volta definita la precipitazione di progetto, di calcolare le portate defluenti alla sezione che sottende il bacino in esame mediante la simulazione dei complessi fenomeni di trasformazione afflussi-deflussi.

Il software utilizzato, derivato dal noto codice di calcolo americano HEC-HMS "Flood Hydrograph Package" sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers, consente mediante un'opportuna schematizzazione del reticolo idrografico in una serie di componenti idrologicamente interconnessi tra loro ed un'attenta definizione delle caratteristiche geometriche e di permeabilità del bacino, il calcolo degli idrogrammi di deflusso che competono a particolari eventi meteorici registrati.

Per definire la precipitazione di progetto da utilizzare sono stati ipotizzati due tipologie di ietogrammi, e in particolare:

- ietogramma rettangolare con tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione;
- ietogramma triangolare con tempo di pioggia pari a due volte il tempo di corrivazione.

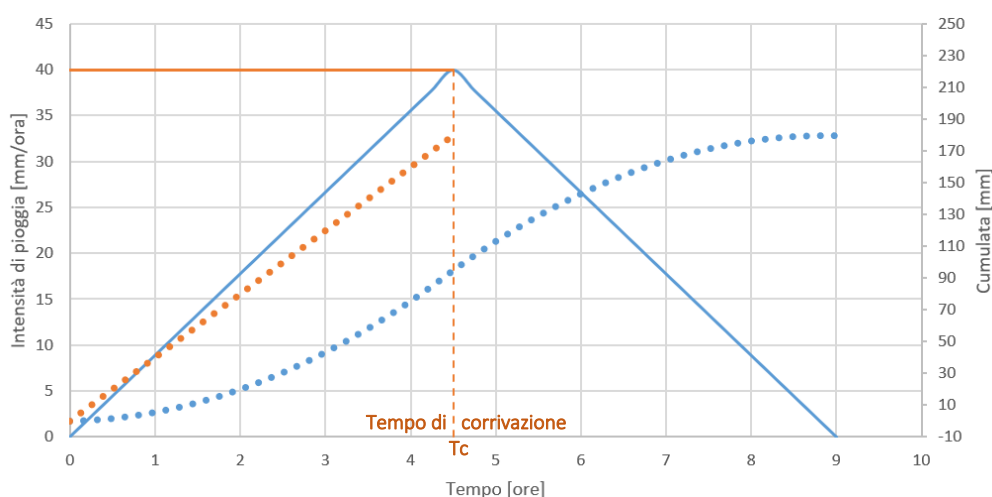


Figura 6 – Rappresentazione degli ietogrammi calcolati per l'analisi idrologica.





L'analisi ha evidenziato che l'ipotesi più cautelativa in termini di portata di picco calcolata con la modellazione numerica afflussi deflussi è ottenuta utilizzando lo ietogramma rettangolare e pertanto esso è stato assunto quale ietogramma di riferimento per ciascun sottobacino per i differenti tempi di ritorno.

Il calcolo della quota parte di precipitazioni perse in depressioni superficiali, intercettazione, evapotraspirazione, infiltrazione può essere invece eseguito utilizzando metodi diversi che richiedono la conoscenza di vari dati di ingresso spesso di difficile definizione, quali la specificazione della percentuale d'area di sottobacino impermeabile (*percent impervious area*), per la quale il codice di calcolo non tiene conto di nessuna perdita, e molti altri parametri di difficile determinazione quali le perdite iniziali e a regime o l'umidità e la conduttività idraulica del terreno per citarne solo alcuni.

Il metodo del *Soil Conservation Service* Statunitense richiede la conoscenza del valore della perdita iniziale di pioggia (*Initial abstraction*) e del numero di curva adimensionale *CN* (*Curve Number*) definito dal *Soil Conservation Service* sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misure in campo. Spesso però, per la necessità di semplificazione o per la difficoltà che si incontra nel definire i vari parametri, le perdite vengono considerate facendo riferimento ad un'unica equazione nonostante esistano numerosi metodi per il calcolo delle singole quote da attribuire a ciascun fenomeno. La ragione di tale semplificazione risiede nel fatto che le leggi che governano i singoli fenomeni fisici non sono tuttora ben conosciute e risulta pertanto molto difficile individuare i confini di competenza di ciascun processo,

Nel caso in studio il calcolo della quota parte di precipitazioni perse nel bacino è stato eseguito con il metodo *SCS curve number*, I parametri necessari sono due ed il numero di curva adimensionale può essere valutato noti l'uso e la litologia del suolo (§ 4.4.2),

Di più difficile determinazione è invece la stima della perdita di pioggia  $I_a$  che si ha all'inizio dell'evento meteorico, perché è funzione delle caratteristiche geologiche e di saturazione del terreno stesso; tuttavia tale parametro può essere calcolato, in funzione di *CN* sulla base di numerosi dati raccolti con campagne di misure in campo, secondo la relazione proposta:

$$I_a = 0,2 \frac{(1000 - 10CN)}{CN}$$

#### 4.4.2 Calcolo del numero di curva adimensionale *CN*

Il numero di curva adimensionale *CN* è un indice di ritenzione potenziale del suolo, che dipende dalla pedologia, dal tipo e grado di copertura del suolo e dal grado di umidità iniziale del terreno. Tale indice ha un valore compreso tra 0 e 100 e, per la sua determinazione, il *Soil Conservation Service* propone delle classificazioni, in modo da far rientrare la zona esaminata in una determinata categoria e ricavare da opportune tabelle il valore di *CN* corrispondente.

I terreni che costituiscono i bacini in esame devono essere ricondotti ad una delle quattro classi litologiche (Tabella 6). Con riferimento a tali classi e alla carta litologica riportata in ALLEGATO 3, è stato possibile definire per ciascun sottobacino la suddivisione delle aree omogenee in termini di gruppi idrogeologici di riferimento.



**Tabella 6 - Gruppi idrogeologici assegnabili ai diversi litotipi**

Classe	Tipologia di terreno
A	Accumuli di frana da crollo
B	Depositi da debris flow, alluvioni antiche, depositi colluviali, depositi gravitativi di falda e conoide, depositi glaciali di ablazione e indifferenziati
C	Depositi colluviali, prodotti colluviali
D	Calcarei dolomitici, serpentiniti, calcescisti, micascisti, gneiss indifferenziati, metabasiti

Si sono quindi calcolate, in funzione della carta dell'uso del suolo, le superfici afferenti a ciascuna classe d'uso, provvedendo, conseguentemente, all'attribuzione parziale del CN caratteristico.

La categoria a cui fare riferimento si può individuare in base alla precipitazione totale dei 5 giorni precedenti quello dell'evento di pioggia e in base alla stagione (vegetativa o non vegetativa), come riportato nella Tabella 4,

**Tabella 7 – Condizioni di umidità in funzione della precipitazione antecedente.**

AMC	Precipitazione antecedente di 5 gg l'evento	
	Stagione di riposo (mm)	Stagione vegetativa (mm)
I	< 12,7	< 35,6
II	12,7 – 27,9	35,6 – 53,3
III	> 27,9	> 53,3

Il CN viene calcolato come media pesata, considerando come pesi le percentuali areali di ciascuna classe d'uso del suolo, riferendosi ad un grado di umidità iniziale del terreno prima che si verifichi l'evento meteorico di tipo II, cioè a un terreno umido,

È possibile prendere in considerazione anche situazioni di umidità del terreno all'inizio della precipitazione diversa da quella media; il metodo, infatti, classifica le condizioni di umidità in tre categorie:

- ✓ AMC I: potenziale di scorrimento superficiale minimo; i suoli del bacino sono sufficientemente asciutti da permettere un'aratura o coltivazione soddisfacente;
- ✓ AMC II: condizione media;
- ✓ AMC III: potenziale di scorrimento superficiale massimo; il bacino è stato praticamente saturato dalle piogge precedenti,

I valori di CN corrispondenti alla categoria AMC I e AMC III si possono ricavare dal valore di CN che corrisponde alla categoria AMC II per mezzo delle seguenti relazioni (Chow et al., 1988), dove  $\alpha$  e  $\beta$  sono coefficienti sperimentali noti:

$$CN(I) = \frac{\alpha \cdot CN(II)}{10 - \beta \cdot CN(II)} \quad , \quad CN(III) = \frac{\alpha \cdot CN(II)}{10 + \beta \cdot CN(II)} ;$$



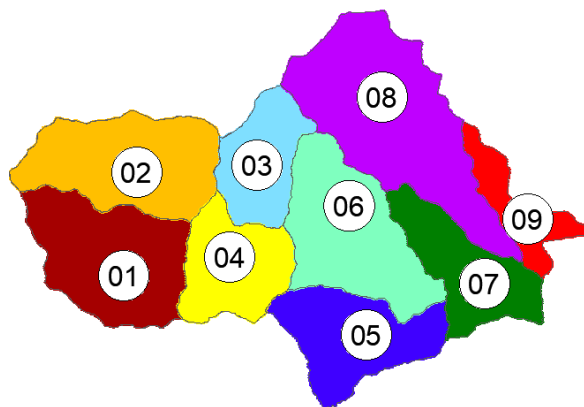
SOTTOBACINO	CN D AMC(I)	CN D AMC(II)	CN D AMC (III)
1	63,52	80,57	<b>90,51</b>
2	62,91	80,15	<b>90,28</b>
3	63,74	80,72	<b>90,59</b>
4	61,72	79,34	<b>89,83</b>
5	63,26	80,39	<b>90,41</b>
6	63,94	80,85	<b>90,66</b>
7	62,82	80,09	<b>90,25</b>
8	62,20	79,67	<b>90,01</b>
9	61,06	78,88	<b>89,57</b>

Per la simulazione numerica è stato assunto il valore di CN nell'ipotesi più cautelativa, ovvero quello calcolato per le condizioni AMC III.

#### 4.4.1 Portate di piena calcolate con il metodo empirico

Il modello di calcolo HEC-HMS consente di calcolare le portate di piena alla sezione di chiusura evidenziando tutti i contributi derivanti dai sottobacini afferenti.

Come illustrato in precedenza, al fine di impostare una modellazione appropriata al livello di complessità del territorio, il bacino è stato suddiviso come rappresentato in ALLEGATO 4 e sinteticamente illustrato in Figura 7.



**Figura 7 – Suddivisione in sottobacini.**

- 1 - Alto Sessera
- 2 - T. Dolca
- 3 - T. Confienzo
- 4 - Medio Sessera
- 5 - T. Ponzzone
- 6 - Medio-valle Sessera
- 7 - Sessera valle Ponzzone
- 8 - Strona di Postua
- 9 - Sessera Confluenza



Il modello così allestito è stato implementato con i nodi delle sezioni in corrispondenza delle zone maggiormente significative dell'asta, individuando i rispettivi valori di riferimento. I risultati del modello sono riportati in ALLEGATO 5, mentre al paragrafo successivo si riportano i risultati in forma tabellare, con riferimento alla denominazione dei nodi di cui all'ALLEGATO 4.

**Tabella 8 – Risultati della simulazione numerica afflussi-deflussi nelle sezioni di calcolo.**

	TR20	TR100	TR200
Elemento	Portata al colmo [m <sup>3</sup> /s]	Portata al colmo [m <sup>3</sup> /s]	Portata al colmo [m <sup>3</sup> /s]
Sub-B_1- Alto Sessera	270,1	248,9	179
Sub-B_2- Dolca	271,0	249,9	180,3
Diga delle Mischie	540,9	498,6	359
Reach-1	540,9	498,6	359
Sub-B_4- Medio Sessera	165,4	152,2	108,8
Sub-B_3- Confienzo	149,2	137,7	99,9
3-4	845,9	778,6	557,8
Reach-2	845,5	778,4	557,5
Sub-B_6_1- ZUCCARO	91,9	84,4	60
<b>INT N / M / L - ZUCCARO</b>	<b>936,0</b>	<b>861,4</b>	<b>616,2</b>
Reach-3	935,4	861,0	616,1
Sub-B_6_2- LIBERTA'	78,3	72,0	51,1
<b>INT I - LIBERTA'</b>	<b>1013,4</b>	<b>932,5</b>	<b>666,7</b>
Reach-4	1013,2	932,2	666,5
Sub-B_6_3- CIMITERO	33,2	30,5	21,7
Sub-B_6_4- PIANCERI	36,0	33,0	23,5
<b>INT H / G - CIMITERO</b>	<b>1046,3</b>	<b>962,7</b>	<b>688,2</b>
Reach-5	1045,7	962,3	687,9
Sub-B_5- Ponzzone	170,2	156,3	110,7
<b>INT F / E / D - PIANCERI</b>	<b>1251,9</b>	<b>1151,6</b>	<b>821,9</b>
Reach-6	1251,7	1151,2	821,7
Sub-B_7- Sessera valle Ponzo	110,2	100,9	70,5
Sub-B_8- Strona di Postua	335,9	308,1	217,1
<b>7 - 8 _Confl. Strona</b>	<b>1679,3</b>	<b>1542,7</b>	<b>1096,3</b>
Reach-7	1679,0	1542,7	1096
Sub-B_9- Confluenza Sesia	66,1	60,5	42,3
<b>INT A / B / C - BORNATE</b>	<b>1741,7</b>	<b>1600,0</b>	<b>1136</b>

#### 4.5 CALCOLO DELLE PORTATE CON METODI EMPIRICI

Le portate di massima piena dei bacini considerati sono state calcolate anche con il metodo empirico, per verificare la portata di progetto calcolata con il modello numerico di trasformazione afflussi – deflussi. Si è fatto riferimento alla formulazione più nota e validata in letteratura, raccomandata anche nella “*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*” proposta dall'Autorità di Bacino nelle Norme di Attuazione del PAI in data 26/4/2001, per il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici di piccole dimensioni.



Un'importante formula empirica per determinare la portata al colmo corrispondente a una precipitazione di assegnato tempo di ritorno è rappresentata dal metodo della corrivazione, nell'ipotesi che la durata della pioggia critica  $t_p$  sia pari al tempo di corrivazione  $T_c$ :

$$VD = c \cdot V$$

dove:

- $c$  = coefficiente di deflusso;
- $V$  = volume affluito sul bacino ( $m^3$ ).

La relazione, dedotta da considerazioni di carattere cinematico, fornisce il valore della portata di piena al colmo, in funzione sia del volume d'acqua precipitato durante l'evento meteorico, che delle caratteristiche fisiche e morfologiche del bacino. L'ammettere che il massimo della portata si raggiunga quando il tempo di pioggia  $t_p$  (durata della precipitazione) eguagli il tempo di corrivazione  $T_c$  significa ricercare il contributo massimo che il bacino può fornire per una data precipitazione considerata costante e di durata sufficiente, affinché tutta la sua superficie contribuisca alla formazione dei deflussi nella sezione di chiusura. La precipitazione si ricava direttamente dalla curva di possibilità pluviometrica e viene quindi assunta un'intensità costante per tutta la durata della precipitazione.

#### 4.5.1 Stima del coefficiente di deflusso

Dato che non tutto il volume di pioggia  $V$  che cade sul bacino raggiunge la sezione di chiusura contribuendo alla formazione della portata di massima piena, occorre considerare che una parte del volume vada perduta agli effetti dei deflussi, ed una parte non transiti nella sezione considerata nel periodo per cui permane l'onda di piena, ma si presenti alla sezione di chiusura con un certo ritardo.

Indicando quindi con " $c$ " il coefficiente di deflusso o coefficiente di riduzione che tiene conto di questi ed altri fattori (perdite per evaporazione, infiltrazione ecc), il volume d'acqua che contribuisce alla formazione dell'onda di piena, risulta essere:

$$VD = c \cdot V$$

Il valore del coefficiente di deflusso adottato è stato ricavato considerando le caratteristiche di permeabilità, che sono funzione sia del tipo di terreno che delle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino considerato.

Va inoltre sottolineato che il coefficiente di deflusso è altresì funzione dall'entità dell'evento pluviometrico: un evento relativo ad un tempo di ritorno elevato comporta inevitabilmente condizioni di maggiore saturazione del suolo e pertanto coefficienti di deflusso più elevati.

Con riferimento ai valori del coefficiente di deflusso utilizzati per il Torrente Sessera in altri studi pregressi e considerando l'elevata percentuale di impermeabilità del bacino (da cui deriva infatti un valore di CN molto elevato), è stato ritenuto congruo assumere il valore di coefficiente di deflusso pari a 0,8.



#### 4.5.2 Portate di piena calcolate con il metodo empirico

Applicando la formulazione empirica si sono ottenute le portate relative ai tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni riportate in Tabella 9.

**Tabella 9 – Portate di piena per differenti tempi di ritorno calcolati con metodo razionale.**

Tratto	METODO RAZIONALE - Portata [m³/s]						
COD.	2	5	10	20	50	100	200
J - I - Zuccaro	374,7	505,5	600,3	698,8	833,0	943,0	1027,2
H - Libertà	393,6	530,9	630,5	734,0	874,9	990,5	1078,8
G - F1 - F2	400,6	540,4	641,7	747,1	890,6	1008,2	1098,0
E - F - Pianceri	461,7	622,9	739,7	861,2	1026,6	1162,2	1265,4
D	497,4	671,1	797,0	927,9	1106,2	1252,4	1363,4
C - B - Borgosesia	614,3	828,9	984,4	1146,1	1366,4	1547,0	1683,6

#### 4.6 PORTATE DI RIFERIMENTO DA UTILIZZARE PER LE VERIFICHE IDRAULICHE

Alla luce dei risultati si evidenzia sostanzialmente che le portate ottenute con il metodo razionale sono in linea con quelle calcolate con il modello numerico. Si assumono pertanto i valori ottenuti con la simulazione afflussi – deflussi quali valori di riferimento per le verifiche.

##### 4.6.1 Portate per tempi di ritorno di 20, 50, 100 e 200 anni

**Tabella 10 – Portate da utilizzare per le verifiche idrauliche.**

Sezione di riferimento	Q <sub>Tr20</sub> (m³/s)	Q <sub>Tr100</sub> (m³/s)	Q <sub>Tr200</sub> (m³/s)
TRATTO N / M / L - ZUCCARO	616	861	936,0
TRATTO I - LIBERTA'	667	933	1'013
TRATTO H / G - CIMITERO	688	963	1'046
TRATTO F / E / D - PIANCERI	822	1'152	1'252
7 - 8 _Confl. Strona	1'096	1'542	1'679
TRATTO A / B / C - BORNATE	1'136	1'600	1'742





REGIONE PIEMONTE – Provincia di Biella  
Comune di Pray

*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla  
confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*

**Progetto di fattibilità tecnica ed economica – LOTTO I**



**ALLEGATO**



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Biella  
Comune di Pray

*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla  
confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*

**Progetto di fattibilità tecnica ed economica – LOTTO I**

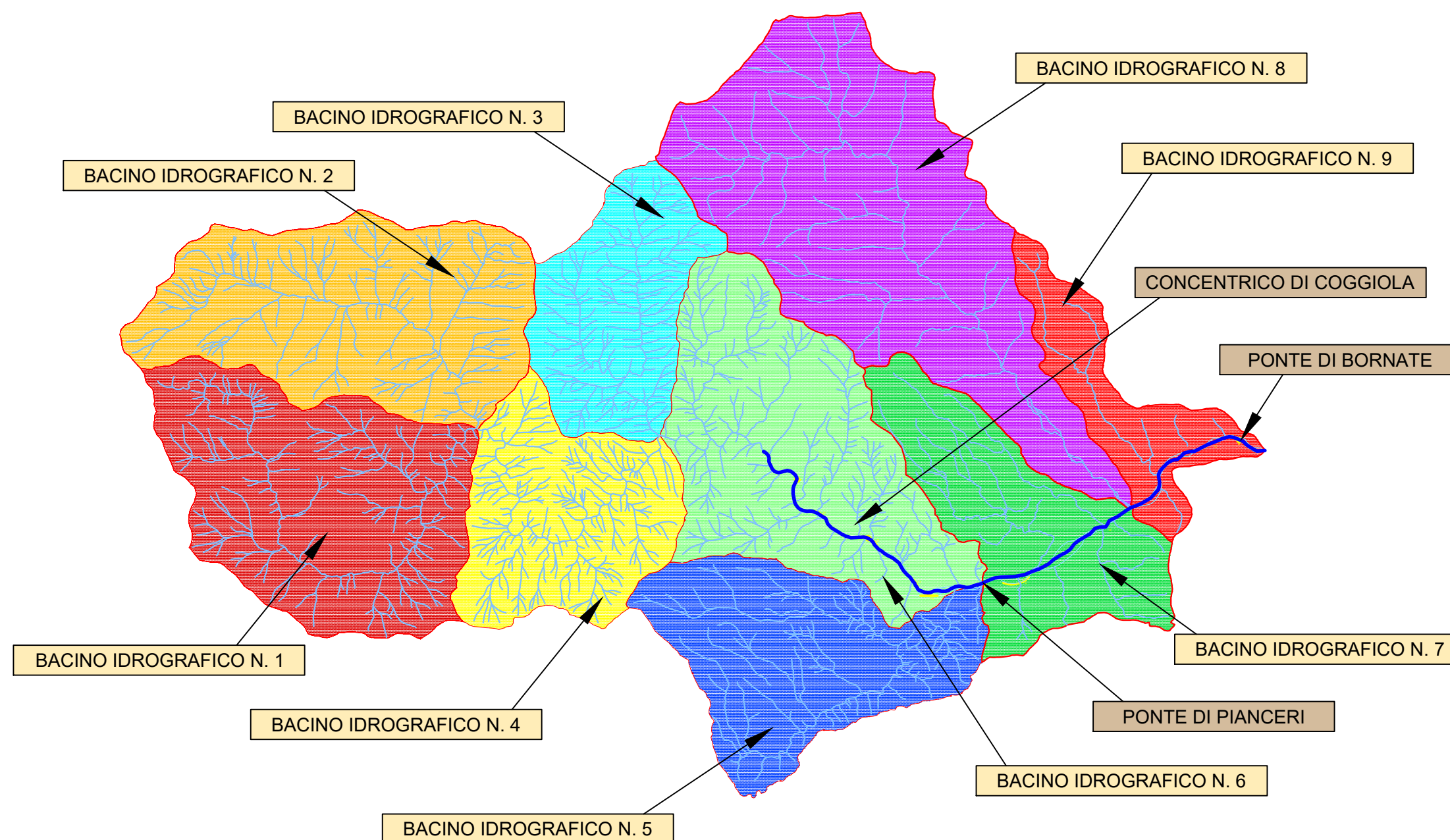


## ALLEGATO 1

– Carta dei bacini –



ALLEGATO 01:  
BACINI IDROGRAFICI  
scala 1:100.000



Scala 1 : 100.000





REGIONE PIEMONTE – Provincia di Biella  
Comune di Pray

*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla  
confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*

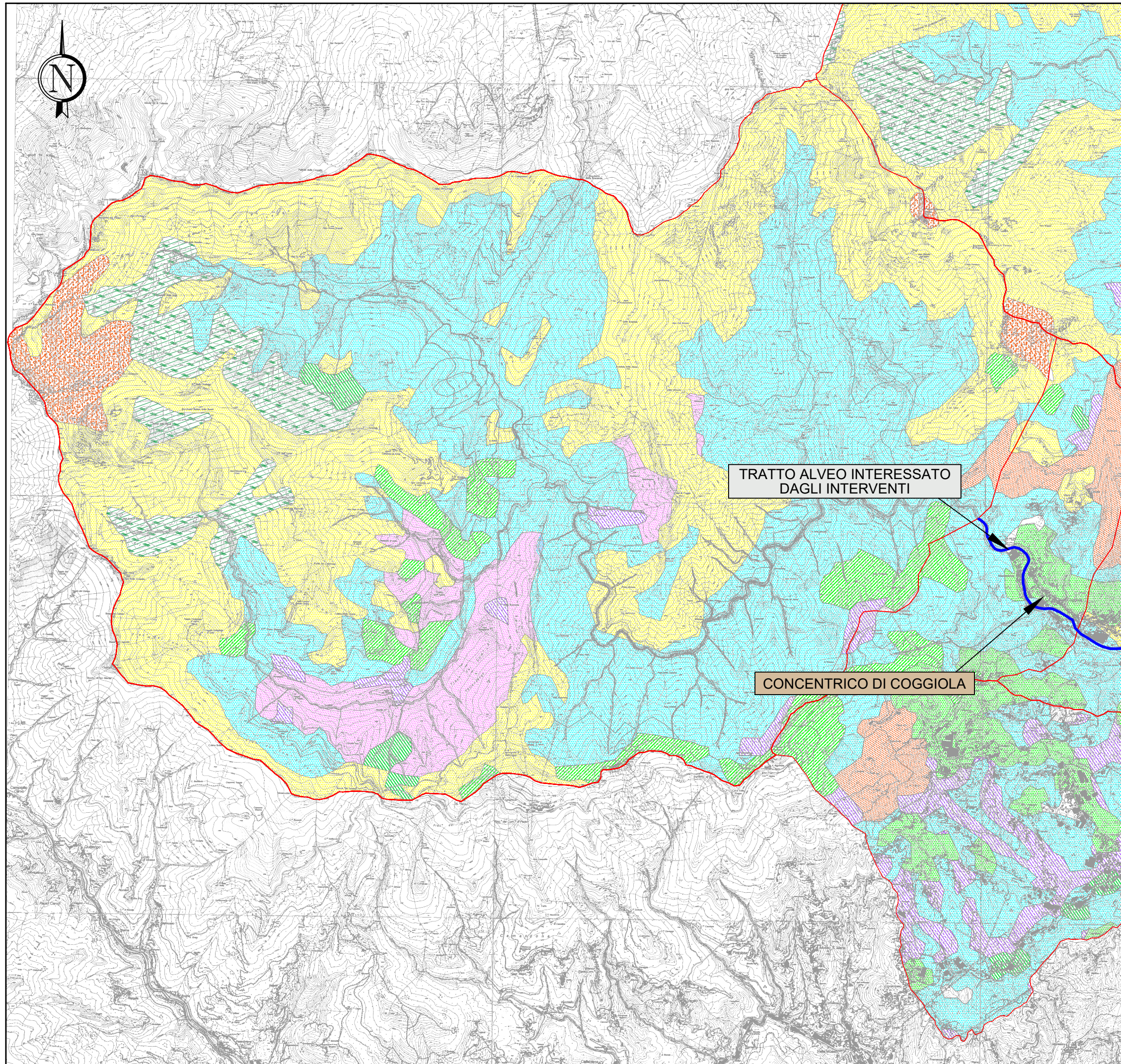
**Progetto di fattibilità tecnica ed economica – LOTTO I**



**ALLEGATO 2**

**– Uso del suolo –**



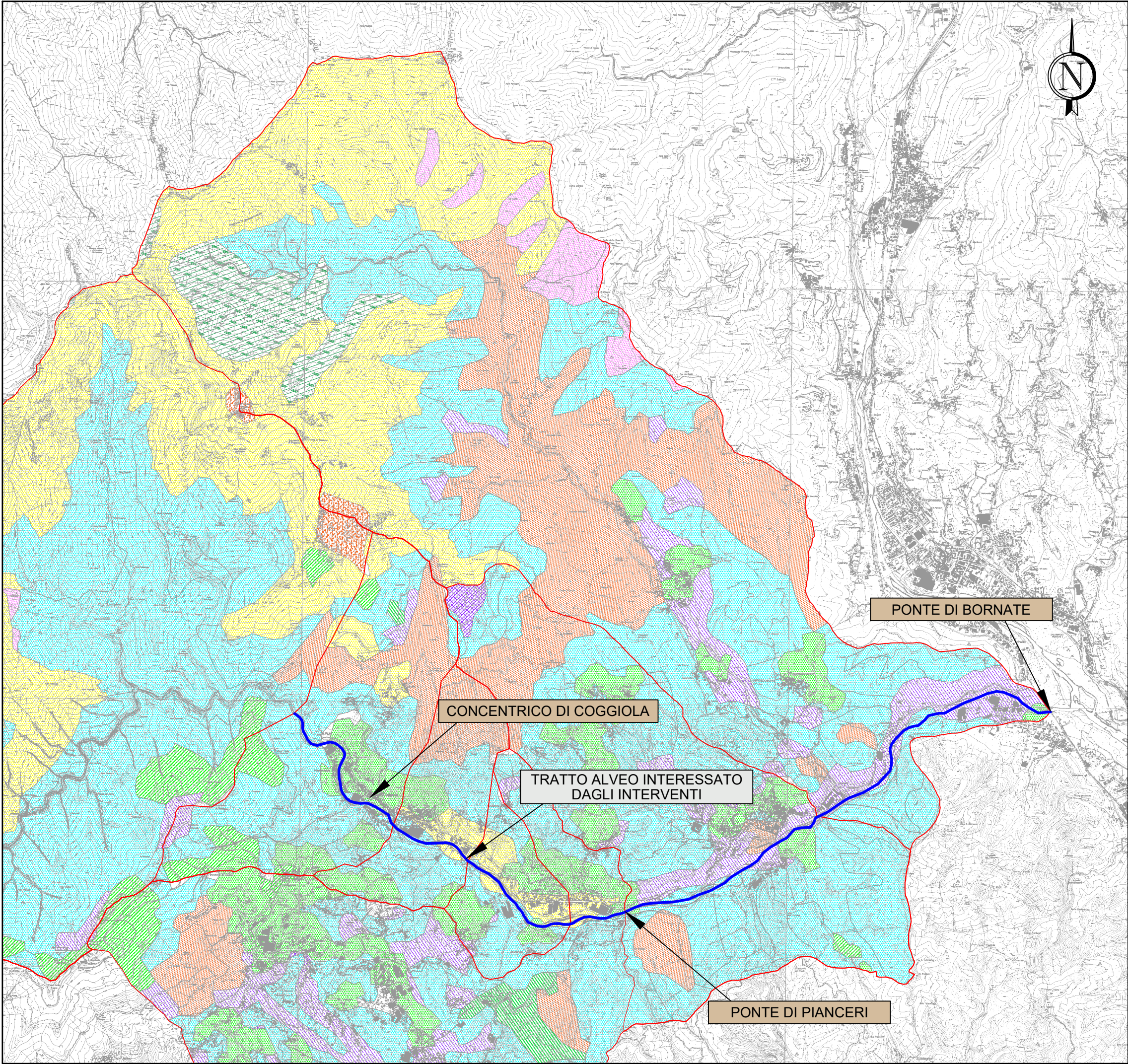


ALLEGATO 2A:  
CARTA USO DEI SUOLI  
scala 1:50.000

LEGENDA

Simbologia	Descrizione delle opere
	Classe 1 - FAGGETI
	Classe 2 - CASTAGNETI
	Classe 5 - CONIFERE
	Classe 6 - RIMBOSCHIMENTO
	Classe 8 - LATIFOGIE MISTE
	Classe 11 - ARBUSTETI
	Classe 20 - PASCOLI
	Classe 24 - PRATI PERMANENTI
	Classe 27 - PASCOLI RUPESTRI
	Classe 99 - AREE URBANIZZATE





ALLEGATO 2B:  
CARTA USO DEI SUOLI  
scala 1:50.000

LEGENDA

Simbologia	Descrizione delle opere
	Classe 1 - FAGGETI
	Classe 2 - CASTAGNETI
	Classe 5 - CONIFERE
	Classe 6 - RIMBOSCHIMENTO
	Classe 8 - LATIFOGLIE MISTE
	Classe 11 - ARBUSTETI
	Classe 20 - PASCOLI
	Classe 24 - PRATI PERMANENTI
	Classe 27 - PASCOLI RUPESTRI
	Classe 99 - AREE URBANIZZATE





REGIONE PIEMONTE – Provincia di Biella  
Comune di Pray

*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla  
confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*

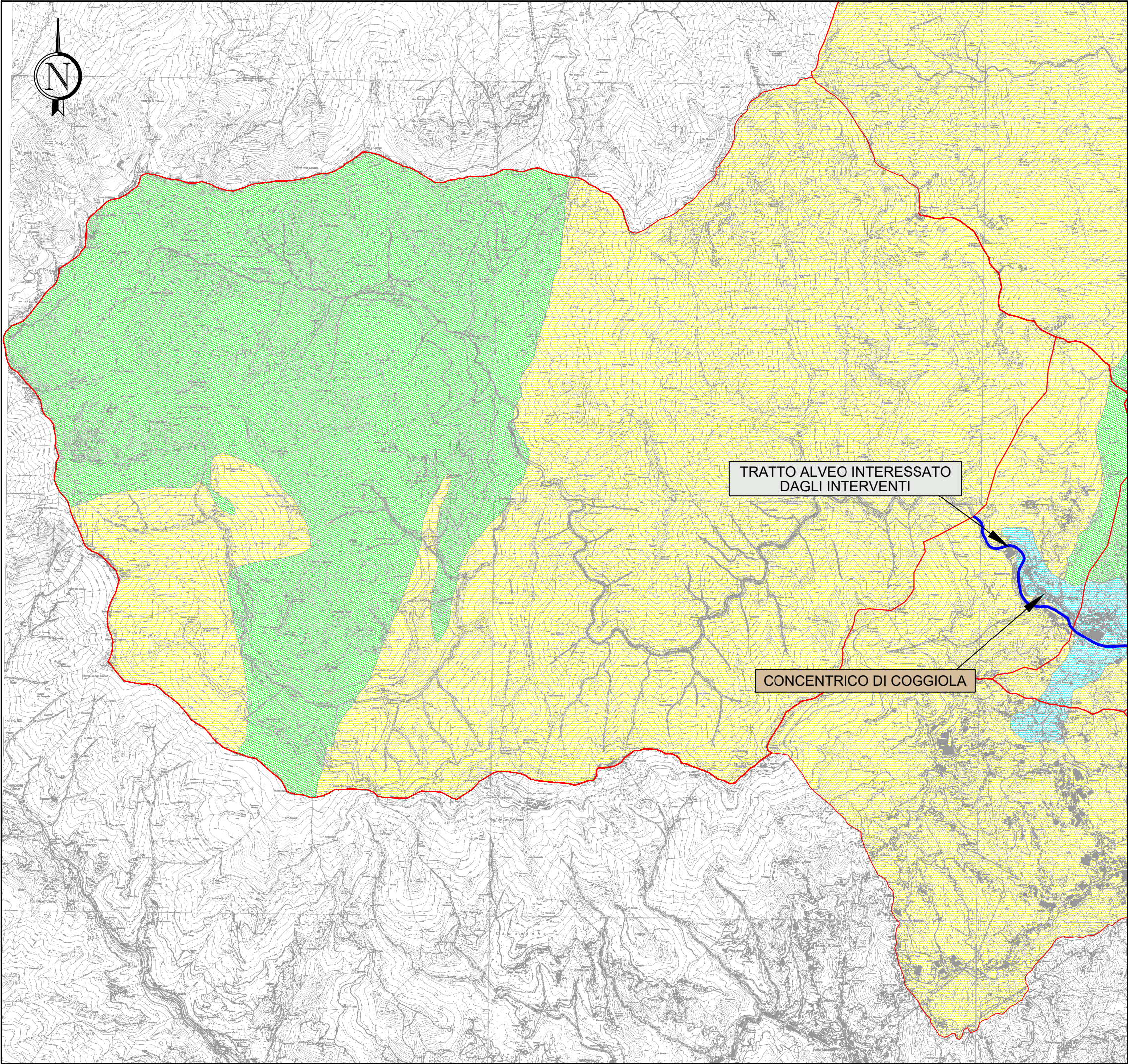
**Progetto di fattibilità tecnica ed economica – LOTTO I**



## **ALLEGATO 3**

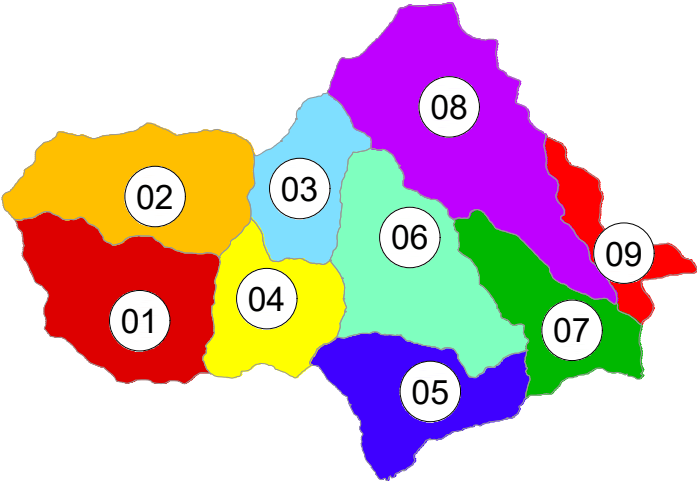
– Carta litologica





ALLEGATO 3A:  
CARTA LITOLOGICA  
scala 1:50.000

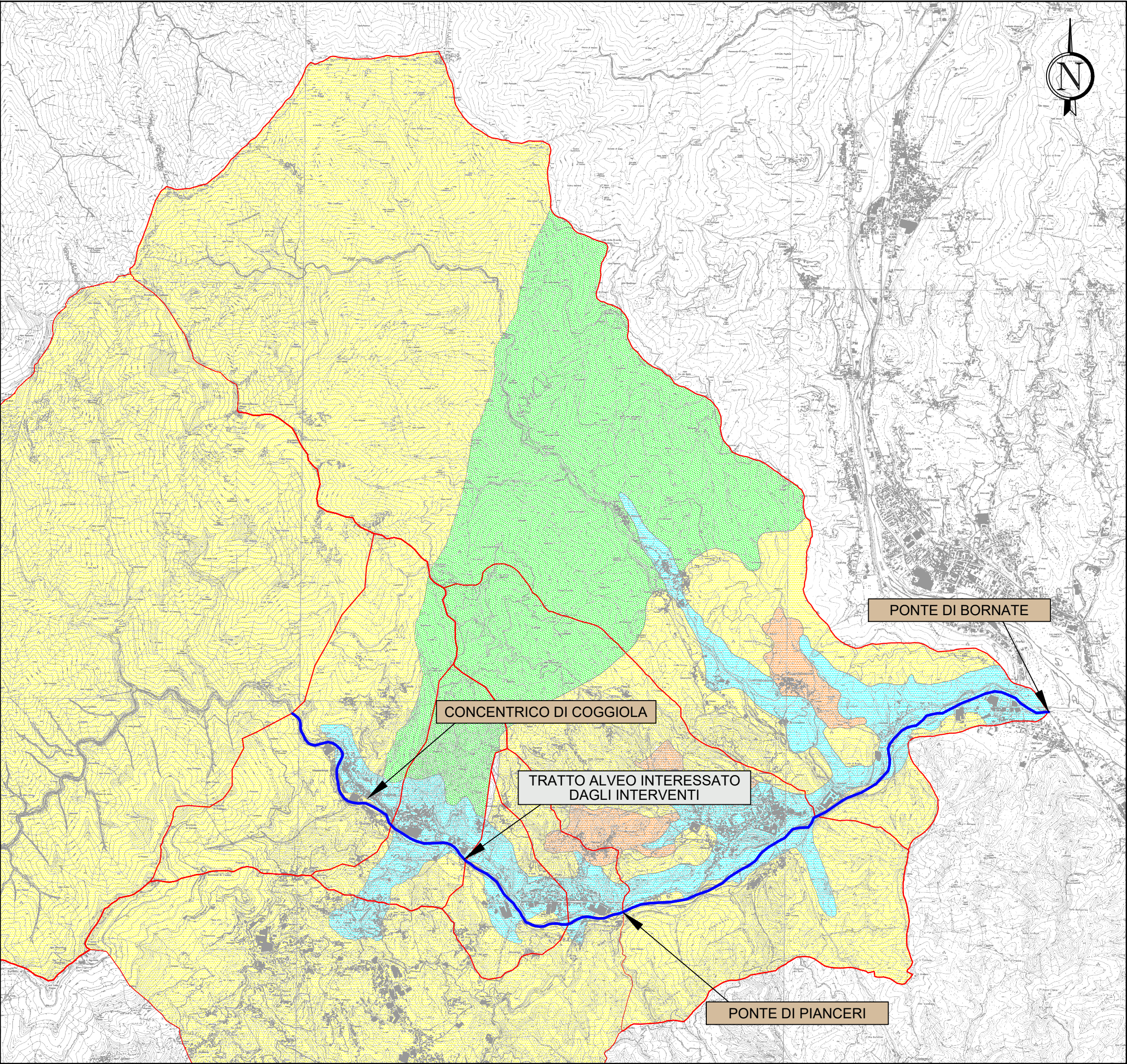
BACINI IDROGRAFICI



LEGENDA

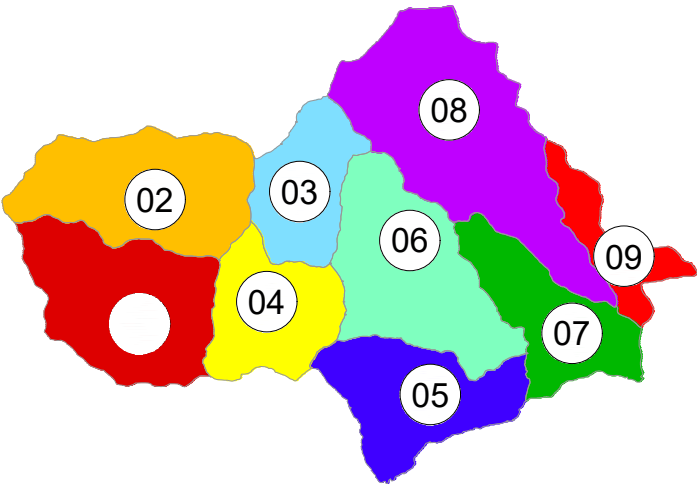
Simbologia	Descrizione delle opere
	Classe 1 - DEPOSITI ALLUVIONALI
	Classe 3 - ARGILLE CON SABBIA E GHIAIA
	Classe 13 - GNEISS
	Classe 15 - GRANITI, SIENITI, DIORITI
	CONFINI DEGLI INTERVENTI





ALLEGATO 3B:  
CARTA LITOLOGICA  
scala 1:50.000

BACINI IDROGRAFICI



LEGENDA

Simbologia	Descrizione delle opere
	Classe 1 - DEPOSITI ALLUVIONALI
	Classe 3 - ARGILLE CON SABBIA E GHIAIA
	Classe 13 - GNEISS
	Classe 15 - GRANITI, SIENITI, DIORITI
	CONFINI DEGLI INTERVENTI





REGIONE PIEMONTE – Provincia di Biella  
Comune di Pray

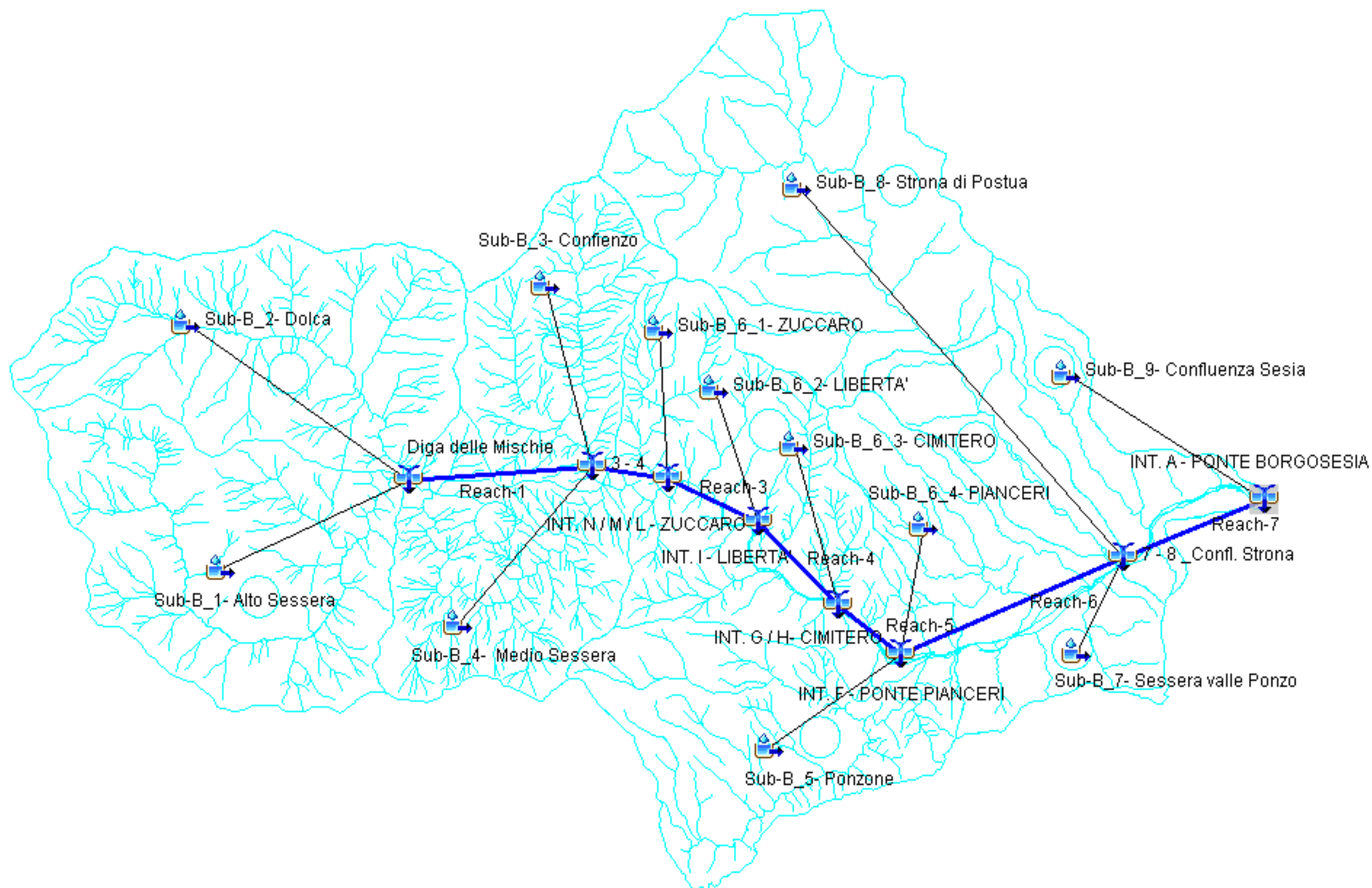
*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla  
confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*

**Progetto di fattibilità tecnica ed economica – LOTTO I**



## **ALLEGATO 4**

– Rappresentazione schematica del modello idrologico utilizzato



MODELLO IDROLOGICO DEL BACINO DEL T. SESSERA IMPLEMENTATO IN HEC-HMS 4.2.1



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Biella  
Comune di Pray

*Intervento di rifunionalizzazione dell'asta del torrente Sessera dalla  
confluenza con il fiume Sesia alla frazione Zuccaro*

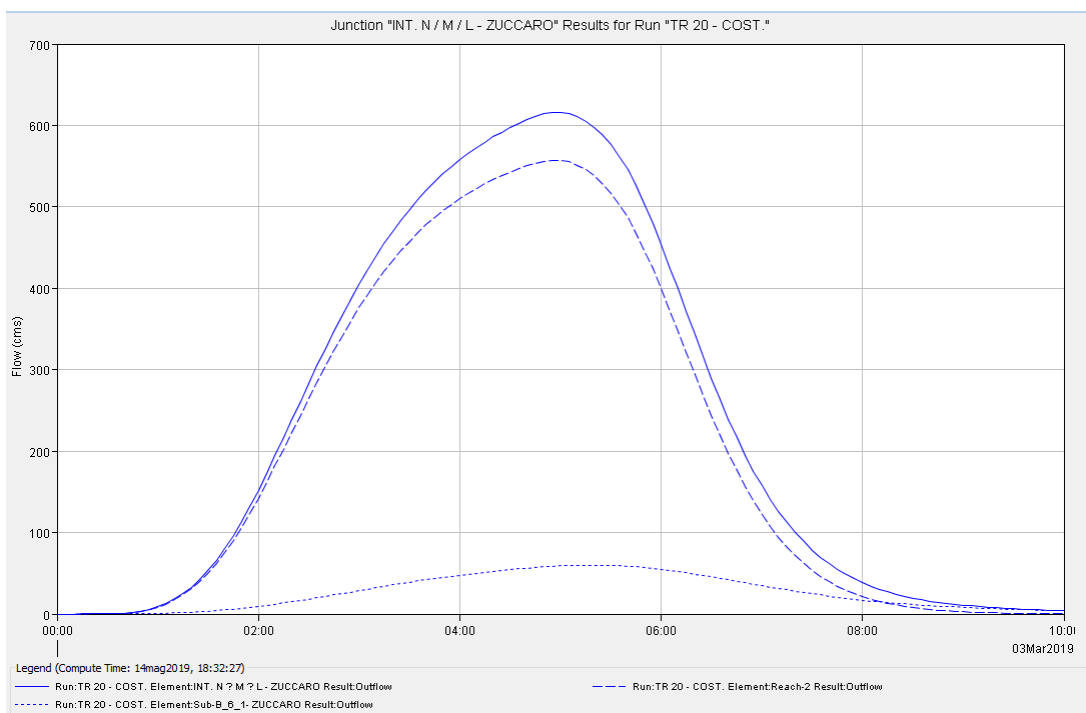
**Progetto di fattibilità tecnica ed economica – LOTTO I**



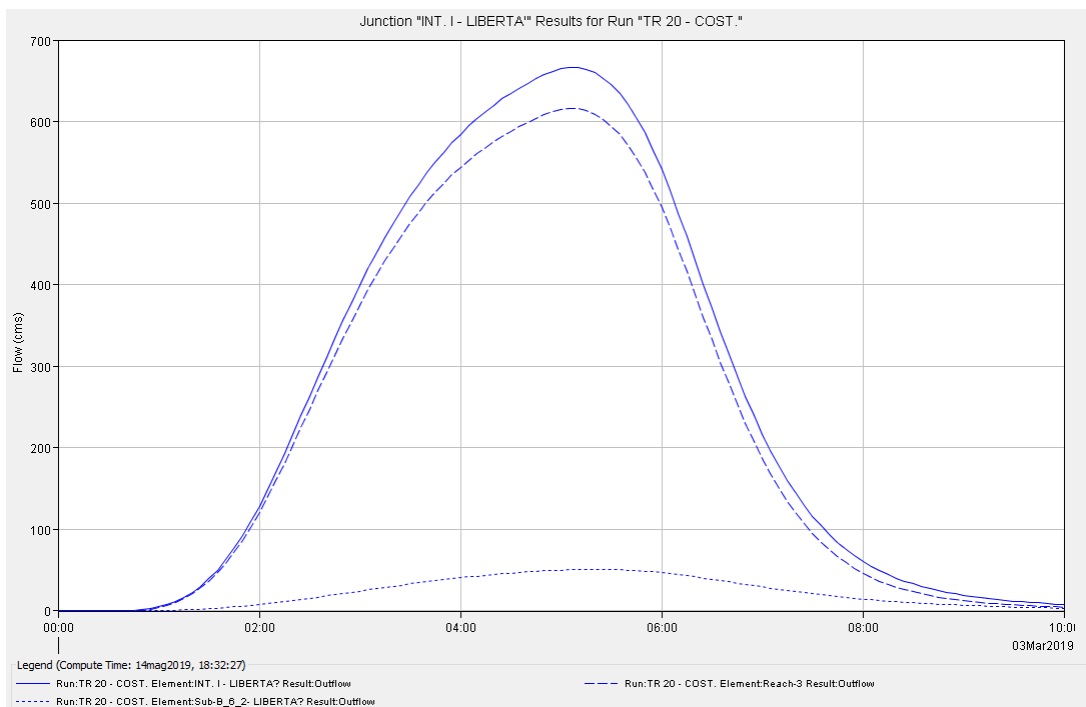
## ALLEGATO 5

– Risultati del modello di simulazione numerica afflussi-deflussi





**Immagine 1 – Idrogramma Tr20 anni – INT. N-M-L: ZUCCARO.**



**Immagine 2 – Idrogramma Tr20 anni – INT. I: LIBERTÀ.**

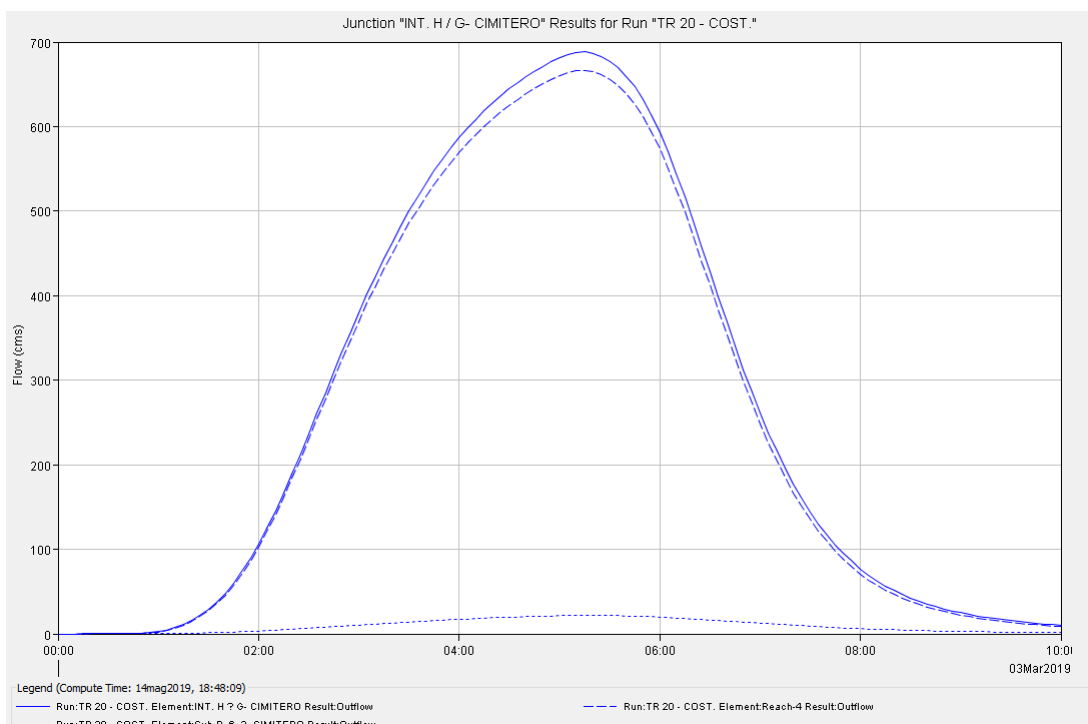


Immagine 3 – Idrogramma Tr20 anni – INT. H-G: CIMITERO.

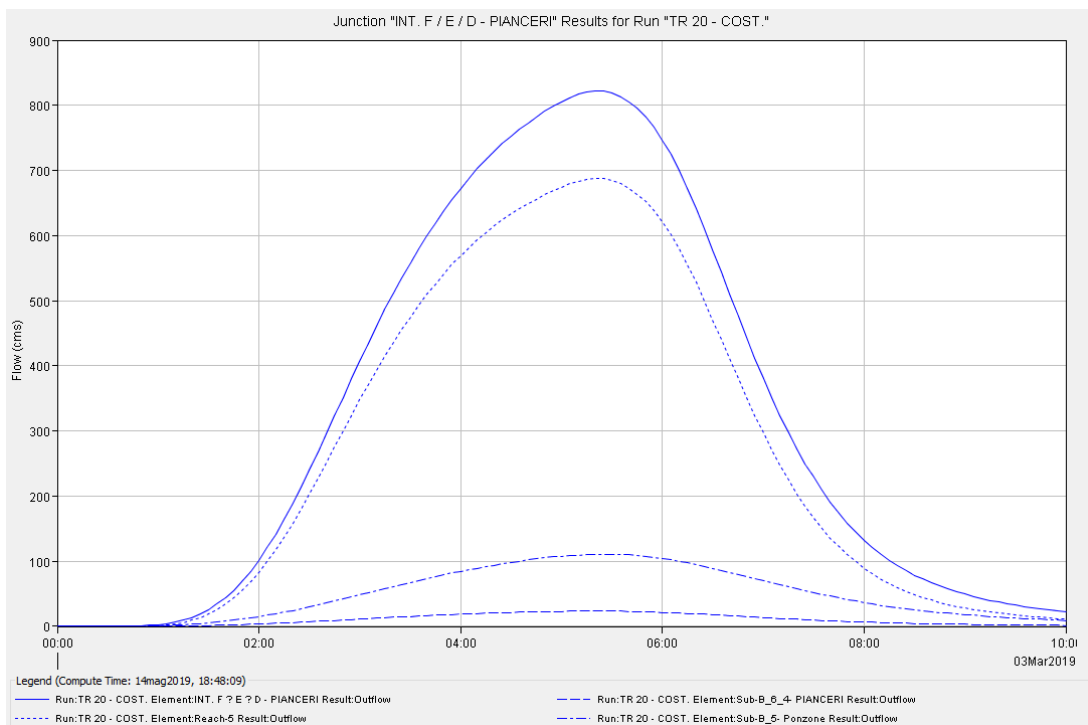


Immagine 4 – Idrogramma Tr20 anni – INT. F-E-D: PIANCERI.

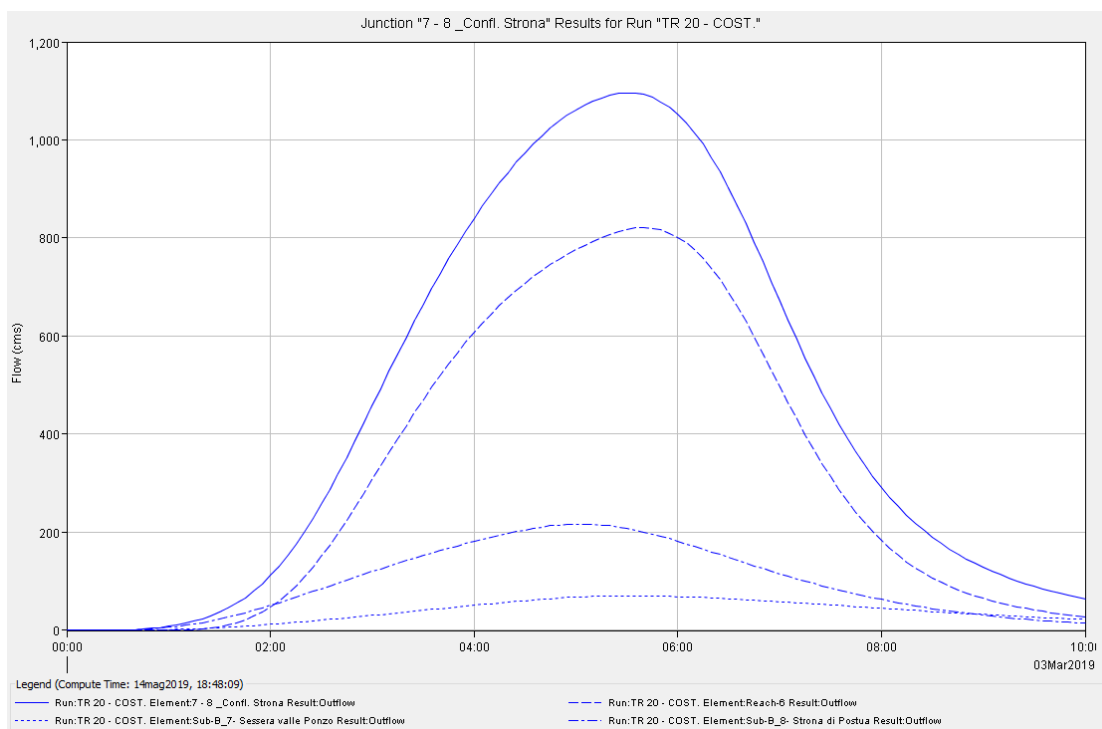


Immagine 5 - Idrogramma Tr20 anni – Confluenza Strona.

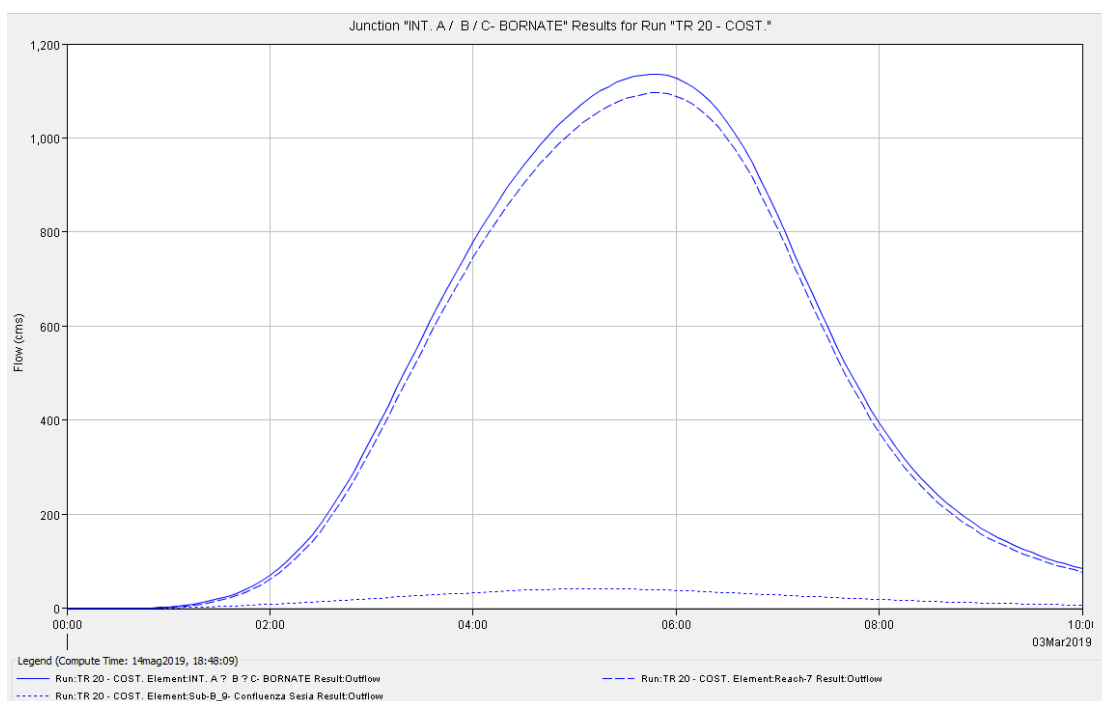
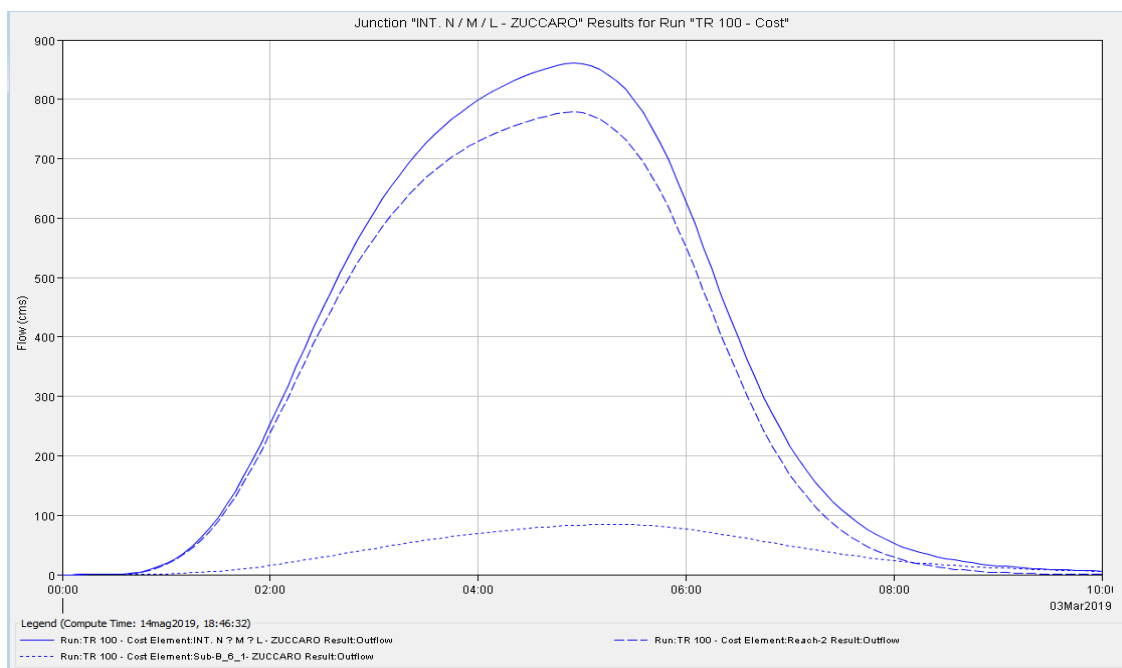
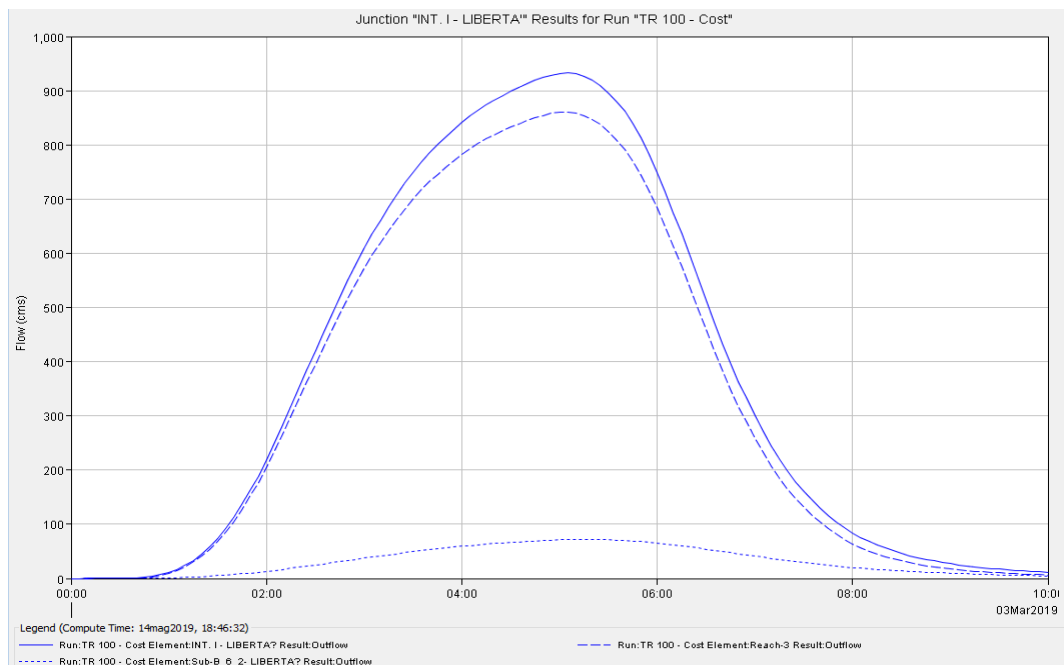


Immagine 6 - Idrogramma Tr20 anni – INT. A-B-C: BORNATE.



*Immagine 7 – Idrogramma Tr100 anni – INT. N-M-L: ZUCCARO.*



*Immagine 8 – Idrogramma Tr100 anni – INT. I: LIBERTÀ.*

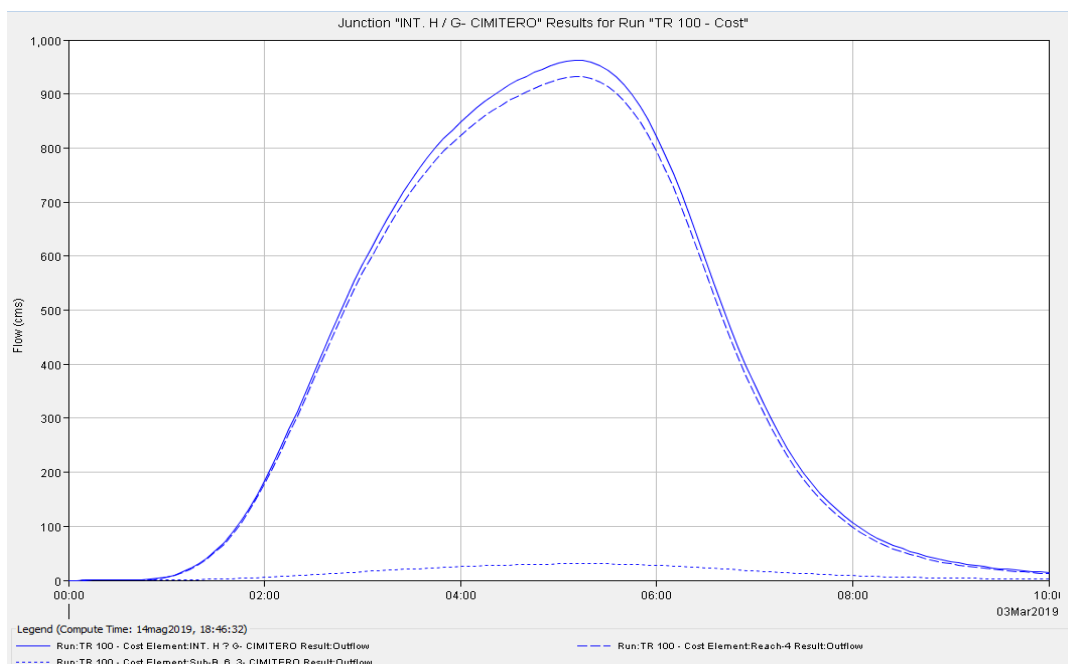


Immagine 9 – Idrogramma Tr100 anni – INT. H-G: CIMITERO.

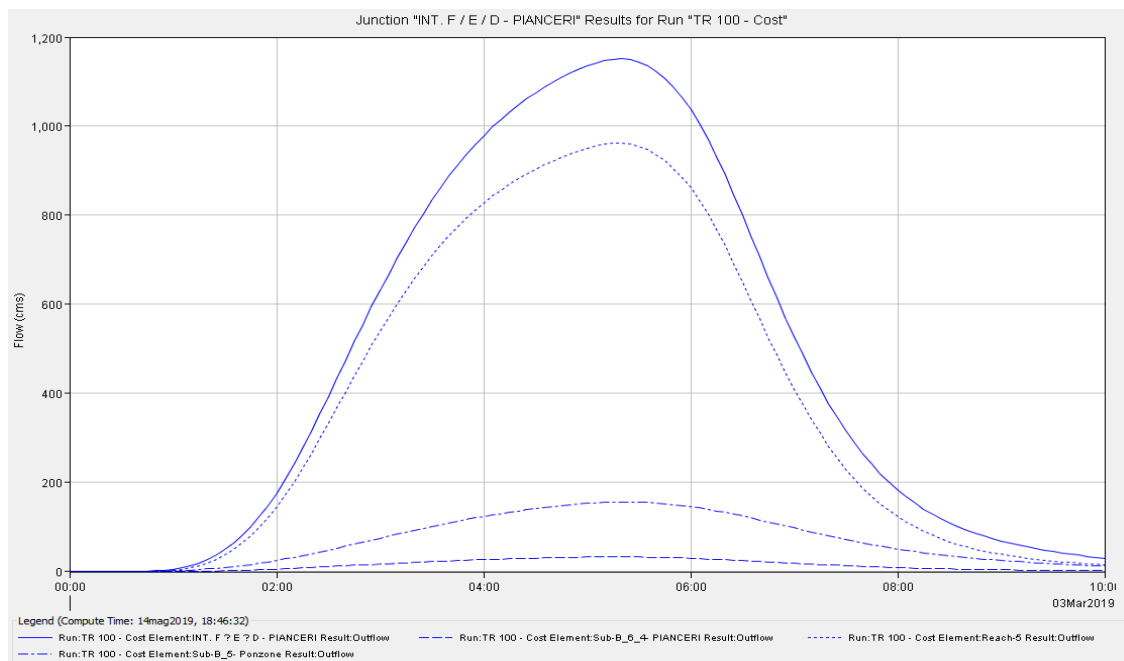


Immagine 10 – Idrogramma Tr100 anni – INT. F-E-D: PIANCERI.

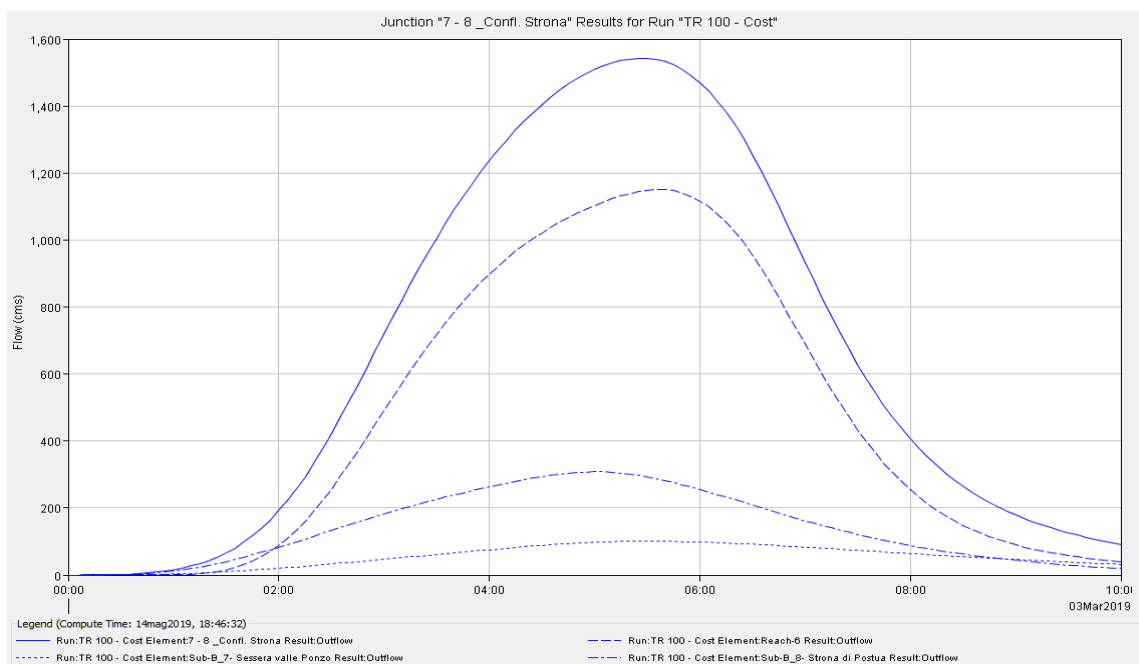


Immagine 11 - Idrogramma Tr100 anni – Confluenza Strona.

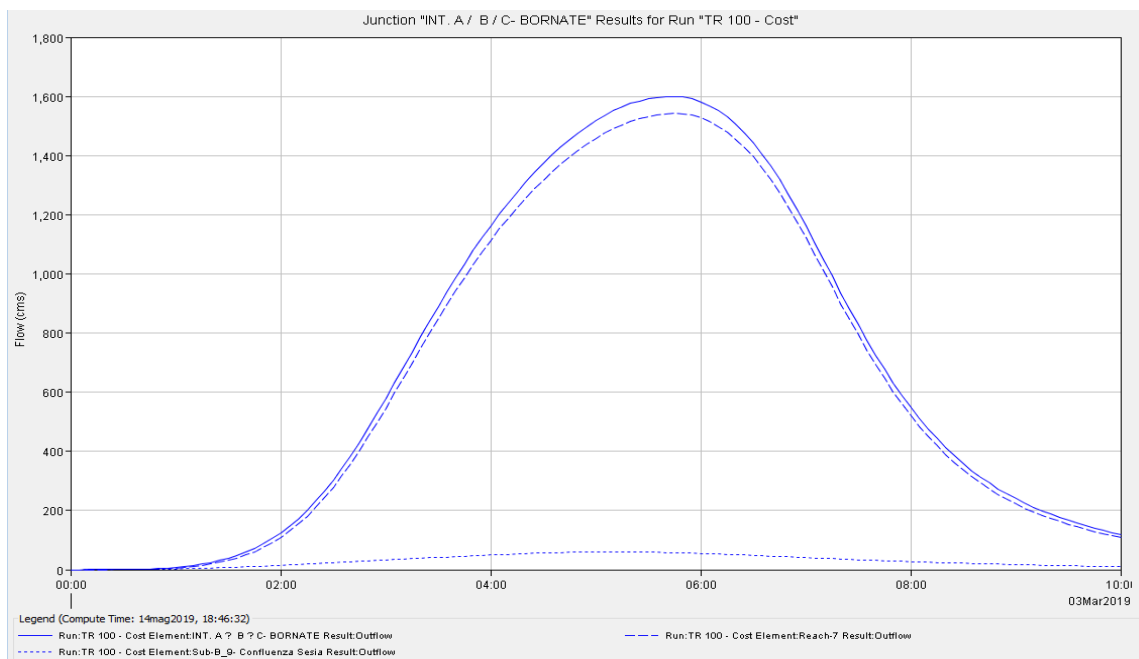
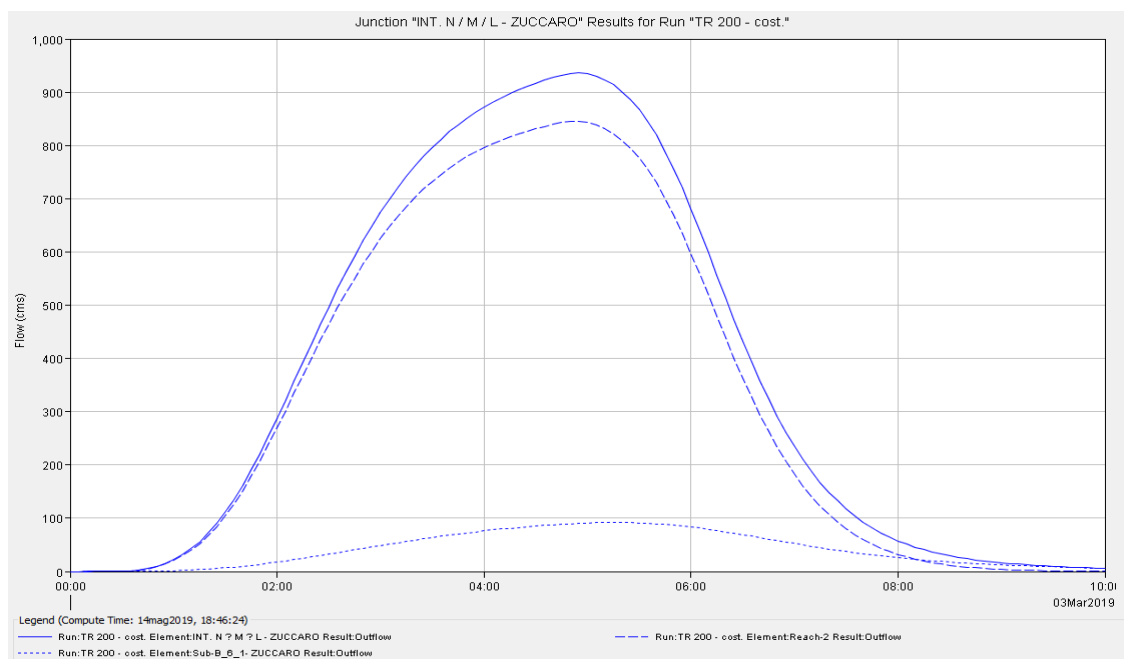
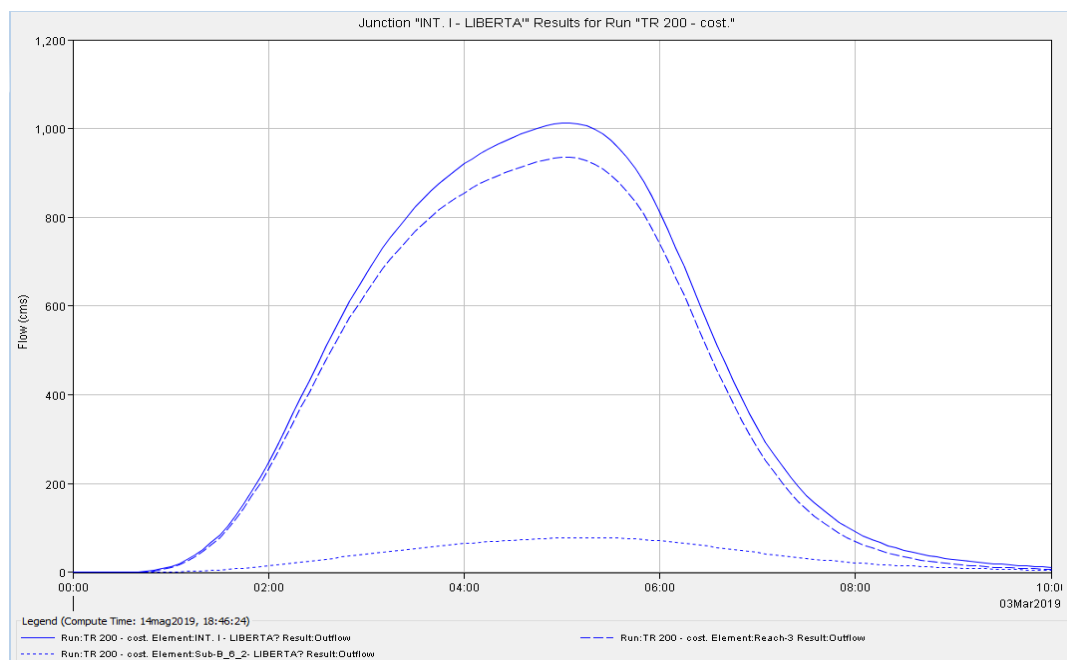


Immagine 12 - Idrogramma Tr100 anni – INT. A-B-C: BORNATE.





**Immagine 13 – Idrogramma Tr200 anni – INT. N-M-L: ZUCCARO.**



**Immagine 14 – Idrogramma Tr200 anni – INT. I: LIBERTÀ.**

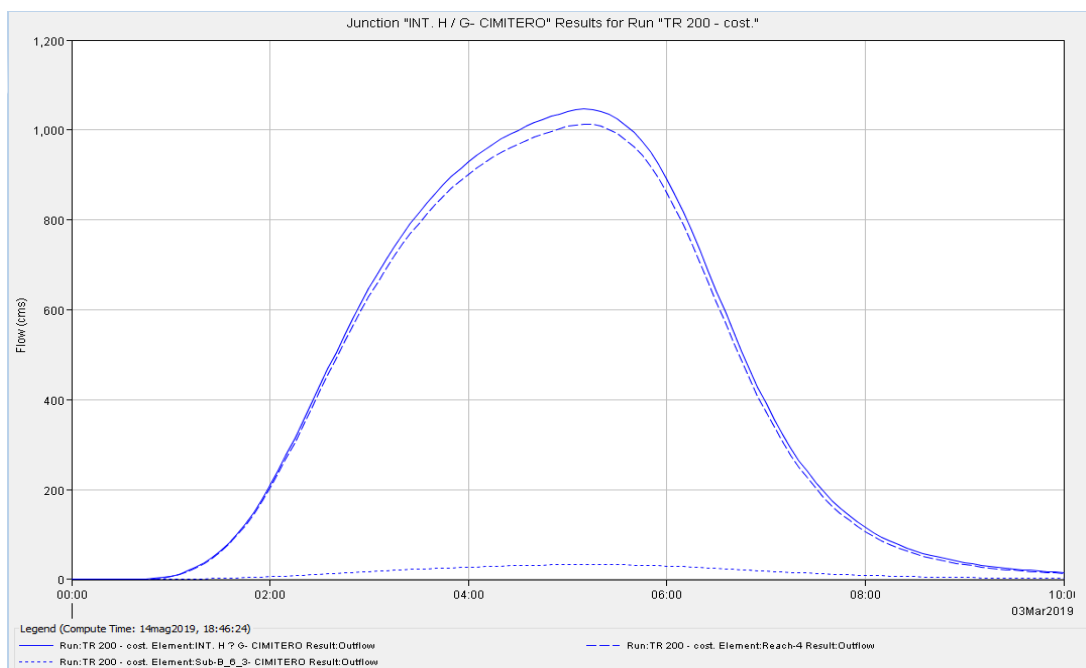


Immagine 15 – Idrogramma Tr200 anni – INT. H-G: CIMITERO.

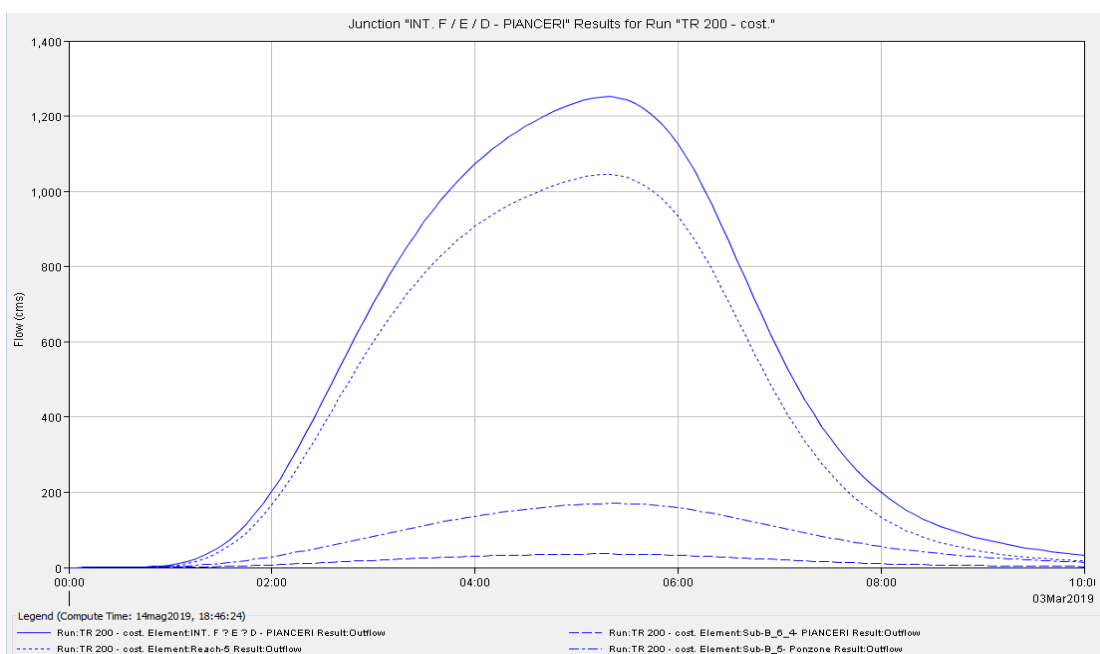


Immagine 16 – Idrogramma Tr200 anni – INT. F-E-D: PIANCERI.

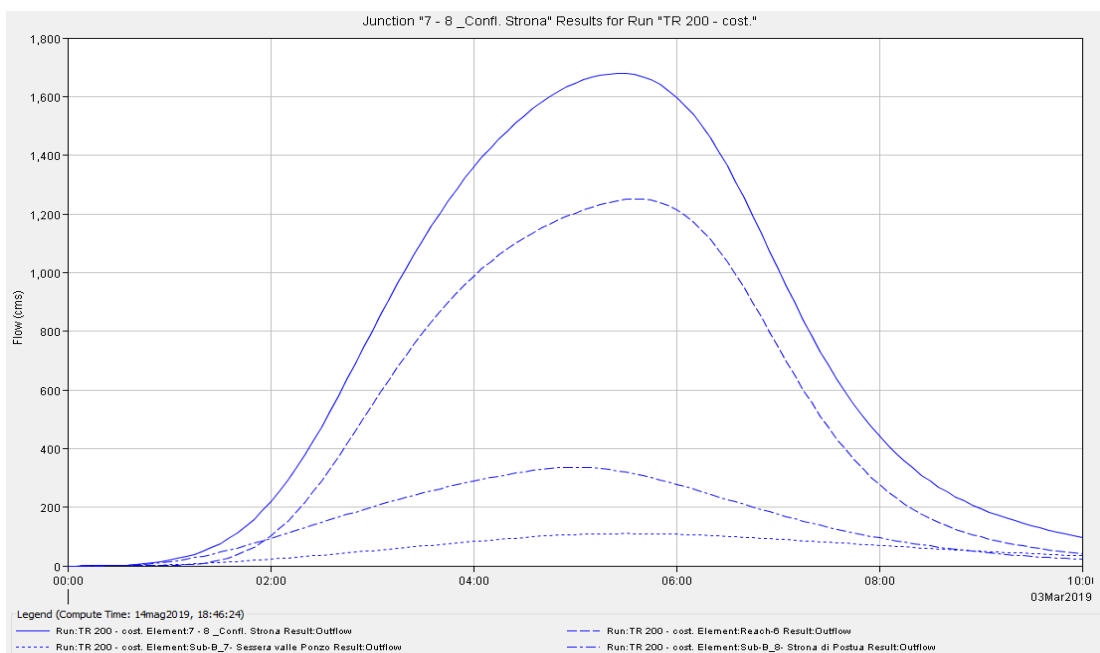


Immagine 17 - Idrogramma Tr200 anni – Confluenza Strona.

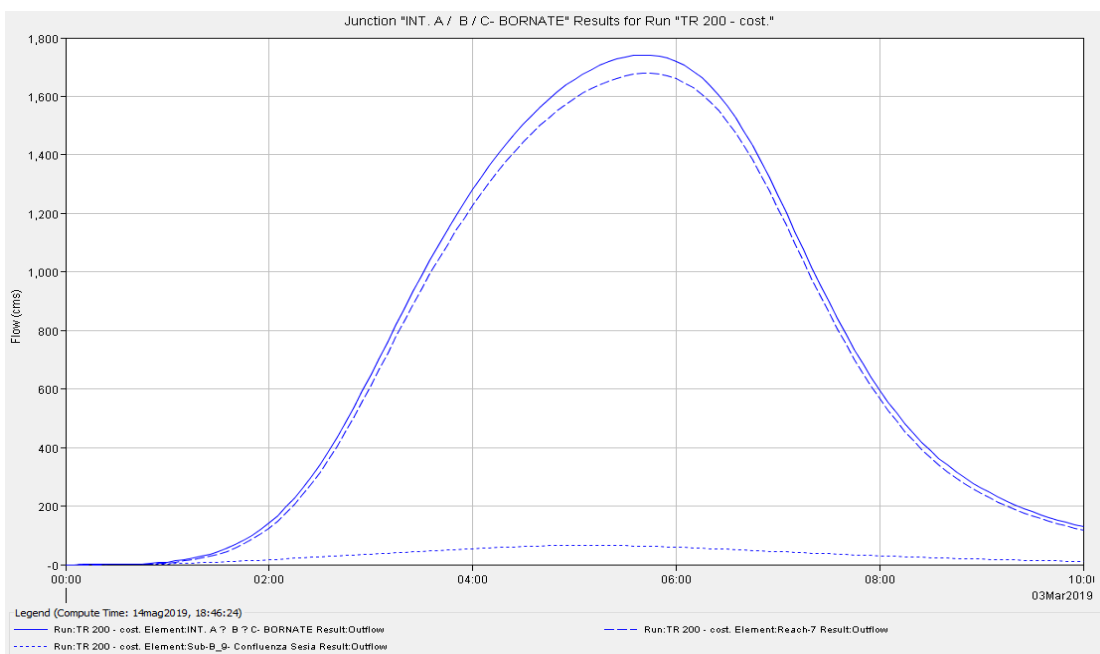


Immagine 18 - Idrogramma Tr200 anni – INT. A-B-C: BORNATE.