

**Regione Piemonte – Provincia di Torino
Comune di VIGONE**



**Indagini geologiche a supporto della
Variante Strutturale 2007 del PRG**

(studi conformi alla Circolare P.G.R. 8 maggio 1996, n. 7/LAP
e alla D.G.R. 15 luglio 2002, n. 45-6656)

ALLEGATO 2

**STUDIO PER L'ANALISI DELLA PERICOLOSITA'
TRAMITE MODELLI DI SIMULAZIONE
DELLE PIENE SUL RETICOLO
IDROGRAFICO SECONDARIO
--
AREA CONCENTRICO**

RELAZIONE

Marzo 2007

INDICE

1	PREMESSA	3
2	IL RILIEVO TOPOGRAFICO	4
3	LA SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO ADOTTATA PER I MODELLI DI SIMULAZIONE	19
4	IL MODELLO IDROLOGICO	7
4.1	CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEI BACINI E DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE	7
4.2	DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE	12
4.3	DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO	14
4.4	STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	18
5	IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI DI SIMULAZIONE IN MOTO PERMANENTE	19
5.1	Procedimento di analisi	23
5.2	MODELLO 1 - Bealera Chisonetto/Bealera Ronco	25
5.2.1	Dati di input del modello di simulazione	25
5.2.2	Sintesi dei risultati	25
5.3	MODELLO 2 – Canale Vado Peloso	27
5.3.1	Dati di input del modello di simulazione	27
5.3.2	Sintesi dei risultati	27
5.4	MODELLO 3 – Bealera dei Bastioni/Vernette	28
5.4.1	Dati di input del modello di simulazione	28
5.4.2	Sintesi dei risultati	28

Appendice :

Parte 1 - Verifiche in moto uniforme a supporto della schematizzazione di calcolo

Parte 2a: **Modello 1 – Bealera Chisonetto/Ronco** Tabelle e figure di output del modello di simulazione in moto permanente sviluppato con il codice di calcolo Hec_Ras 3.1.1

Parte 2b: **Modello 2 – Canale Vado Peloso** Tabelle e figure di output del modello di simulazione in moto permanente sviluppato con il codice di calcolo Hec_Ras 3.1.1

Parte 2c: **Modello 3 – Bealera dei Bastioni/Vernette** Tabelle e figure di output del modello di simulazione in moto permanente sviluppato con il codice di calcolo Hec_Ras 3.1.1

Parte 2d: **Modello 4 – Bealera dei Bastioni/Derivazione via Buffa** Tabelle e figure di output del modello di simulazione in moto permanente sviluppato con il codice di calcolo Hec_Ras 3.1.1

1 PREMESSA

Nel presente allegato viene illustrata la metodologia adottata ed il procedimento seguito per la realizzazione dello studio di dettaglio idrologico e di simulazione delle piene sui seguenti tratti di rete idrografica minore interferenti con il concentrico:

- **Bealera Chisonetto/Bealera Ronco:** tratto compreso tra la confluenza situata 500 m a monte del settore ovest della circonvallazione e 350 m a valle del settore est della stessa;
- **Canale Vado Peloso:** da 150 m a monte dell'attraversamento ex ferrovia alla confluenza con la Bealera Ronco in intubamento;
- **Bealera dei Bastioni:** tratto interno alla circonvallazione e compreso tra i due attraversamenti della stessa, in entrambi i rami in cui si diparte .

In particolare le analisi sono state compiute attraverso una preventiva schematizzazione di calcolo, con la definizione delle portate da utilizzare nelle simulazioni tramite analisi in moto uniforme delle portate smaltibili dagli attraversamenti con rilevati non tracimabili (che generano fenomeni di laminazione e/o partizioni delle portate) ed una successiva implementazione di quattro separati modelli idraulici in moto permanente mediante l'uso dello specifico codice di calcolo HEC - RAS (versione 3.1.1) (figura 1).

Per tali elaborazioni sono stati ricostruiti i profili di piena per condizioni di portata relativa a tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, tramite i quali sono state definite le fasce inondabili a diversa pericolosità, in conformità a quanto stabilito dall'allegato 3 della D.G.R. 15 luglio 2002, n. 45-6656.

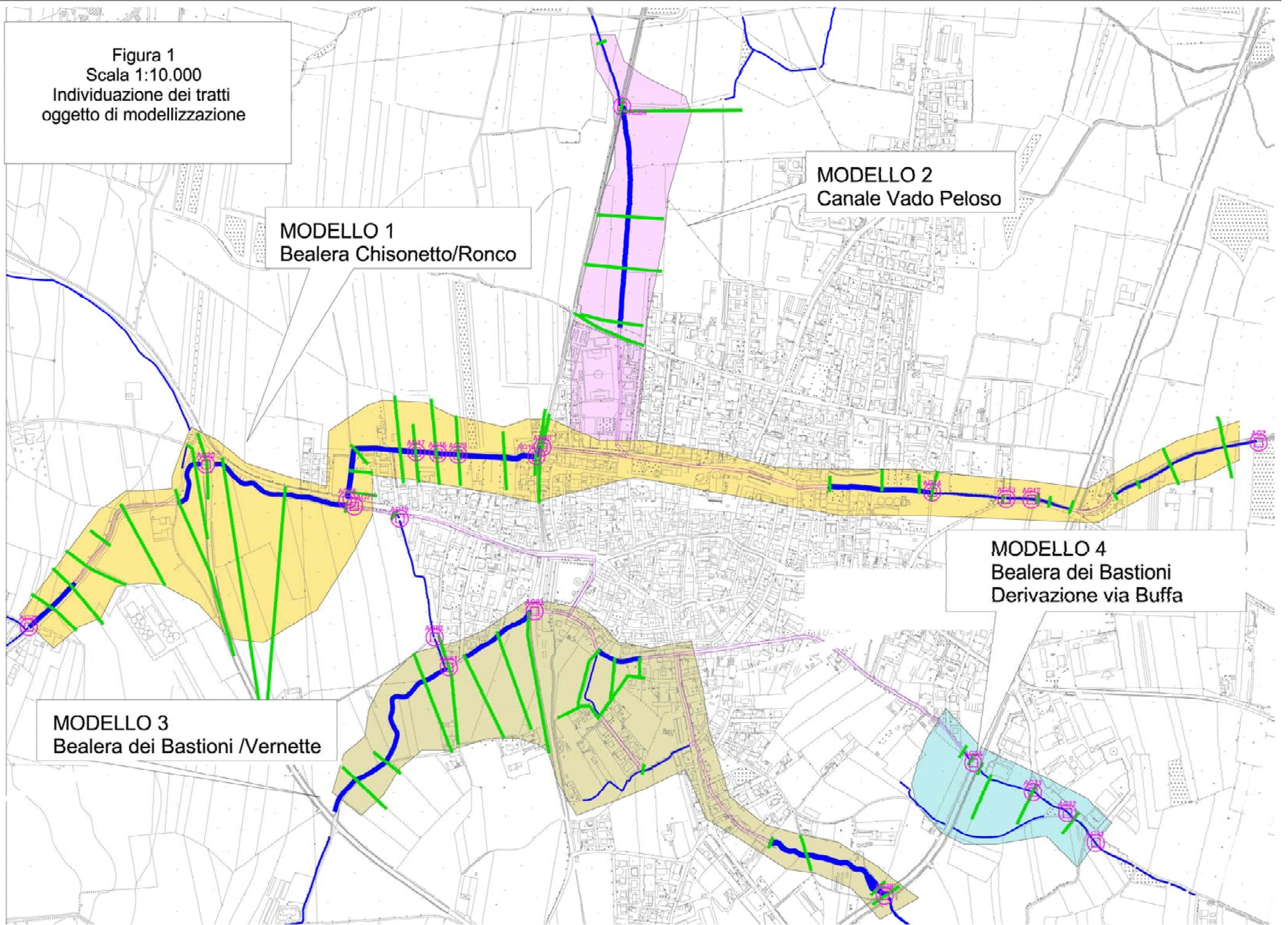
Figura 1
Scala 1:10.000
Individuazione dei tratti
oggetto di modellazione

MODELLO 1
Bealera Chisonetto/Ronco

MODELLO 2
Canale Vado Peloso

MODELLO 4
Bealera dei Bastioni
Derivazione via Buffa

MODELLO 3
Bealera dei Bastioni /Vernette



2 IL RILIEVO TOPOGRAFICO

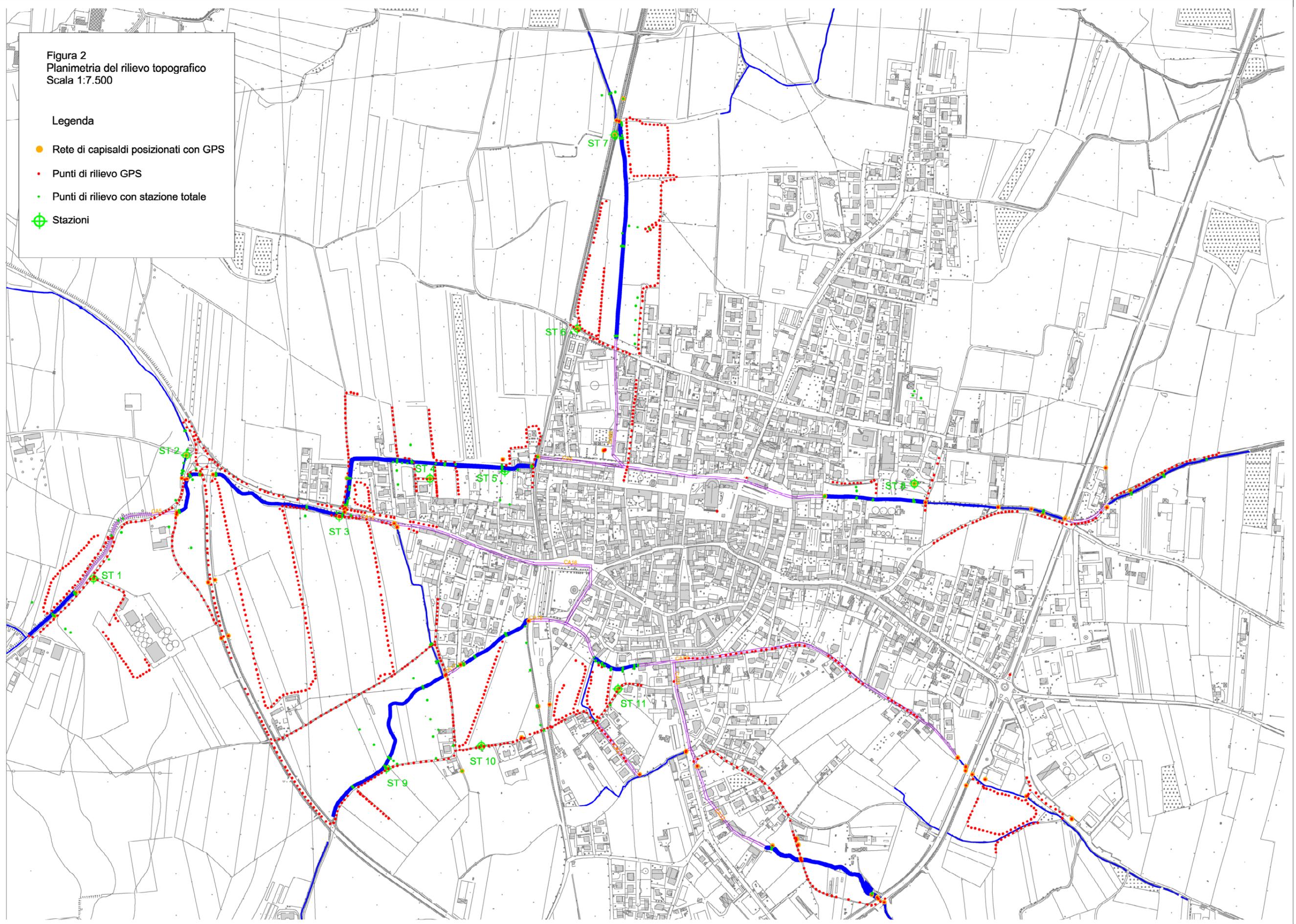
Al fine di poter costruire le sezioni idrauliche, ortogonali agli alvei dei corsi d'acqua studiati, è stato eseguito un dettagliato rilievo topografico, articolato in 4 fasi successive:

- Individuazione sul terreno delle localizzazioni per il posizionamento della stazione totale e dei punti di “aggancio” delle opere idrauliche
In tale fase, mediante il posizionamento di picchetti e di segni chiaramente visibili sul terreno, si sono individuati i punti che per ubicazione e per caratteristiche di campo visivo sono risultati adatti al posizionamento della stazione totale e all'acquisizione delle caratteristiche geometriche delle opere idrauliche.
- Acquisizione mediante GPS dei dati plano-altimetrici relativi ai punti precedentemente individuati e ai capisaldi della carta fotorestituita del Comune di Vigone
Con i dati ottenuti dalle operazioni in oggetto, oltre a creare una maglia di punti topograficamente correlati, è stato possibile “agganciare” l'intero rilievo effettuato alla base cartografica fotorestituita del Comune di Vigone.
- Acquisizione automatica dei dati topografici mediante GPS installato su mezzo in movimento.
Nei settori di territorio in corrispondenza ai quali è risultato possibile il transito con mezzo di locomozione (strade, aree con edifici isolati, ...), le caratteristiche topografiche del piano campagna sono state determinate automaticamente.
- Esecuzione del rilievo con stazione totale per l'acquisizione dei dati topografici necessari alla costruzione delle sezioni idrauliche.
Nei settori non rilevabili con metodologia automatica mediante GPS, i dati topografici sono stati determinati con l'utilizzo della stazione totale, posizionate in corrispondenza ai punti individuati durante le precedenti fasi di lavoro.

Figura 2
Planimetria del rilievo topografico
Scala 1:7.500

Legenda

- Rete di capisaldi posizionati con GPS
- Punti di rilievo GPS
- Punti di rilievo con stazione totale
- ⊕ Stazioni



3 IL MODELLO IDROLOGICO

3.1 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEI BACINI E DETERMINAZIONE DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE

Le caratteristiche morfometriche comprendono i caratteri geometrici, di superficie e di altitudine dei bacini in esame. Tali caratteristiche sono state valutate con metodologia automatica a partire da un modello digitale di elevazione in formato Grid a maglia di 50 metri di lato, costruito sui dati del D.T.M. della Carta Tecnica Regionale.

A tal fine è stata utilizzata una specifica estensione del modulo Spatial Analyst di Arcview 3.3 (basin1), che consente di produrre, a seguito della delimitazione dei bacini, una agevole e rapida elaborazione dei calcoli.

L'individuazione dei limiti dei bacini è stata effettuata mediante l'analisi incrociata dei dati del DTM e dell'altimetria riportata sulla Carta Tecnica della Provincia di Torino alla scala 1:5.000, integrata da sopralluoghi sul terreno.

Le valutazioni morfometriche sono state effettuate considerando i seguenti bacini che si attestano alla sezione di chiusura situata in prossimità della rotonda della SP 139 in località San Bernardo (Figura 3):

BACINO 1 – Fosso di Cappella Stella;
BACINO 2 – Bealera Chisonetto.

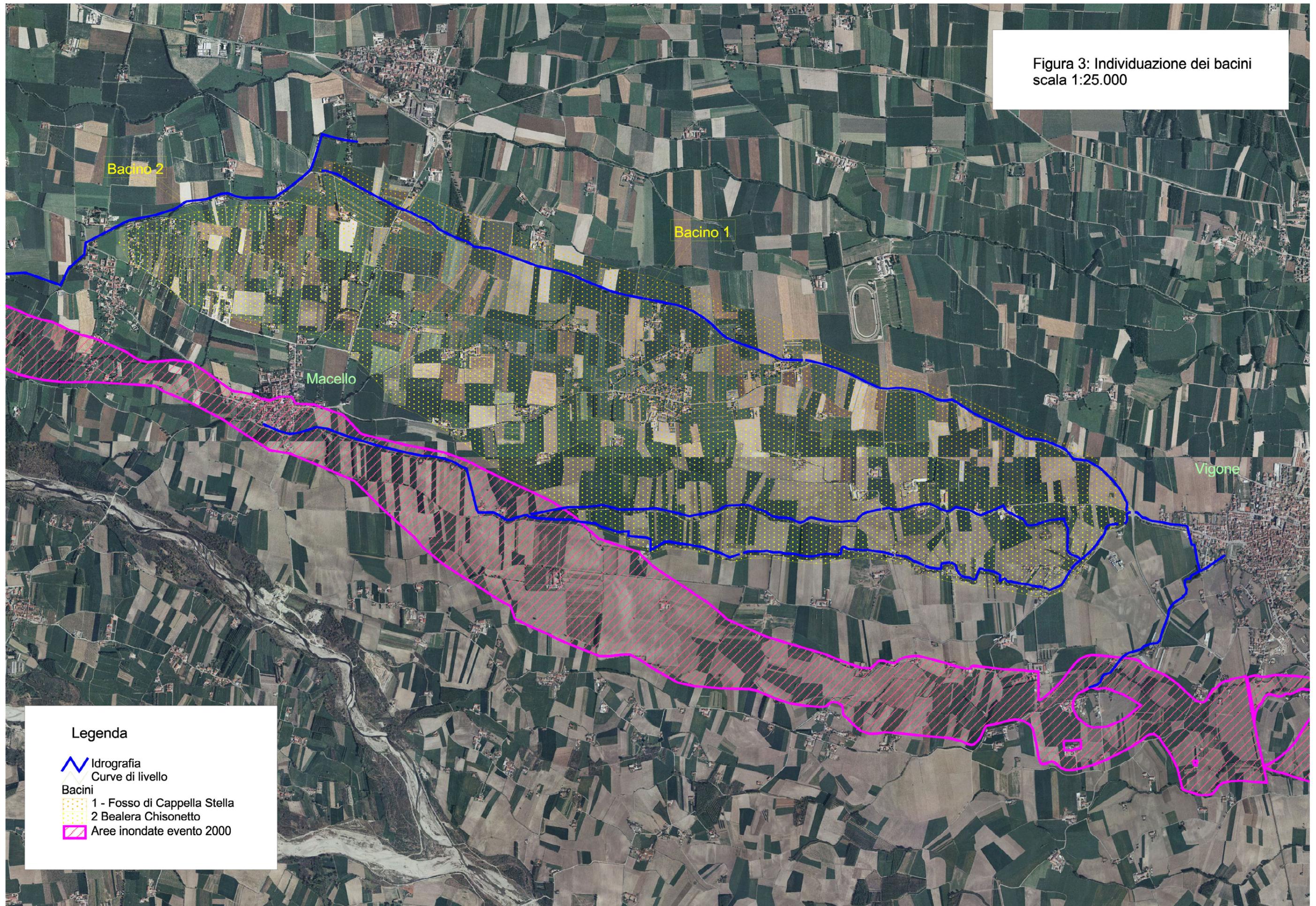
Nella seguente Tab. 1 sono sintetizzate le caratteristiche determinate.

Parametro	Unità di misura	BACINO 1	BACINO 2
		Fosso di Cappella Stella	Bealera Chisonetto
Superficie	Km ²	4,7	6,1
Lunghezza asta principale	Km	6,5	7,5
Quota media	m s.l.m.	281	284
Pendenza media del Bacino	m/m	0,0073	0,0075
Quota sezione di chiusura	m s.l.m.	260	260

Tabella 1: Caratteristiche morfometriche dei bacini individuati.

Sulla base di tali caratteristiche sono stati calcolati i tempi di corrivazione (o tempi di ritardo), utilizzando i numerosi metodi presenti in letteratura che presentano diversi livelli di adattabilità ai bacini di piccole dimensioni.

Figura 3: Individuazione dei bacini
scala 1:25.000



Legenda

-  Idrografia
-  Curve di livello
- Bacini**
-  1 - Fosso di Cappella Stella
-  2 Bealera Chisonetto
-  Aree inondate evento 2000

Viparelli:	$t_c = L/3,6$
Ventura (1905):	$t_c = 0,127 (A/p)^{0,5}$
Pezzoli (1970):	$t_c = 0,055 L/(p)^{0,5}$
Pasini:	$t_c = 0,108 (A.L)^{1/3} (p)^{-0,5}$
Puglisi (1978):	$t_c = 6 L^{2/3} (H_{max} - H_0)^{-1/3}$

Con :

t_c = tempo di corrivazione (ore);

A = superficie del bacino (Kmq);

p = pendenza media

L = lunghezza dell'asta principale (km);

H_{max} = altezza massima del bacino

H_0 = altezza della sezione di chiusura (m).

	Fosso di	Bealera
	Cappella Stella	Chisonetto
VIPARELLI	1,8	2,1
VENTURA	3,3	3,7
PEZZOLI	4,3	4,9
PASINI	4,0	4,6
PUGLISI	5,8	5,9

Tabella 2: Valori del tempo di corrivazione in ore.

E' tuttavia da considerare che l'assetto morfologico dei bacini individuati, caratteristico di un settore di alta pianura in prossimità di uno sbocco vallivo principale, non si adatta alle valutazioni che si possono effettuare in un bacino collinare o montano, dove la rete idrografica naturale si colloca nei punti di minor quota ed è nella condizione di concentrare i deflussi; in aree di pianura la rete idrografica, di norma profondamente antropizzata, può essere anche scarsamente correlata con l'assetto morfologico naturale e con le possibilità di alimentazione locale.

Nel caso del bacino 2 le rete idrografica risulta addirittura assente per la parte posta a quote superiori a 280 m.

In un contesto così caratterizzato è lecito attendersi che in caso di precipitazioni eccezionali, i deflussi si possano concentrare principalmente nelle aree depresse che rappresentano verosimilmente i relitti di antichi tracciati fluviali del torrente Lemina o del torrente Chisone; sintomatico di tale comportamento è quanto avvenuto nella fascia depressa situata immediatamente a sud nel corso dell'evento dell'ottobre 2000, dove per effetto di una tracimazione del torrente Chisone, si è prodotta una vasta fascia di inondazione che ha

utilizzato solo marginalmente i canali irrigui ed è stata caratterizzata da un picco di piena che si è traslato da ovest verso est con velocità relativamente basse.

Utilizzando per analogia tale fenomeno, si possono allora fare valutazioni maggiormente realistiche dei tempi di corrivazione; dal momento che il picco di piena è transitato nel concentrico di Macello nel tardo pomeriggio del 15 ottobre ed ha prodotto i maggiori livelli idrometrici in località c.na Palesetto (comune di Vigone) alle ore 8 del 16 ottobre, è possibile determinare una velocità di circa 0,55 km/ora.

Se si utilizza tale velocità anche per i bacini considerati, caratterizzati da pendenze ed uso del suolo del tutto analoghi, si ottengono i seguenti valori del tempo di corrivazione:

Bacino 1 $t_c = 11,8$ ore
Bacino 2 $t_c = 13,6$ ore

3.2 DETERMINAZIONE DELLE ALTEZZE DI PRECIPITAZIONE

La determinazione delle portate affluenti ad una determinata sezione di chiusura, in assenza di una serie storica di misure dirette su sezioni strumentate con idrometro, deve necessariamente passare attraverso metodi indiretti, che consentono di ottenere i valori della lama d'acqua defluita in funzione delle precipitazioni affluite al bacino preso in considerazione. Pertanto, prima di determinare i valori di portata è stato necessario determinare i valori di altezza di precipitazione, procedimento effettuato sfruttando le metodologie e i dati contenuti nella "Direttiva Piene di progetto" dell'Autorità di Bacino.

Per la suddetta direttiva la previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Si ricorda che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

con

h = altezza di pioggia (in mm) per precipitazioni di durata t

t = durata della precipitazione (in ore)

a , n = parametri dimensionali che dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Per determinare le curve di probabilità pluviometrica per i bacini considerati, sono stati utilizzati i dati regionalizzati dell'Autorità di Bacino, che ha prodotto sull'intero bacino del Po un'interpolazione dei parametri "a" e "n" e fornito una distribuzione discreta degli stessi su una griglia quadrata di 2 km di lato.

Tale interpolazione ha utilizzato le serie storiche delle precipitazioni intense riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano (Parte I, tabella III) relative ai massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1, 3, 6, 12, 24 ore consecutive. L'intervallo di durata tra 1 e 24 ore rappresenta il campo entro cui sono da ricercare le durate critiche per la maggior parte dei corsi d'acqua per i quali la stima della portata di piena può essere effettuata tramite l'utilizzo delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica.

La stima dei parametri delle curve di probabilità pluviometrica è stata effettuata sfruttando la legge del valore estremo del primo tipo (EV1 o di Gumbel), sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per le durate considerate, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni.

I valori indicati costituiscono riferimento per le esigenze connesse a studi e progettazioni che, per dimensioni e importanza, non possano svolgere direttamente valutazioni idrologiche più approfondite a scala locale.

L'elaborazione è stata realizzata sfruttando le funzionalità GIS ed effettuata sulla base delle seguenti espressioni.

$$a_{\text{bacino 1}} = \sum \frac{S_1 \cdot a_1 + S_2 \cdot a_2 + \dots + S_n \cdot a_n}{S_{\text{tot}}}$$

$$n_{\text{bacino 1}} = \sum \frac{S_1 \cdot n_1 + S_2 \cdot n_2 + \dots + S_n \cdot n_n}{S_{\text{tot}}}$$

Dove

S_1 = superficie del quadrato o della porzione di quadrato

a_1, n_1 = parametri riferiti al quadrato 1

S_{tot} = superficie del bacino

I valori calcolati sono riportati nella sottostante tabella 3.

	TR = 10 anni		TR = 20 anni		TR = 50 anni		TR = 100 anni		TR = 200 anni		TR = 500 anni	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
Bacino 1	43,30	0,314	50,06	0,311	58,86	0,305	65,47	0,301	71,17	0,302	80,73	0,295
Bacino 2	43,27	0,322	50,00	0,319	58,75	0,314	65,32	0,310	71,03	0,311	80,51	0,304

Tabella 3: Parametri “a” ed “n” interpolati dai dati regionalizzati dell’Autorità di Bacino, riferiti ai bacini individuati

Sulla base dei tempi di corrivazione determinati in precedenza, sono state calcolate, per ciascun tempo di ritorno, le altezze di precipitazione “critica” corrispondente alla pioggia di durata pari al tempo di corrivazione. Tali valori sono stati riportati in Tab. 4.

	Bacino 1	Bacino 2
	(altezza in mm)	(altezza in mm)
TR = 20 anni	108	115
TR = 50 anni	125	133
TR = 100 anni	138	147
TR = 200 anni	150	160
TR = 500 anni	167	178

Tabella 4: Altezze di precipitazione critica (in mm).

3.3 DETERMINAZIONE DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

La stima del coefficiente di deflusso è estremamente difficoltosa e costituisce il maggior elemento di incertezza nella valutazione della portata. Il parametro, infatti, tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media della pioggia (tipo di terreno, grado di saturazione dello stesso, tipo di copertura vegetale e pendenza); si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, che spesso sono adattabili con difficoltà alle effettive condizioni del bacino in studio. Le valutazioni derivanti dalla letteratura indicano univocamente che il valore del coefficiente di deflusso in un dato bacino varia in modo consistente da evento ad evento, in funzione delle differenti condizioni di imbibizione del suolo antecedenti l'evento stesso. Uno dei metodi più utilizzati ed attualmente considerato tra i più appropriati e scientificamente testati riportati in letteratura è il "Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method" proposto dal S.C.S. del Dipartimento dell'Agricoltura statunitense nel 1972.

L'equazione usata per calcolare il runoff è la seguente:

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S}$$

Q = valore del ruscellamento superficiale ("runoff") in inches [Pollici 1 inc = 2.54 cm];

P = volume affluito con la precipitazione ("rainfall") in inches;

S = massima quantità di acqua assorbita dopo l'inizio del runoff (inches)

I_a = fattore iniziale di ritenzione.

Il fattore iniziale di ritenzione (I_a) include tutte quelle perdite prima dell'inizio del runoff, e include l'acqua ritenuta in depressioni naturali, quella trattenuta dalla vegetazione, evaporazione e infiltrazioni. Questo fattore, correlato alle caratteristiche del terreno ed alla sua copertura, è comunque solitamente caratterizzato da un valore prossimo al 20% di S.

$$I_a = 0.2 * S$$

Questa relazione è stata determinata attraverso l'osservazione di numerosi piccoli bacini.

Ponendo il valore di I_a uguale al 20% di S si ha la seguente semplificazione dell'equazione generale:

$$Q = \frac{(P-0.2*S)^2}{(P+0.8*S)}$$

Il parametro "S" è rappresentato attraverso la relazione delle curve di runoff (CN), che variano tra 0 e 100. Il numero della curva di runoff descrive in percentuale quanta dell'acqua caduta al suolo contribuirà al deflusso superficiale. Pertanto, un'area completamente pavimentata avrà come numero di curva di riferimento un valore molto alto ad esempio 99 mentre un campo coltivato potrà avere quale riferimento la curva numero 35.

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Se si vuole esprimere S in mm è necessario utilizzare la seguente conversione:

$$S=254*[(100/CN)-1]$$

CN è determinato attraverso differenti fattori. I più importanti sono la determinazione della tipologia di suolo in riferimento al “hydrologic soil group (HSG)” che suddivide il terreno in quattro categorie A, B, C e D, il tipo di copertura di suolo, l’uso del suolo, le condizioni idrologiche, il susseguirsi dell’evento meteorico ad eventi precedenti, la pendenza del suolo interessati, il sistema di drenaggio eventualmente presente.

Per determinare CN innanzitutto è stato valutato il tipo di suolo interessato in relazione alle caratteristiche dello stesso, secondo i parametri della tabella sotto riportata. Sulla base delle conoscenze geologiche del bacino, caratterizzato da prevalenti depositi grossolani connessi al conoide alluvionale del torrente Chisone, si è scelto il tipo B.

TIPO	DESCRIZIONE
A	Scarsa potenzialità di deflusso superficiale-banchi spessi di sabbia, anche con piccole percentuali di limo e argilla; banchi spessi di ghiaie, materiali incoerenti in genere
B	Bassa potenzialità di deflusso superficiale-banchi di medio spessore di sabbie o ghiaie, con maggior propensione alla saturazione
C	Potenzialità di deflusso superficiale medie-banchi di sabbia o ghiaie sottili, con sottostante substrato argilloso impermeabile, sabbie con argilla e limi
D	Potenzialità di deflusso superficiale molto alta-argille con alta capacità di rigonfiamento, in genere materiali impermeabili in superficie

Tabella 5: Classi di permeabilità in funzione delle tipologie di substrato (metodo S.C.S.) .

Determinato il tipo di suolo occorre valutare le condizioni iniziali di imbibizione del terreno attribuendo allo stesso una classe AMC (Antecedent Moisture Condition) definita di seguito:

CLASSE A.M.C.	PIOGGIA TOTALE NEI 5 GIORNI PRECEDENTI L'EVENTO	
	STAGIONE DI RIPOSO VEGETATIVO (AUTUNNO-INVERNO)	STAGIONE DI CRESCITA (PRIMAVERA-ESTATE)
I	<13mm	<36mm
II	Tra 13mm e 28mm	Tra 36mm e 53mm
III	>28mm	>53mm

Tabella 6: Classe AMC (SCS method)

E' stato valutato quindi in base alle condizioni copertura vegetale, il valore del CN per la seconda Classe di AMC (CN_{II}) in base alla seguente tabella (Suolo coltivato senza trattamenti).

CN _{II}	CATEGORIA DEL SUOLO			
	A	B	C	D
Copertura vegetale				
Pascolo in cattive condizioni (copertura vegetale < del 50% ed elevato sfruttamento)	68	76	86	89
Pascolo in discrete condizioni (copertura tra il 50% ed il 75%, modesto sfruttamento)	49	69	79	84
Pascolo in buone condizioni (copertura tra > del 75%, sfruttamento saltuario)	39	61	74	80
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	≤30	58	71	78
Sterpaglie in cattive condizioni (copertura < del 50%)	48	67	77	83
Sterpaglie in discrete condizioni (copertura tra il 50% ed 75%)	35	56	70	77
Sterpaglie in buone condizioni (copertura >del 75%)	30	48	65	73
Bosco in cattive condizioni (sottobosco scarso)	45	66	77	83
Bosco in discrete condizioni (presenza di sottobosco anche soggetto a sfruttamento, ma al riparo dagli incendi)	36	60	73	79
Bosco in buone condizioni (presenza di sottobosco protetto)	25	55	70	77
Aree industriali con permeabilità inferiore al 72%	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media > del 65%	77	85	90	92
Aree residenziali con impermeabilità media tra il 65% ed il 60%	57	72	81	86
Aree residenziali con impermeabilità media tra il 60% ed il 20%	51	68	79	84
Suolo coltivato con trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Suolo coltivato senza trattamenti	62	71	78	81

Tabella 7: Valore del CN per zone umide (Classe AMC II) in funzione del tipo di suolo e delle condizioni di uso e copertura vegetale.

Il valore di CN_{II} riportato è valido per pendenze del 5% per pendenze diverse il valore del CN_{II} può essere raggugliato con la seguente espressione:

$$CN_{iis} = 1/3 * (CN_{III} - CN_{II}) [1 - 2^{(-13.86 i)}] + CN_{II}$$

dove:

CN_{II} è il valore del Curve Number di tabella 2.6 in funzione della tipologia di suolo e dell'uso dello stesso, CN_{III} è il valore del CN per le condizioni di imbibizione iniziali bagnate del terreno e riferite alla classe AMC III, CN_I condizioni iniziali aride, classe AMC I, i è la pendenza media del bacino.

CN_I e CN_{III} , sono correlate al valore di CN_{II} dalle seguenti espressioni:

$$CN_I = CN_{III} - [20 * (100 - CN_{II})^{(2.5333 - 0.0636 * (100 - CN_{II}))}]$$

$$CN_{III} = CN_{II} + CN_{II}^{(0.00673 * (100 - CN_{II}))}$$

I valori calcolati con tale metodo sono riportati nella sottostante tabella 8.

CLASSE DI PERMEABILITA' SCS TIPO A						
	Bacino 1			Bacino 2		
	h (mm)	Q (mm)	C	h (mm)	Q (mm)	C
TR = 20 anni	108	30	0,27	115	34	0,30
TR = 50 anni	125	40	0,32	133	46	0,34
TR = 100 anni	138	49	0,36	147	55	0,38
TR = 200 anni	150	58	0,38	160	65	0,41
TR = 500 anni	167	70	0,42	178	79	0,44

Tabella 8: Coefficienti di deflusso (C) in funzione dei tempi di ritorno (metodo S.C.S.) .

3.4 STIMA DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

In assenza di stazioni di misura dirette di tale portata, è stato necessario adottare dei procedimenti indiretti che, partendo dalla valutazione degli afflussi, attraverso l'uso di formule empiriche, consentono di determinare i relativi deflussi caratteristici del bacino in esame.

Nel caso in esame, sono stati confrontati i valori di portata forniti dal metodo cinematico o razionale basato sulle caratteristiche fisiografiche del bacino, sul suo tempo di corrivazione, sulla natura litologica dei terreni e sulle caratteristiche pluviometriche.

I tempi di corrivazione sono stati calcolati in precedenza.

Formula del metodo razionale

$$Q = \frac{C \cdot h \cdot S}{3,6 \cdot T_c}$$

in cui:

C = coefficiente di deflusso

h = altezza ragguagliata (pari all'altezza di precipitazione relativa al tempo di corrivazione, per assegnato tempo di ritorno)

S = superficie del bacino

T_c = tempo di corrivazione

Pertanto, le portate ottenute con il metodo sopracitato ed utilizzando le piogge calcolate, sono risultate le seguenti (per i vari tempi di ritorno):

	TR=50	TR=200	TR=500
Bacino 1	4,5	6,4	7,8
Bacino 2	5,7	8,1	9,8

Tabella 9: Portate (in m³/s) alle sezioni di chiusura dei bacini individuati

4 LA SCHEMATIZZAZIONE DI CALCOLO ADOTTATA PER I MODELLI DI SIMULAZIONE

Al fine di definire in modo corretto e realistico le portate defluenti nei diversi segmenti dei corsi d'acqua oggetto di indagine, a monte dell'implementazione dei modelli idraulici in moto permanente sono state effettuate valutazioni in moto uniforme sulle sezioni degli attraversamenti posti in corrispondenza a rilevati insormontabili o in corrispondenza a settori contraddistinti da particolarità morfologiche tali da determinare la sottrazione di parte della portata dall'asta in esame.

Allo stesso modo sono stati caratterizzati gli apporti provenienti da confluenze di altri corsi d'acqua.

Secondo le modalità sopra descritte, una volta valutate le massime portate smaltibili da alcune sezioni critiche e quantificati gli apporti provenienti da corsi d'acqua confluenti, sono state individuate le massime portate defluenti nei diversi segmenti studiati.

Esaminando nel dettaglio il modello idraulico relativo alla Bealera Chisonetto, le portate "naturali" definite su base idrologica vengono in parte smaltite dall'asta ed in parte vanno ad alimentare una vasta area di laminazione (AL1), posta in sponda destra e delimitata verso valle dal rilevato della circonvallazione; a tal proposito la sezione 6 (CA20) risulta in grado di smaltire una portata massima di 6 mc/s, risultando insufficiente ed alimentando l'area di laminazione già con la portata relativa al TR50.

A valle della circonvallazione, in corrispondenza alla sezione idraulica 22.3, la portata di 6 mc/s viene ripartita in due aliquote, delle quali quella pari a 2,1 mc/s non viene smaltita dall'asta e va ad alimentare un affluente di sinistra della Bealera dei Bastioni (Scaricatore Chisonetto).

In corrispondenza alla sezione idraulica 20, una ulteriore riduzione della capacità di smaltimento dell'alveo della Bealera Chisonetto, consente un deflusso massimo di 3,6 mc/s.

Un incremento di portata si riscontra in corrispondenza alla parte centrale del tratto tombinato il cui imbocco è posto in corrispondenza al rilevato della ex-ferrovia Airasca – Saluzzo; infatti, per l'apporto proveniente dal Canale Vado Peloso la portata sulla Bealera Chisonetto passa da 3,6 a 4,3 mc/s; allo sbocco di valle del tratto tombinato in oggetto, la portata dell'asta principale si riduce di 0,1 mc/s in virtù della presenza di un'area di laminazione sulla sponda sinistra (AL3).

Per ciò che concerne il Canale Vado Peloso, la portata di 3,5 mc/s defluente attraverso la sezione dell'attraversamento di sezione 4.25, risulta ridursi fino a 0,7 mc/s in corrispondenza alla sezione idraulica 4.1: a causa di una sezione d'alveo abbondantemente insufficiente (sponda sinistra bassa) buona parte dei deflussi provenienti da monte abbandonano l'asta principale, andando ad alimentare un "basso morfologico" grossomodo orientato parallelamente al corso del Torrente Lemina.

La portata residua (0,7 mc/s), attraverso il tratto tombinato CA20, concorre ad alimentare la Bealera Chisonetto.

Per quanto riguarda la Bealera dei Bastioni, nel tratto posto a monte del rilevato della ex-ferrovia Airasca – Saluzzo il deflusso di base, vincolato alla capacità di smaltimento della sezione d'alveo nel tratto immediatamente a valle del rilevato della circonvallazione, risulta incrementato dagli afflussi provenienti dalla Bealera Chisonetto: in virtù dell'attivazione differenziata dei due forni relativi al rilevato della circonvallazione, la portata della Bealera dei Bastioni risulta incrementata di 1 mc/s per il TR50 ($Q_{50} = 3,7$ mc/s) e di 2 mc/s per il

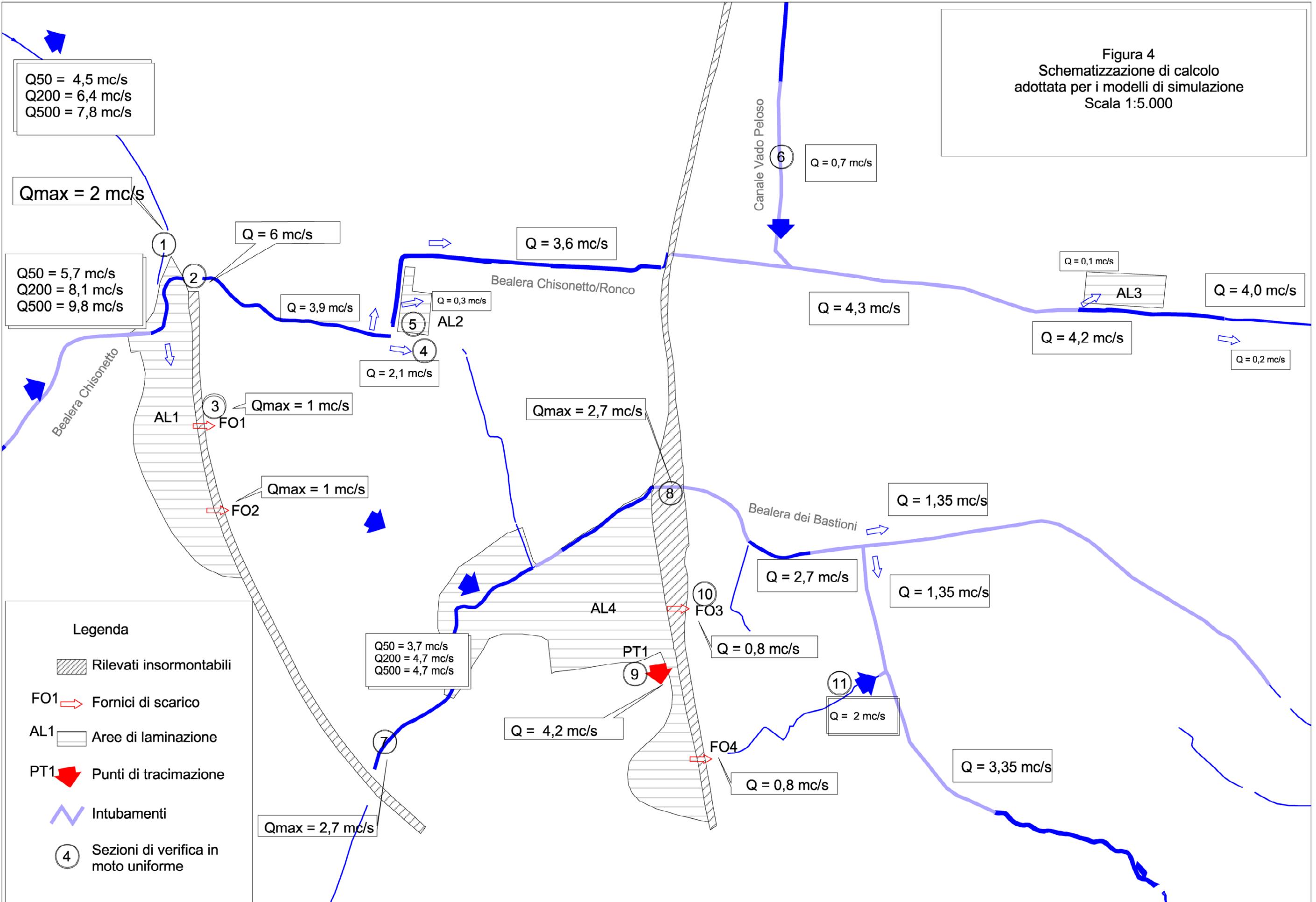
TR200 ($Q_{200} = 4,7$ mc/s). A tali apporti, in corrispondenza alla sezione idraulica 12.4, si ha un incremento di portata ulteriore, pari a 2,1 mc/s e legato alla confluenza in sponda sinistra dello Scaricatore Chisonetto.

In corrispondenza al rilevato della ex-ferrovia Airasca – Saluzzo, la presenza di una sezione in grado di smaltire esclusivamente 2,7 mc/s (AG83), causa lo sviluppo di un'ampia area di laminazione (AL4), posta in sponda destra alla Bealera dei Bastioni e limitata a valle dal rilevato della ferrovia stesso.

Nel tratto ubicato a valle della ex-ferrovia, la portata di 2,7 mc/s risulta dimezzarsi in corrispondenza al tratto tombinato CA23, in virtù di una ramificazione del corso d'acqua. Nella porzione terminale del medesimo tratto tombinato, si verifica un aumento di portata pari a 2 mc/s legato alla presenza di una confluenza in sponda destra (verifica in moto uniforme n. 11 – CA22).

Per quanto riguarda il ramo settentrionale che, in corrispondenza al tratto tombinato CA23, si separa dalla Bealera dei Bastioni, la portata di 1,35 mc/s, valutata in corrispondenza al punto di derivazione, si incrementa fino 2,5 mc/s nel segmento coperto in virtù degli apporti provenienti dalla rete fognaria.

Figura 4
 Schematizzazione di calcolo
 adottata per i modelli di simulazione
 Scala 1:5.000



Legenda

- Rilevati insormontabili
- FO1 Fornici di scarico
- AL1 Aree di laminazione
- PT1 Punti di tracimazione
- Intubamenti
- 4 Sezioni di verifica in moto uniforme

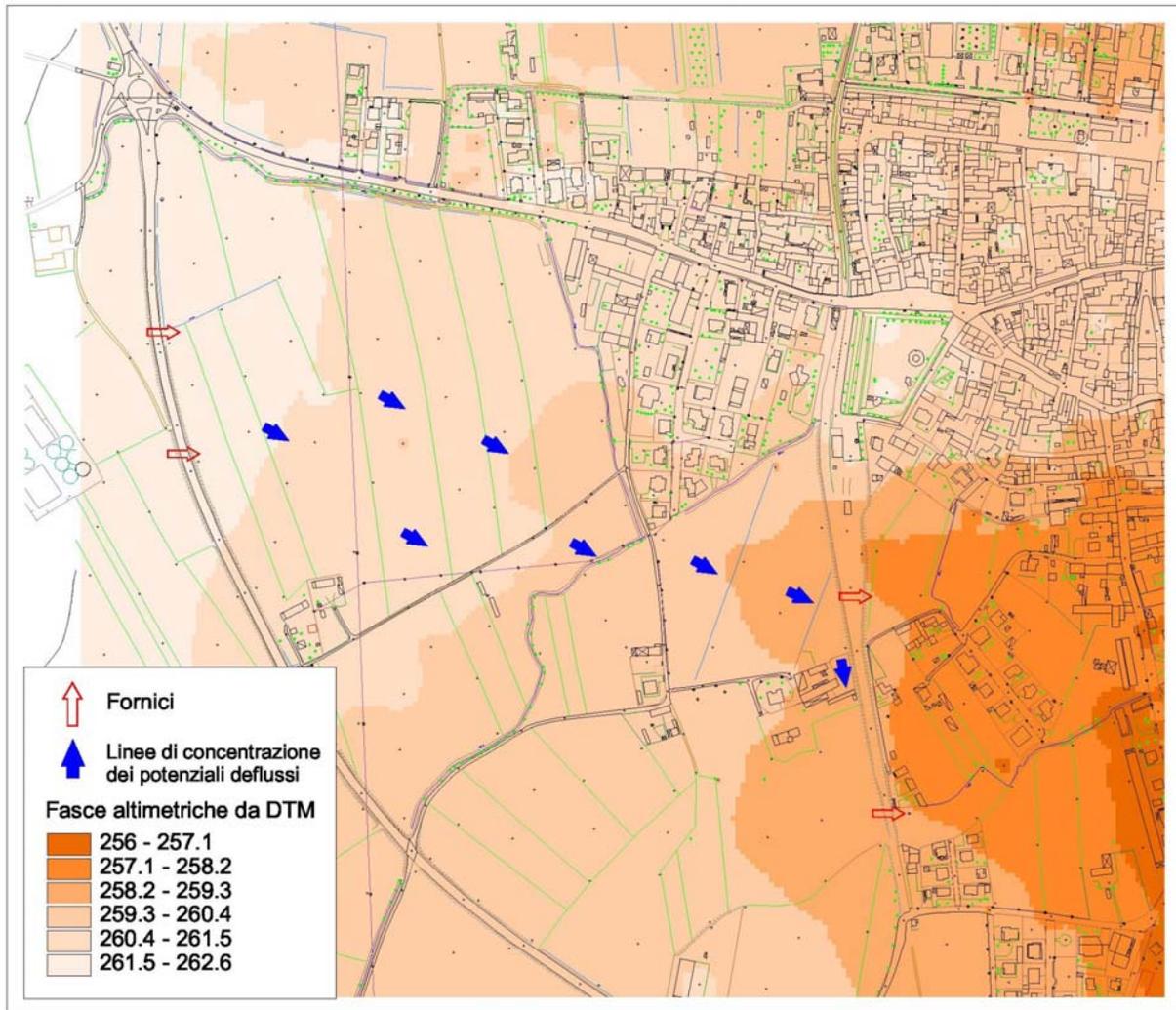


Figura 5: *La ricostruzione dell'assetto morfologico dell'area a monte del concentrico, prodotto attraverso la creazione di un DTM che interpola i dati del rilievo effettuato e le quote della cartografia comunale fotorestituita, consente di visualizzare le direzioni di deflusso delle eventuali acque di esondazione, controllate dai rilevati insormontabili della circonvallazione e della ex-ferrovia e dai fornicci in essi presenti.*

5 IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI DI SIMULAZIONE IN MOTO PERMANENTE

5.1 Procedimento di analisi

La determinazione del profilo di moto permanente nel tratto d'alveo in esame è stata condotta mediante l'uso dello specifico codice di calcolo HEC - RAS (U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center; versione 3.1).

La procedura utilizzata dal codice citato è basata sulla risoluzione dell'equazione del moto delle correnti a pelo libero nella schematizzazione monodimensionale. Il calcolo delle perdite di carico è effettuato mediante l'equazione di Manning. Nella letteratura anglosassone la procedura in questione è indicata come Standard Step Method.

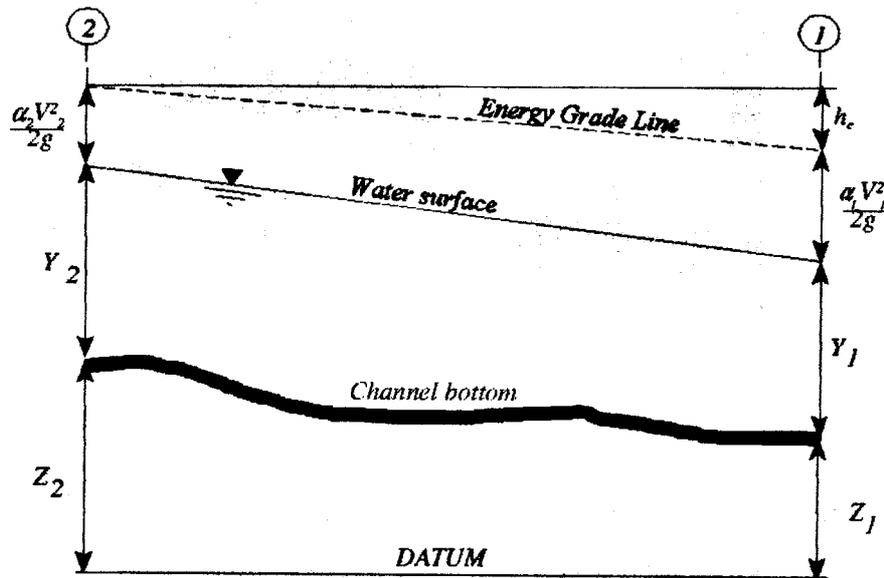


Figura 7: rappresentazione dei termini delle equazioni del codice di calcolo

Le equazioni fondamentali su cui essa si basa sono le seguenti:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 V_2^2 / 2g = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 V_1^2 / 2g + h_e$$

$$h_e = L S_f + C / \alpha_2 V_2^2 / 2g - \alpha_1 V_1^2 / 2g /$$

dove (con riferimento alla Fig. 7):

Y_1, Y_2 = profondità della corrente nelle sezioni agli estremi del tratto
 Z_1, Z_2 = quote del punto più basso del fondo alveo nelle sezioni agli estremi del tratto
 V_1, V_2 = velocità medie (rapporto portata / sezione bagnata)
 α_1, α_2 = coefficienti di ragguaglio dell'energia cinetica
 g = accelerazione di gravità
 h_e = perdita di carico
 L = lunghezza del tratto (corretta secondo la distribuzione delle portate)
 S_c = cadente del carico totale
 C = coefficiente di perdita per contrazione - espansione.

Il calcolo è eseguito iterativamente a partire da una condizione al contorno (all'estremo di monte o di valle del tronco fluviale); la soluzione si propaga alla sezione successiva dopo aver bilanciato il carico fra due sezioni contigue con uno scarto assegnato, che nel caso in esame è stato posto inferiore a 5 centimetri.

Per i dettagli computazionali si rimanda alla documentazione del codice di calcolo (U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center: HEC-RAS River Analysis System, HYDRAULIC REFERENCE MANUAL; Version 3.1).

L'applicazione della procedura per la determinazione del profilo di moto permanente associato alle portate di progetto richiede di disporre dei seguenti dati fondamentali, necessari per una corretta modellazione del corso d'acqua:

- descrizione geometrica completa del tronco fluviale: deve essere costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni trasversali e dal loro posizionamento piani - altimetrico;
- definizione del tipo di corrente (lenta o veloce) nel tronco;
- condizioni al contorno di valle o di monte, rispettivamente per correnti lente o veloci;
- caratterizzazione della resistenza dell'alveo mediante la definizione del coefficiente di scabrezza n (secondo Manning) e dei coefficienti di contrazione C_c e di espansione C_e ;
- definizione geometrica ed idraulica di eventuali singolarità presenti in alveo (ponti, confluenze, salti di fondo, etc.).

5.2 MODELLO 1 - Bealera Chisonetto/Bealera Ronco

5.2.1 Dati di input del modello di simulazione

Il tratto di corso d'acqua studiato è stato analizzato sulla base di 33 sezioni ortogonali all'asta principale, opportunamente integrate con operazioni di interpolazione in corrispondenza alle criticità geometriche (attraversamenti, tratti tombinati, ...).

Per quanto riguarda il tipo di corrente, sulla base delle caratteristiche di pendenza del fondo, è stata attribuita una tipologia di corrente mista (variabile da lenta o subcritica a veloce o supercritica).

Agli estremi di monte e di valle del tratto oggetto di studio la condizione al contorno è rappresentata dalla transizione attraverso la profondità critica.

Per la caratterizzazione della scabrezza dell'alveo e delle aree circostanti, da esprimere in termini del coefficiente n di Manning (in $m^{-1/3} \cdot s$), si è fatto ricorso ai valori riportati in varie tabelle disponibili in documentazione bibliografica.

Per le sezioni d'alveo i valori di tale parametro sono stati imposti, in genere, pari a 0.02 (valore valido per corsi d'acqua artificiali o naturali fortemente modificati da attività antropica); per le aree esterne all'alveo, interessabili dal flusso idrico, sono stati posti valori di 0.038, che caratterizzano aree verdi, con coltivazioni cerealicole, sparsi cespugli e tratti di vegetazione rada ad alto fusto, e valori di 0.045 in corrispondenza alle aree nelle quali il flusso idrico interferisce con settori urbanizzati; in corrispondenza ai tratti tombinati, il coefficiente "n" è stato imposto uguale a 0,015, valore valido per superfici in calcestruzzo.

Per quanto riguarda invece i coefficienti di espansione e contrazione, il loro valore è stato attribuito caso per caso in funzione delle caratteristiche della coppia di sezioni contigue, rispettivamente nel campo 0.1 / 0.6 per C_c e 0.3 / 0.8 per C_e , con valori tanto più elevati dei coefficienti quanto più brusche sono le variazioni di forma e dimensioni delle sezioni.

5.2.2 Sintesi dei risultati

Applicando la metodologia illustrata nel paragrafo precedente è stata effettuata la simulazione, in moto permanente, del deflusso nel tratto esaminato.

I risultati dei calcoli sono riportati in Appendice 2a (tabella riassuntiva dei profili longitudinali per la portata di progetto e relazione di calcolo dettagliata), dove sono riportati gli elaborati grafici di output del modello, che consentono di descrivere il comportamento della Bealera Chisonetto.

In riferimento a quanto fornito dall'implementazione del modello in oggetto, sono emerse alcune situazioni di criticità in corrispondenza al concentrico di Vigone:

nel settore immediatamente a monte del rilevato della circonvallazione la sezione d'alveo risulta insufficiente per la portata relativa al TR50; le acque di esondazione alimentano un'area di laminazione estesa fino ad oltre 250 metri sulla sponda destra del corso d'acqua in esame; per portate relative al TR50 il settore soggetto a laminazione alimenta, oltre la sezione dell'attraversamento AG20 (insufficiente per Q_{50}), anche il fornice FO4, in grado di smaltire a valle del rilevato una portata di 1 mc/s. Per la portata relativa al TR200 oltre alle sezioni AG20 e FO1 risulta attivarsi anche il fornice FO2.

Nel tratto a valle della circonvallazione, la sezione d'alveo risulta sufficiente al deflusso della massima portata smaltibile dalla sezione AG20 fino all'altezza della sezione idraulica 21.1, in corrispondenza alla quale, parte del deflusso (0,3 mc/s) concorre all'alimentazione di una

limitata area di laminazione in sponda destra e parte viene sottratta all'asta principale convogliandosi nell'alveo dello Scaricatore Chisonetto.

Nel tratto compreso tra lo sbocco di valle della canalizzazione CA4 ed il ramo orientale della circonvallazione sono state individuate due situazioni di criticità.

Immediatamente a valle dalla canalizzazione CA4, la sezione d'alveo risulta insufficiente allo smaltimento della massima portata che fuoriesce dalla canalizzazione di cui sopra; per tale motivo, si genera un'area di laminazione, posta in sponda sinistra ed estesa fino a circa 35 metri dalla medesima.

A causa, invece, dell'insufficienza della sezione relativa all'attraversamento AG14, le acque di esondazione interessano, con tiranti medi nell'ordine dei 20 cm, un settore esteso fino ad oltre 150 metri dalla sponda destra della Bealera Chisonetto.

5.3 MODELLO 2 – Canale Vado Peloso

5.3.1 Dati di input del modello di simulazione

Il tratto di corso d'acqua studiato è stato analizzato sulla base di 5 sezioni ortogonali all'asta principale, opportunamente integrate con operazioni di interpolazione in corrispondenza alle criticità geometriche (attraversamenti, tratti tombinati, ...).

Per quanto riguarda il tipo di corrente, sulla base delle caratteristiche di pendenza del fondo, è stata attribuita una tipologia di corrente mista (variabile da lenta o subcritica a veloce o supercritica).

Agli estremi di monte e di valle del tratto oggetto di studio la condizione al contorno è rappresentata dalla transizione attraverso la profondità critica.

Per la caratterizzazione della scabrezza dell'alveo e delle aree circostanti, da esprimere in termini del coefficiente n di Manning (in $m^{-1/3}\cdot s$), si è fatto ricorso ai valori riportati in varie tabelle disponibili in documentazione bibliografica.

Per le sezioni d'alveo i valori di tale parametro sono stati imposti, in genere, pari a 0.02 (valore valido per corsi d'acqua artificiali o naturali fortemente modificati da attività antropica); per le aree esterne all'alveo, interessabili dal flusso idrico, sono stati posti valori di 0.038, che caratterizzano aree verdi, con coltivazioni cerealicole, sparsi cespugli e tratti di vegetazione rada ad alto fusto, e valori di 0.045 in corrispondenza alle aree nelle quali il flusso idrico interferisce con settori urbanizzati; in corrispondenza ai tratti tombinati, il coefficiente "n" è stato imposto uguale a 0,015, valore valido per superfici in calcestruzzo.

Per quanto riguarda invece i coefficienti di espansione e contrazione, il loro valore è stato attribuito caso per caso in funzione delle caratteristiche della coppia di sezioni contigue, rispettivamente nel campo 0.1 / 0.6 per C_c e 0.3 / 0.8 per C_e , con valori tanto più elevati dei coefficienti quanto più brusche sono le variazioni di forma e dimensioni delle sezioni.

5.3.2 Sintesi dei risultati

Applicando la metodologia illustrata nel paragrafo precedente è stata effettuata la simulazione, in moto permanente, del deflusso nel tratto esaminato.

I risultati dei calcoli sono riportati in Appendice 2b (tabella riassuntiva dei profili longitudinali per la portata di progetto e relazione di calcolo dettagliata), dove sono riportati gli elaborati grafici di output del modello, che consentono di descrivere il comportamento del Canale Vado Peloso.

Per quanto riguarda i risultati del modello relativo al corso d'acqua in esame, è stata individuata una sola situazione di criticità lungo il tratto studiato: immediatamente a valle dell'attraversamento della ex-ferrovia Airasca - Saluzzo, in corrispondenza alla sezione idraulica 4.1, la presenza di una sezione d'alveo fortemente asimmetrica, caratterizzata dalla sponda sinistra molto bassa, causa lo sviluppo di fenomeni di esondazione in sinistra al corso d'acqua stesso; attraverso un settore a morfologia depressa allungato grossomodo in direzione ovest-est ed inclinato verso est le acque fuoriuscite dall'alveo del canale in esame nel punto sopra citato vengono recapitate al settore posto immediatamente a sud del Torrente Lemina.

5.4 MODELLO 3 – Bealera dei Bastioni/Vernette

5.4.1 Dati di input del modello di simulazione

Il tratto di corso d'acqua studiato è stato analizzato sulla base di 16 sezioni ortogonali all'asta principale, opportunamente integrate con operazioni di interpolazione in corrispondenza alle criticità geometriche (attraversamenti, tratti tombinati, ...).

Per quanto riguarda il tipo di corrente, sulla base delle caratteristiche di pendenza del fondo, è stata attribuita una tipologia di corrente mista (variabile da lenta o subcritica a veloce o supercritica).

Agli estremi di monte e di valle del tratto oggetto di studio la condizione al contorno è rappresentata dalla transizione attraverso la profondità critica.

Per la caratterizzazione della scabrezza dell'alveo e delle aree circostanti, da esprimere in termini del coefficiente n di Manning (in $m^{-1/3}\cdot s$), si è fatto ricorso ai valori riportati in varie tabelle disponibili in documentazione bibliografica.

Per le sezioni d'alveo i valori di tale parametro sono stati imposti, in genere, pari a 0.02 (valore valido per corsi d'acqua artificiali o naturali fortemente modificati da attività antropica); per le aree esterne all'alveo, interessabili dal flusso idrico, sono stati posti valori di 0.038, che caratterizzano aree verdi, con coltivazioni cerealicole, sparsi cespugli e tratti di vegetazione rada ad alto fusto, e valori di 0.045 in corrispondenza alle aree nelle quali il flusso idrico interferisce con settori urbanizzati; in corrispondenza ai tratti tombinati, il coefficiente "n" è stato imposto uguale a 0,015, valore valido per superfici in calcestruzzo.

Per quanto riguarda invece i coefficienti di espansione e contrazione, il loro valore è stato attribuito caso per caso in funzione delle caratteristiche della coppia di sezioni contigue, rispettivamente nel campo 0.1 / 0.6 per C_c e 0.3 / 0.8 per C_e , con valori tanto più elevati dei coefficienti quanto più brusche sono le variazioni di forma e dimensioni delle sezioni.

5.4.2 Sintesi dei risultati

Applicando la metodologia illustrata nel paragrafo precedente è stata effettuata la simulazione, in moto permanente, del deflusso nel tratto esaminato.

I risultati dei calcoli sono riportati in Appendice 2c (tabella riassuntiva dei profili longitudinali per la portata di progetto e relazione di calcolo dettagliata), dove sono riportati gli elaborati grafici di output del modello, che consentono di descrivere il comportamento della Bealera dei Bastioni.

L'implementazione del modello in moto permanente ha messo in evidenza la presenza di alcune situazioni di criticità.

Nel settore compreso tra il ramo occidentale della circonvallazione ed il rilevato della ex-ferrovia Airasca - Saluzzo, a causa degli ingenti apporti provenienti dalla Bealera del Chisonetto (fornici FO1 e FO2, Scaricatore Chisonetto), la sezione d'alveo della Bealera dei Bastioni risulta già nettamente insufficiente per lo smaltimento della porta relativa al TR50.

La vasta area, estesa per molte centinaia di metri in sponda destra e delimitata a valle dalla ferrovia, si configura come bacino di laminazione; per portate con TR50, risultano oltrepassare il rilevato in oggetto i deflussi relativi alla sezione AG83 (2,7 mc/s) e alla sezione FO3 (0,8 mc/s); per portate con TR200, oltre alle due precedenti, risulta attivarsi anche il fornice FO4 (0,8 mc/s).

Nel restante tratto oggetto di indagine idraulica sono emerse altre situazioni di criticità.

5.5 MODELLO 4 – Bealera dei Bastioni/Derivazione Via Buffa

5.5.1 Dati di input del modello di simulazione

Il tratto di corso d'acqua studiato è stato analizzato sulla base di 7 sezioni ortogonali all'asta principale, opportunamente integrate con operazioni di interpolazione in corrispondenza alle criticità geometriche (attraversamenti, tratti tombinati, ...).

Per quanto riguarda il tipo di corrente, sulla base delle caratteristiche di pendenza del fondo, è stata attribuita una tipologia di corrente mista (variabile da lenta o subcritica a veloce o supercritica).

Agli estremi di monte e di valle del tratto oggetto di studio la condizione al contorno è rappresentata dalla transizione attraverso la profondità critica.

Per la caratterizzazione della scabrezza dell'alveo e delle aree circostanti, da esprimere in termini del coefficiente n di Manning (in $m^{-1/3} \cdot s$), si è fatto ricorso ai valori riportati in varie tabelle disponibili in documentazione bibliografica.

Per le sezioni d'alveo i valori di tale parametro sono stati imposti, in genere, pari a 0.02 (valore valido per corsi d'acqua artificiali o naturali fortemente modificati da attività antropica); per le aree esterne all'alveo, interessabili dal flusso idrico, sono stati posti valori di 0.038, che caratterizzano aree verdi, con coltivazioni cerealicole, sparsi cespugli e tratti di vegetazione rada ad alto fusto, e valori di 0.045 in corrispondenza alle aree nelle quali il flusso idrico interferisce con settori urbanizzati; in corrispondenza ai tratti tombinati, il coefficiente "n" è stato imposto uguale a 0,015, valore valido per superfici in calcestruzzo.

Per quanto riguarda invece i coefficienti di espansione e contrazione, il loro valore è stato attribuito caso per caso in funzione delle caratteristiche della coppia di sezioni contigue, rispettivamente nel campo 0.1 / 0.6 per C_c e 0.3 / 0.8 per C_e , con valori tanto più elevati dei coefficienti quanto più brusche sono le variazioni di forma e dimensioni delle sezioni.

5.5.2 Sintesi dei risultati

Applicando la metodologia illustrata nel paragrafo precedente è stata effettuata la simulazione, in moto permanente, del deflusso nel tratto esaminato.

I risultati dei calcoli sono riportati in Appendice 2d (tabella riassuntiva dei profili longitudinali per la portata di progetto e relazione di calcolo dettagliata), dove sono riportati gli elaborati grafici di output del modello, che consentono di descrivere il comportamento della Bealera dei Bastioni – derivazione di Via Buffa.

L'implementazione del modello in moto permanente ha messo in evidenza la presenza di alcune situazioni di criticità.

Nel tratto immediatamente a monte del rilevato della circonvallazione, a causa dell'insufficienza della sezione relativa all'attraversamento AG34, si sviluppa un'area di laminazione che, in sponda destra, si estende fino a 150 metri dal corso d'acqua, posizione in cui è presente un fornice che scarica a valle del rilevato stesso.

A valle della circonvallazione, per l'insufficienza della sezione relativa all'attraversamento AG34, tiranti idrici inferiori a 20 centimetri si sviluppano in sponda destra.