

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DEL VERBANO – CUSIO – OSSOLA  
COMUNE DI BAVENO

# PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE

Variante strutturale 2010  
di adeguamento al PAI (decreto Presidenza del Consiglio del 24.05.2001)

## PROGETTO DEFINITIVO

Titolo Elaborato:

DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA  
RELATIVA ALLA DINAMICA DEL F.  
TOCE E DEL LAGO MAGGIORE

Sigla Elaborato:

**GEO 17**

Stesura:

marzo 2013

Adozione progetto preliminare

Approvazione progetto definitivo

**Dr. Geol. ITALO ISOLI**

Via Rigola n.27 - 28921 Verbania Intra (VB)  
Tel. 0323-552007/515969- Telefax 0323-408456  
P.IVA 00857770036 E-mail: [itisoli@tin.it](mailto:itisoli@tin.it)

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. FIUME TOCE.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE .....</b>	<b>1</b>
<b>2.2. AFFLUSSI .....</b>	<b>1</b>
<b>2.3. DEFLUSSI .....</b>	<b>1</b>
<b>2.4. ELABORAZIONI DELLE PORTATE DI PIENA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.5. ELABORAZIONI DEI LIVELLI IDROMETRICI.....</b>	<b>4</b>
<b>2.6. LIVELLI IDROMETRICI DEL LAGO MAGGIORE.....</b>	<b>6</b>
<b>2.7. CORRELAZIONI FRA COLMI DI PIENA DEL F.TOCE E COLMI DI PIENA DEL LAGO MAGGIORE.....</b>	<b>6</b>
<b>3. L'EVENTO ALLUVIONALE DEI GIORNI 14-15-16 OTTOBRE 2000 .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. PIENA DEL F. TOCE.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. PIENA DEL LAGO MAGGIORE.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3. MODELLI IDRAULICI DISPONIBILI .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4. MARCHE DI PIENA SULLA PIANA TERMINALE DEL F.TOCE.....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>12</b>

Allegati:

- *Allegato 1 - Andamenti idrometrici del F.Toce e del Lago Maggiore nell'evento alluvionale del settembre - ottobre 1993;*
- *Allegato 2 - Andamenti idrometrici del F.Toce e del Lago Maggiore nell'evento alluvionale dell'ottobre 2000;*
- *Allegato 3 - Involuppo livelli di massima piena F.Toce - Tratta Sez. 1-12 del P.A.I.*

## 1. PREMESSA

Con riferimento a quanto espresso circa la Scheda E nel verbale del 2-09-2010 prot. 36348/0811, successivo alla prima riunione del Gruppo Interdisciplinare, che a sua volta in parte richiama quanto già riportato nella Relazione tecnica del Settore Pianificazione Difesa del Suolo allegata alla d.g.r. n. 31-13215 dell'8-02-2010 di approvazione del P.R.G.C. del Comune di Baveno, viene prodotta la seguente documentazione tecnica di integrazione ed approfondimento circa la dinamica del F.Toce e la sua interferenza con i vari livelli del Lago Maggiore.

## 2. FIUME TOCE

### 2.1. CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

Il bacino sotteso risulta pari a 1785 km<sup>2</sup> alla foce, circa il 27% dell'intero bacino del Lago Maggiore. Il bacino comprende anche 45 km<sup>2</sup> di aree glaciali e bacini artificiali per un valore di 164.5 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. La massima quota è rappresentata dalla Punta Dufour (4633 m s.l.m.), la quota media è di 1641 m s.l.m., mentre la foce coincide con il livello del Lago Maggiore (quota media 193.87 m s.l.m.).

Il corso d'acqua è monitorato da un idrometrografo localizzato alla passerella di Candoglia, con zero idrometrico posto a 194.99 m s.l.m.

### 2.2. AFFLUSSI

Gli afflussi significativi ai fini delle portate di piena hanno durata di qualche ora, quelli determinanti per il raggiungimento delle portate massime hanno durata pari o superiore al tempo di corrivazione, stimato in circa 9 ore all'idrometrografo.

Per il calcolo degli afflussi massimi di varia durata e a vari tempi di ritorno, si possono utilizzare le curve di possibilità climatica del tipo  $h = a t^n$  mediate sulle varie stazioni meteorologiche presenti sull'areale; i relativi parametri "a" e "n" sono i seguenti (validi per durata compresa fra 6 e 24 h).

<i>T ritorno (anni)</i>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
n	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
a (mm/h)	43	56	62	68	75

### 2.3. DEFLUSSI

I dati ufficiali disponibili sono quelli pubblicati sugli annali del Servizio Idrografico per i periodi 1933÷1935 e 1939÷1968. Dal 1974 ad oggi i dati sono stati rilevati dal C.N.R., Istituto idrobiologico "De Marchi" di Pallanza, e non sono stati ad oggi pubblicati, eccetto che per le alluvioni del 1978, 1993 e 2000. I dati più certi sono ovviamente quelli idrometrici, mentre quelli delle relative portate sono calcolati in funzione delle caratteristiche della sezione, che a sua volta cambia nel tempo, e sono da considerarsi più aleatori.

Occorre precisare ancora che, in seguito all'alluvione del 1968, che ha provocato l'abbassamento dell'alveo di 2-3 m, lo strumento di misura è stato riposizionato nel 1974; i

dati rilevati fino al 1968 fanno quindi riferimento ad uno zero idrometrico posto a quota 197.99 m s.l.m., mentre i dati del periodo 1974-1983 sono riferiti ad uno zero idrometrico posto a quota 194.99 m s.l.m.; ad evitare equivoci i livelli idrometrici nei paragrafi che seguono sono sempre riportati a quote assolute sul livello del mare.

Le quote d'argine prima del 1981 possono essere interpretate approssimativamente col rilievo aerofotogrammetrico, redatto dal Consorzio Idraulico del Toce nel 1969 e valutate in 203.5 m s.l.m. (tuttavia tale rilievo presenta parecchie anomalie).

Al fine di correlare i dati idrometrici con le quote degli argini e delle sponde, è stata eseguita una campagna di misura con metodo G.P.S. a partire dal confine settentrionale del territorio comunale di Ornavasso sino alla foce nel Lago Maggiore (comprendente quindi il Comune di Baveno), appoggiata sulla livellazione geodetica I.G.M., al fine di poter utilizzare le quote altimetriche per la determinazione delle aree inondabili.

Si fa presente che anche la carta C.T.R. è appoggiata alla rete IGM di livellazione del 1952, ma su un numero di punti molto distanti (qualche chilometro).

Le piene che hanno tracimato gli argini all'altezza dell'idrometrografo dovrebbero essere state le seguenti:

- **Periodo 1933-1968** (esclusi gli anni 1936-37-38, in cui tuttavia non si sono verificate piene rilevanti).

Anno	Portata al colmo (m <sup>3</sup> /s)	Livello (m s.l.m.)
1938	1900	203.79
1942	1850	203.79
1948	1932	204.03
1954	2100	204.19
1968	2030	204.09
Media	1962	203.98

- **Periodo 1969-1973**

Mancano i dati relativi al periodo, non dovrebbero essersi comunque verificate piene rilevanti.

- **Periodo 1974-2000**

Le piene rilevanti si sono verificate nei seguenti anni:

Anno	Portata al colmo (m <sup>3</sup> /s)	Livello (m s.l.m.)
1977	≅3100 *	203.87
1978	2137	201.39
1993	2530	203.75
2000	>2500	204.16 **
Media	2567	203.29

\* Il dato del 1977 non è ufficiale, non è mai stato pubblicato dal C.N.R. e potrebbe non corrispondere al reale evento; tuttavia le marche di piena segnalate sugli edifici a Migliandone evidenziano livelli idrometrici superiori di quasi 1 m sopra tutte le altre piene successive.

\*\* Il dato è riportato nelle pubblicazioni regionali ma vi sono ragionevoli ipotesi che l'idrometrografo fosse starato; infatti le marche di piena sull'edificio idrometrografico indicano che il livello massimo non ha superato la quota di 204 m s.l.m..

La portata del 1993 è riportata in Documenta dell'Istituto Italiano di Idrobiologia "La piena del Lago Maggiore dell'autunno 1993", a cura di W.Ambrosetti, L.Barbanti, R.De Bernardi, V.Libera e A.Rolla, ed è interpretata come "il colmo di portata più elevato fra quelli noti"; nella stessa pubblicazione viene citato anche il dato di portata del 1978 di 2137 m<sup>3</sup>/s (Ambrosetti e Al. 1980).

Si osserva immediatamente che i livelli idrometrici del 1977 e 1978 a Candoglia sono molto bassi se confrontati con i livelli relativi a piene con portate anche inferiori del periodo 1933-1969. Questo fatto va interpretato con la sovraescavazione dell'alveo avvenuta nel 1968 che ha causato un migliorato deflusso e più bassi livelli idrometrici.

## 2.4. ELABORAZIONI DELLE PORTATE DI PIENA

Le elaborazioni, illustrate nei paragrafi che seguono, sui dati disponibili presentano alcune limitazioni dovute ai seguenti fattori, già illustrati nei paragrafi precedenti.

- nel 1968 l'alveo si è abbassato di 2-3 m e le quote d'argine in sponda destra sono state modificate nel 1981, determinando un significativo aumento delle capacità di deflusso a parità di livelli idrometrici.
- i livelli delle portate di Candoglia risentono del rigurgito del Lago Maggiore quando quest'ultimo presenta livelli elevati.

Pur con queste limitazioni, di cui si è tenuto conto con opportune cautele, è stato possibile ottenere alcuni risultati significativi. È possibile eseguire elaborazioni sulla serie dal 1933 al 1968 (esclusi gli anni 1936-37-38), o nella serie più completa includendo anche i dati del 1974 al 1993, ma non quelli del 2000, non ancora determinati. Anche in questo caso i risultati sono abbastanza diversi sulle due serie e, sia che si accetti o non si accetti il dato del 1977, come evidenziabile nelle tabelle che seguono.

Si sono ottenute le seguenti regolarizzazioni (Gumbel):

Serie		Tempo di ritorno (anni)					
		10	30	50	100	200	500
A	1933-1968	1704	2161	2369	2650	2930	3300
B	1933-1968; 1974-1983 senza il dato del 1977	1808	2309	2539	2847	3155	3561
C	1933-1968; 1974-1983 con il dato del 1977	1951	2517	2775	3124	3742	3930

Si osservano significative differenze fra le varie elaborazioni. Si ritiene che tali differenze siano dovute con ogni probabilità a diversità di metodo nella valutazione delle portate (nella serie più antica non era fra l'altro disponibile la teleferica), più che a variazioni climatiche di difficile valutazione.

Non potendosi però, almeno per il momento, risalire a tali diversità ed eventualmente a correggerle, si ritiene accettabile di utilizzare la serie C, più completa, considerando

cautelativamente anche il dato del 1977, che determina le portate più alte.

Secondo l'Autorità di Bacino del Po le portate di Candoglia sarebbero leggermente inferiori ma occorre precisare che la serie esaminata è più breve (1933-1964); i risultati ottenuti sono infatti i seguenti.

<b>Tempo di ritorno (anni)</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
Portate (m <sup>3</sup> /s)	1982.55	2353.74	2631.99	2909.09	3274.96

## **2.5. ELABORAZIONI DEI LIVELLI IDROMETRICI**

Applicando una distribuzione di probabilità ai dati idrometrici, come quella usata per le portate, si ottengono dati assolutamente non convincenti in quanto, a partire dalla quota di argine, inizia la laminazione in sponda destra e sinistra.

Si è ritenuto pertanto di procedere per gradi, da approcci di carattere empirico ma non per questo poco affidabili, sino a estrapolazioni più raffinate di taratura più elaborate, basate sempre su dati storici.

### **Approccio empirico alla valutazione di alcuni dati di portata di piena e di livelli idrometrici.**

Se si considera la piena del 1977 (stimata in circa 3100 m<sup>3</sup>/s con tempo di ritorno di circa 100 anni - Serie C) si ottiene un livello idrometrico di 203.86 m s.l.m.. Anche la piena del 1993 (2530 m<sup>3</sup>/s con tempo di ritorno 30 anni) ha presentato un livello idrometrico di 203.75, di poco inferiore (si osservi però che nel 1993 il Lago Maggiore aveva raggiunto livelli idrometrici molto elevati).

Secondo questo approccio empirico le portate di piena a tempo di ritorno 100 anni non superano i livelli di 204 m s.l.m. se avvengono con livelli lacustri medi.

Portate a tempo di ritorno più breve, come quella del 1993, (stimabile a tempo di ritorno 30 anni) possono però raggiungere gli stessi livelli idrometrici se avvengono con contemporanei livelli del Lago Maggiore elevatissimi, ma in questo caso occorrerebbe valutare la probabilità dell'evento composto da elevate portate di piena ed elevati livelli lacustri, che avrà sicuramente un tempo di ritorno più elevato successivo.

Anche i livelli idrometrici della portata dell'Ottobre 2000, che ha determinato la piena più importante del Lago Maggiore a partire da quella storica del 1868, sono stati sicuramente influenzati da fenomeni di rigurgito del Lago Maggiore, per cui la stima di questo evento in termini di tempi di ritorno deve essere eseguita con molta prudenza.

### **Ricostruzione di una scala di deflusso.**

Un approccio più analitico che volutamente non tiene conto dei rigurgiti del lago è quello di ricostruire la scala di deflusso della sezione di Candoglia a partire dall'evento di sovraescavazione del 1968 ossia con la serie 1974-1983.

Si è eseguita pertanto una correlazione fra portate Q e livelli H con varie curve di regressione, la migliore delle quali presenta la seguente equazione:

$$H = -3 \cdot 10^{-7} Q^2 + 0.0034 Q + 196.1$$

riconducibile ad una forma generale di tipo:

$$H = aQ^2 + bQ + c$$

che corrisponde all'equazione di una parabola.

Utilizzando l'equazione di cui sopra è possibile ricostruire una scala di deflusso. Nella tabella seguente vengono riportati i valori ottenuti:

<i>PORTATA m<sup>3</sup>/s</i>	<i>QUOTA m s.l.m.</i>
200	196.77
400	197.41
600	198.03
800	198.63
1000	199.20
1200	199.75
1400	200.27
1600	200.77
1800	201.25
2000	201.70
2200	202.13
2400	202.53
2600	202.91
2800	203.27
3000	203.60
3200	203.91 *
3400	204.19 *
3600	204.45 *
3800	204.69 *
4000	204.90 *

I dati idrometrici con asterisco sono estrapolati e devono considerarsi cautelativi in quanto non tengono conto della laminazione determinata dalle aree allagabili in sponda destra e sinistra a partire dalla quota 203.00 m s.l.m..

L'Autorità di bacino nella determinazione delle fasce di rispetto del Fiume Toce ha utilizzato metodi diversi per la determinazione dei livelli idrometrici. A partire infatti da un modello afflussi-deflussi ha ricostruito, sulla base di sezioni topografiche di tutto il tracciato, l'involuppo dei livelli di massima piena. Nel caso della sezione di Candoglia le differenze fra i due calcoli sono rilevanti. Ad esempio, per le portate a tempo di ritorno 200 anni (2909 m<sup>3</sup>/s per l'Autorità di Bacino) viene calcolato un livello idrometrico di 205.7 m s.l.m., mentre l'elaborazione dei dati ufficiali dell'Istituto Idrografico indicherebbe, sempre con tempi di ritorno 200 anni, una piena di 3742 m<sup>3</sup>/s e un livello idrometrico di 204.6 m s.l.m., ossia di un metro più basso con una portata superiore di circa il 30%.

Con ogni probabilità si deve ritenere che le differenze siano dovute a diversità sulla determinazione della sezione di deflusso di Candoglia che dal 1968 ad oggi si è molto approfondita determinando una maggior efficienza del corso d'acqua nel deflusso delle piene.

## 2.6. LIVELLI IDROMETRICI DEL LAGO MAGGIORE.

Al fine di valutare gli effetti sul profilo di rigurgito del F.Toce causati dalle variazioni di livello del Lago Maggiore è stata eseguita una estrapolazione (Gumbel) dei massimi livelli annuali di quest'ultimo, sulla serie 1952-1995 e sulla serie 1952-2000 in modo tale da evidenziare gli effetti statistici dell'ultimo evento.

I risultati sono illustrati nella seguente tabella:

Tempo di ritorno (anni)	Livello (m s.l.m.) Serie 1952-1993	Livello (m s.l.m.) Serie 1952-2000
2.33	195.51	195.55
10	196.57	196.67
20	197.03	197.15
50	197.62	197.78
100	198.07	198.25
200	198.51	198.71
300	198.77	198.99
400	198.95	199.18
500	199.10	199.30

## 2.7. CORRELAZIONI FRA COLMI DI PIENA DEL F.TOCE E COLMI DI PIENA DEL LAGO MAGGIORE.

È noto che i livelli idrometrici del Fiume Toce sono influenzati dalla posizione del livello di base rappresentato dal Lago Maggiore che presenta a sua volta forti variazioni.

Lo stato delle conoscenze sul profilo di rigurgito del F. Toce in condizioni limite è abbastanza controverso.

Di seguito sono rappresentati i modelli idraulici disponibili sul Fiume Toce fra Migliandone e la foce:

- 1973: *Istituto di Idraulica di Padova* – Profilo di rigurgito a superficie concava e raccordo regolare di tipo asintotico, (a valle di Candoglia la pendenza del pelo libero della corrente è pari a 0.00118 ossia di circa 120 cm per ogni Km) corrispondente a circa 2850 m<sup>3</sup>/s a Candoglia con livello idrometrico a 204,20 m s.l.m. e 3250 m<sup>3</sup>/s alla foce e con livello lacustre di 197,57 m s.l.m., da considerarsi a tempo di ritorno inferiore ai 100 anni; si avrebbe, all'altezza del ponte della s.s. n.34 tra il Comune di Verbania e il Comune di Gravellona Toce, un livello di circa 200 m s.l.m. Il modello corrisponde bene ai dati osservati che per questa zona, indicano un livello del F.Toce che non ha mai superato la quota di 199.80 m s.l.m., in tutta la serie di osservazioni a partire dal 1933.
- 1996: *Autorità di Bacino del Fiume Po – Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* – Profilo delle portate di piena fra Migliandone e la foce, per portate a tempo di ritorno 20,100, 200 anni, corrispondenti rispettivamente a 1983, 2631 e 2909 m<sup>3</sup>/s e con livello lacustre a 194,50 m s.l.m., con relativo profilo del fondo alveo. Secondo l'elaborazione eseguita dall'Autorità di Bacino, il profilo di rigurgito presenterebbe invece notevoli irregolarità in corrispondenza di soglie naturali o artificiali con alternanze di correnti lente e veloci. Sempre alla stessa sezione del ponte sulla s.s. n.34, i livelli ipotizzati sarebbero di 201.17 m s.l.m. a tempo di ritorno 100 anni e i 201.54 m s.l.m. a tempo di ritorno 200 anni e il livello del Lago Maggiore

risulterebbe poco influente in quanto il F. Toce si immetterebbe in esso in corrente prevalentemente veloce; occorre però precisare che il profilo così ipotizzato dall'Autorità di Bacino non trova riscontro nei dati storici.

- *Marzo 2000* – *Consorzio del Ticino per conto dell'Autorità di Bacino del Fiume Po* – Profilo idraulico del F.Toce a tempo di ritorno 200 anni, corrispondente a circa 3195 m<sup>3</sup>/s a Candoglia e un livello lacustre di 198,65 m s.l.m. con relativo profilo del fondo alveo;
- *Ottobre 2000* – Profilo della piena del Toce alle ore 18.30 del 15/10/2000, ricavato dalle marche di piena spondali, con portata di piena superiore a 2500 m<sup>3</sup>/s a Candoglia (con livello idrometrico ufficiale a 204,16 m s.l.m. e livello di marche di piena di 203,80 m s.l.m.) e un livello lacustre di 197 m s.l.m.

Sempre ai fini della determinazione delle interferenze fra fiume e lago, è stata eseguita una ricerca sulla concomitanza dei colmi di piena del Toce e del Lago Maggiore, nel periodo di sovrapposizione delle due serie disponibili fra il 1952 e il 1969.

Si osserva quanto segue:

- ◆ i colmi di piena del lago sono sempre successivi a quelli del Toce con una differenza temporale di 1-2 giorni;
- ◆ si conferma il fatto che sul piano probabilistico la concomitanza dei due eventi è un fatto da ritenersi praticamente impossibile in quanto legata da causalità idrologica che nasce dalle enormi capacità laminatorie del Lago Maggiore.

Anno	Data	Portate a Candoglia	Livello Idrometrico	Livello lacustre contemporaneo	Livello lacustre del giorno successivo	Livelli lacustri di due giorni successivi	Differenze di quota nel colmo di piena
1952	18/06	342	200.17	194.03	194.22	194.21	6.14
1953	28/10	1244	202.65	195.65	195.75	195.80	7.00
1954	22/08	2100	204.19	194.80	195.60	195.54	9.39
1955	09/06	639	201.18	194.83	195.36	195.26	6.35
1956	26/09	1310	202.79	194.13	194.45	194.39	8.66
1957	17/06	843	201.73	195.39	195.39	195.39	6.34
1958	20/08	954	202.00	194.23	194.26	194.70	7.77
1959	23/05	324	200.10	194.15	194.16	194.14	5.95
1960	17/09	1620	203.39	195.71	195.82	195.96	7.68
1961	13/08	746	201.48	193.94	193.94	193.93	7.54
1962	08/11	820	201.67	193.23	193.70	193.86	8.44
1963	06/11	900	201.87	196.03	196.51	196.39	5.84
1964	20/04	582	201.01	194.68	194.81	194.77	6.33
1965	22/08	1026	202.17	193.50	194.51	194.71	8.67
1966	16/10	916	201.91	194.50	195.08	195.07	7.41
1967	15/05	261	199.85	194.27	194.86	195.08	5.58
1968	03/11	2030	204.09	196.30	196.69	196.63	7.79
1969	24/06	----	201.48	194.63	195.14	195.08	6.85

Tabella n.1 - Correlazione fra livelli e portate a Candoglia e livelli lacustri

Si ritiene pertanto che il profilo della corrente possa assumere carattere di corrente veloce con alcune convessità verso l'alto, a valle di alcune irregolarità dell'alveo, ma solo in condizioni di livello lacustre basso, mentre con alti livelli lacustri successivi al colmo di piena del F. Toce il profilo assuma sempre, per lo meno a valle di Ornavasso,

caratteristiche di corrente lenta con lievi concavità verso l'alto.

### 3. L'EVENTO ALLUVIONALE DEI GIORNI 14-15-16 OTTOBRE 2000

Alla luce delle considerazioni svolte, è particolarmente interessante esaminare quanto accaduto durante la piena del F. Toce e del Lago Maggiore avvenuta nei giorni 14-15-16 Ottobre 2000, a seguito eccezionali precipitazioni su tutto il bacino del Lago Maggiore avvenute con particolari intensità nella parte montana del bacino del Fiume Toce.

#### 3.1. PIENA DEL F. TOCE

Secondo il "Rapporto sull'evento alluvionale del 13-16 Ottobre 2000" della Regione Piemonte, la piena del F.Toce, con livello idrometrico di 9.16 m all'idrometrografo di Candoglia, sarebbe stata superiore a 2500 m<sup>3</sup>/s, ossia superiore all'evento del 1993, stimato in 2400 m<sup>3</sup>/s e considerato dal Rapporto come evento storico di riferimento; il tempo di ritorno dell'evento dell'Ottobre 2000 viene stimato dal Rapporto in circa 100 anni.

Occorre tuttavia precisare quanto segue:

- il Consorzio del Ticino gestisce un secondo idrometrografo alla stazione di Candoglia; secondo la seguente pubblicazione "*L'evento di piena dell'Ottobre 2000 nel bacino del Ticino*", a cura di M. Cattaneo, U. Maione, P. Mignosa e M. Tomirotti, che hanno utilizzato i dati del Consorzio, il colmo di piena del F.Toce sarebbe stato raggiunto alle ore 16.00 del 15 Ottobre 2000 e avrebbe raggiunto un'altezza idrometrica di 8.52 m, ossia 20 cm al di sotto del massimo raggiunto nell'evento del Settembre-Ottobre 1993; la portata viene stimata in 2460 m<sup>3</sup>/s e il tempo di ritorno in 37 anni (Gumbel).
- le due misure sopra riportate appaiono fortemente discordanti fra loro (differenza di 64 cm), ma anche diverse dalla marca di piena osservabile sull'edificio stesso dell'idrometrografo, che indica invece un livello di circa 8.78 m se confrontato con la scala idrometrica esterna;
- per la definizione delle quote assolute bisogna ricordare che lo zero dell'idrometrografo è stato riposizionato nel 1974 a quota 194.99 m s.l.m. (quota assoluta ufficiale del Servizio Idrografico), a seguito dell'alluvione del 1968 (che lo aveva distrutto), per cui la piena del 2000 dovrebbe aver raggiunto una quota assoluta di 204.15 m s.l.m. secondo la Regione Piemonte, di 203.51 m s.l.m. secondo il Consorzio del Ticino e di 203.77 secondo le marche di piena esterne;
- secondo i dati del Servizio Idrografico il livello idrometrico di 9.00 m (quota assoluta di 203.99 m s.l.m.) è stato superato 3 volte (negli anni 1948, 1954 e 1968) con il vecchio strumento (in funzione dal 1933 al 1968) e mai con il nuovo strumento (in funzione dal 1974 ad oggi), ma occorre ricordare che la situazione della zona di misura non è più la stessa (nel 1978 vi è stata una sovraescavazione e nel 1981 sono state eseguite delle arginature); occorre anche precisare che la testa dell'idrometro, posta a quota 204 m s.l.m., si sopraeleva di 50 cm al di sopra del piano campagna circostante e che quindi le piene con livelli idrometrici superiori a 203.50 m s.l.m. dispongono di una ulteriore sezione di deflusso completamente diversa da quella relativa all'alveo arginato; per restare sulle piene con livelli idrometrici simili o superiori al livello verificatosi nell'Ottobre va messo in evidenza che nel 1993 è stata raggiunta una quota di 203.75 m s.l.m. e nel 1977 di 203.86 m s.l.m. e che il livello di 8.75 m sopra lo zero idrometrico è

stato superato 9 volte in circa 70 anni, ma con la sezione arginata 2 volte in 20 anni, per cui in apparenza si tratterebbe di un fenomeno ad elevata ricorrenza, con frequenza decennale; questa ipotesi non regge se analizzata sulla base delle portate storiche, come illustrato nei paragrafi che seguono;

- per ulteriore precisazione si può osservare che tutte le quote assolute citate sono appoggiate a quella dello zero idrometrico dell'idrometrografo di Candoglia che, per il Servizio Idrografico va posizionato ad una quota assoluta di 203.99 m s.l.m., ma potrebbero essere affette da un errore geodetico, dell'ordine di qualche decimetro, in quanto non appoggiate ad una livellazione verificata; nella cartografia allegata dell'evento alluvionale dell'Ottobre 2000, le quote assolute sono state corrette con una livellazione opposta e risultava di circa 13 cm più alte di quelle ufficiali del Servizio Idrografico sull'idrometrografo;
- secondo le marche di piena segnate sulle porte delle case a Migiandone la piena più gravosa del secondo dopoguerra è stata quella del 1977, superiore di quasi 1 m rispetto a quella dell'Ottobre 2000; anche in questo caso, tuttavia, occorre precisare che nel 1977 non esisteva il rilevato della superstrada, che attualmente difende in parte la zona di Migiandone;
- di segno contrario è invece il dato relativo alla Casa Cantoniera ANAS posta a fianco del ponte della s.s. n.34 Verbania - Gravellona, dove la piena dell'Ottobre 2000 risulta quella con livello idrometrico più elevato fra le piene del dopoguerra; occorre però precisare che il livello lacustre concomitante alla piena è stato il più elevato fra quelli registrati negli ultimi 70 anni;
- rispetto alle altre piene storiche, che sono poco conosciute nel loro sviluppo areale e di battente d'acqua, per l'evento del 2000 sono disponibili numerose marche di piena, rilevate sia dal sottoscritto sia dal Servizio Prevenzione del Rischio Geologico della Regione Piemonte.

Concludendo si può ritenere senz'altro che la piena dell'Ottobre 2000 sia stata quella con battente d'acqua più elevato nel territorio di Baveno a partire dal 1868, con ogni probabilità a causa dell'elevatissimo livello lacustre concomitante, ma resta il dubbio se sia stata in assoluto anche la piena più gravosa come portata a Candoglia nello stesso periodo.

### **3.2. PIENA DEL LAGO MAGGIORE**

La piena del Lago Maggiore dell'Ottobre 2000 ha presentato il suo colmo alle ore 23.30 del giorno 16-10-2000, con un livello idrometrico massimo di 197.94 m s.l.m. a Pallanza, e come già detto, con un ritardo di circa 29 ore rispetto al colmo di piena del F.Toce (secondo il dato della Regione, di 31.5 ore secondo il Consorzio del Ticino).

La risalita di livello del lago è stata lineare, con un aumento pressoché continuo di 4-5 cm/ora, senza punti di flesso. Dopo il colmo, il livello del lago ha cominciato a scendere con una diminuzione media di 1 cm/ora.

Il valore di colmo dell'Ottobre 2000, di 197.94 m s.l.m., costituisce come già detto il massimo valore registrato a partire dalla piena storica del 1868; tale livello, elaborato statisticamente con i valori registrati a Pallanza nel periodo 1952-2000, e confrontato con le analoghe elaborazioni eseguite dopo la piena del 1993, contribuisce ad aumentare i livelli di piena previsti a vari tempi di ritorno; secondo tali nuove elaborazioni statistiche la

piena del 2000 sarebbe caratterizzata da un tempo di ritorno di circa 68 anni (Gumbel), contro un tempo di ritorno di circa 85 anni considerando i dati solo fino alla piena del 1993; per confronto, le elaborazioni statistiche riportate dalla citata pubblicazione a cura di M. Cattaneo, U. Maione, P. Mignosa e M. Tomirotti, eseguite però sui dati dell'idrometro di Sesto Calende a partire dal 1943, anno di entrata in funzione della diga della Miorina, indicano, per l'evento dell'Ottobre 2000, un tempo di ritorno di 73 anni (Gumbel) e di 81 anni (Log-normale).

Per quanto riguarda le interferenze tra il F.Toce e il Lago Maggiore, risulta che, indicativamente, a valle del ponte ferroviario della ferrovia Milano-Domodossola sono prevalsi i livelli idrometrici legati all'innalzamento lacustre, mentre a monte dello stesso i livelli idrometrici sono stati più elevati a causa della piena del F.Toce; in ogni caso i due fenomeni sono strettamente interdipendenti.

### **3.3. MODELLI IDRAULICI DISPONIBILI**

Confrontando quanto osservato e rilevato durante l'evento alluvionale con i modelli illustrati nel capitolo precedente, si evidenzia come il modello più simile all'evento dell'Ottobre 2000 risulti essere quello del 1973 eseguito a cura dell'Istituto di Idraulica di Padova, a cui veniva attribuito un tempo di ritorno di 100 anni.

Per quanto concerne i profili P.A.I., si osserva che l'evento dell'Ottobre 2000 ha presentato un profilo più regolare e con livelli idrometrici più bassi di quelli previsti dal modello.

Anche circa il successivo modello elaborato dal Consorzio del Ticino si può osservare che il reale profilo idrometrico di piena è stato più regolare e nel complesso più concavo di quello previsto dal modello, e che le differenze fra i dati osservati e quelli teorici sono anche in questo caso rilevanti.

Altrettanto vistose sono le differenze fra le effettive sezioni di deflusso a Candoglia e quelle utilizzate per le varie modellizzazioni e non si può escludere quindi che le notevoli differenze fra le varie modellizzazioni siano imputabili prevalentemente a incertezze di tipo topografico (si può osservare ad esempio che il fondo alveo utilizzato dal P.A.I. e dal Consorzio del Ticino risulta addirittura più alto del fondo scala dell'idrometrografo).

### **3.4. MARCHE DI PIENA SULLA PIANA TERMINALE DEL F.TOCE**

In varie date negli anni 2002 e 2003 sono state individuate con rilievo sul terreno parecchie marche di piena nella zona allagata durante l'evento dell'ottobre 2000, a partire dalle zone poco a monte del ponte di Migliandone sino alla foce, nei territori dei Comuni di Verbania, Baveno, Gravelona, Mergozzo. Delle marche di piena più significative è stata rilevata, mediante livellazione tacheometrica di precisione appoggiata su punti I.G.M., la quota assoluta con precisione centimetrica e la posizione planimetrica con precisione decimetrica.

Sulla base di queste misure è stata poi innanzitutto tentata una interpolazione dei dati mediante programmi appositi, al fine di identificare la superficie d'acqua con relative curve di livello. I risultati ottenuti sono stati nel complesso non soddisfacenti, ossia poco corrispondenti ai fenomeni osservati direttamente o attraverso fonti orali, presumibilmente a causa della presenza di ostacoli al deflusso diretto e, di conseguenza, difficilmente rappresentabili in un modello matematico. Si è preferito pertanto eseguire interpolazioni

per zone, innanzitutto lungo le fasce spondali del F.Toce e del T.Stronetta e, successivamente, lungo le zone di deflusso eccezionale, come quelle sul Piano Grande a tergo del rilevato autostradale, nella piana di Mergozzo, Gravellona Toce e Ornavasso.

I risultati ottenuti possono considerarsi soddisfacenti soprattutto in quanto i punti rilevati si collocano molto bene sulla rappresentazione ottenuta, che presenta gradienti coerenti con la situazione morfologica e con i fenomeni a suo tempo osservati o ricavati dalle fonti orali (direzioni di deflusso, battenti idrici, velocità di flusso, erosioni, ecc.).

Tali risultati sono rappresentati nell'elaborato di piano *Geo 5 "Carta delle aree inondate dalla piena del F. Toce e del Lago Maggiore nei giorni 15-16 ottobre 2000 con indicazione dei tiranti idrici"*. Alcuni elementi delle carte sono ovviamente frutto di interpretazione, come ad esempio la forma delle isoipse che rappresenta indicativamente le linee di deflusso osservate durante l'evento, nonché alcune osservazioni speditive sui profili trasversali della corrente. Occorre però precisare che, stante la modesta pendenza del piano d'acqua, l'equidistanza delle isoipse è stata scelta in 10 cm, e quindi anche gli aspetti interpretativi si giocano su valori centimetrici.

I risultati dell'analisi eseguita possono essere così riassunti:

- nel tratto di fiume a monte del ponte della ferrovia Milano - Domodossola le marche di piena sono legate prevalentemente al colmo di piena fluviale, sia pur con gli effetti di rigurgito dovuti al contemporaneo elevato livello lacustre, che può influire sul profilo della corrente almeno sino a poco a monte della s.s. n. 34, mentre, oltre questa, il profilo dipende prevalentemente dalle portate di piena del F.Toce;
- in generale, il confronto fra piano d'acqua e morfologia del terreno ha confermato completamente i limiti delle zone effettivamente allagate; molto evidente risulta la dinamica di allagamento dovuta ad interruzioni della continuità del rilevato autostradale;
- molto importanti appaiono gli effetti di irregolarità del profilo in alveo causati da ostacoli, come ad esempio le rovine del ponte ANAS di Gravellona Toce o la soglia del ponte di Migliandone;
- il profilo lungo l'alveo dedotto dalle marche di piena spondali osservate e debitamente quotate è stato riprodotto anche nell'allegato *"Inviluppo livelli massima piena F.Toce"* ed è stato confrontato, come già detto, con i profili derivanti dai vari modelli idraulici disponibili, che in larga misura prevedono battenti idrici molto più elevati di quelli effettivamente riscontrati, ad eccezione del profilo redatto nel 1973 dall'Istituto di Idraulica dell'Università di Padova che si adatta molto bene a quanto osservato, anche se in modo un po' troppo regolare.

In sostanza, risulta che, a valle del ponte della ferrovia Milano-Domodossola prevalgono i fenomeni di tipo lacustre, mentre a monte predomina la piena del Toce; in ogni caso i due fenomeni sono strettamente interdipendenti.

#### **4. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Da quanto riportato nei capitoli precedenti e dall'accurata analisi svolta a seguito dell'evento alluvionale dell'ottobre 2000, è possibile riconfermare la valutazione già espressa nell'ambito della redazione del P.R.G.C. (si veda l'elaborato *Geo 3 Carta geomorfologica e dei dissesti*) circa il grado di pericolosità delle aree a ovest e ad est della ferrovia Arona Domodossola.

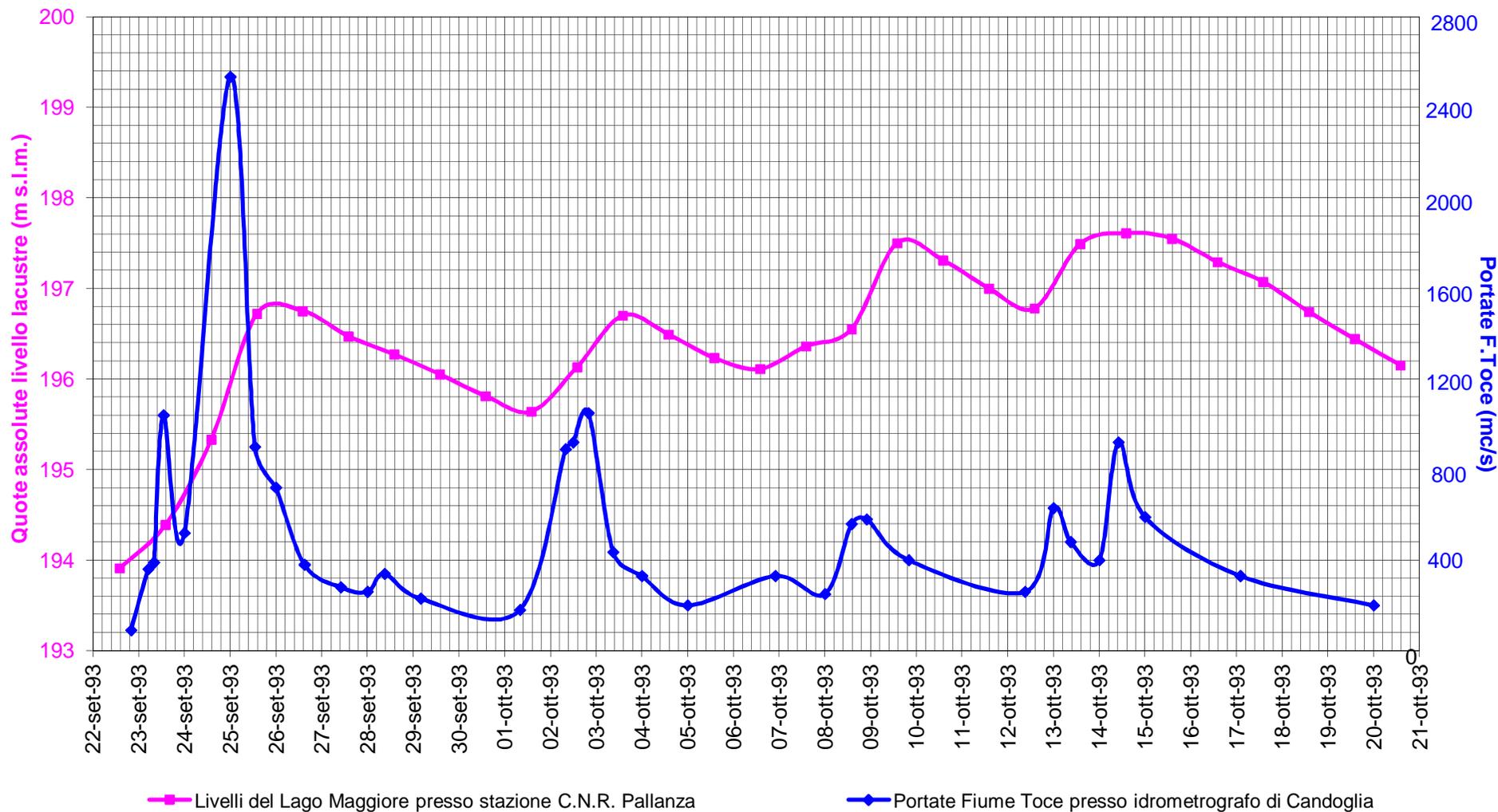
In particolare per le aree ad est della ferrovia (dove sono ubicate le zone a campeggio inserite in classe 3b6), si ribadisce che le caratteristiche di energia e battente degli allagamenti osservati e rilevati e il profilo di inviluppo di piena ricavato dall'analisi delle marche di piena dell'evento dell'ottobre 2000, sono indicativi del fatto che i fenomeni di esondazione che hanno interessato le aree in esame siano da ricondursi essenzialmente all'innalzamento del livello lacustre del Lago Maggiore piuttosto che alla dinamica del F. Toce.

Viene pertanto ribadito per tali aree un livello di pericolosità medio corrispondente alla classe EmA di cui alla d.g.r. 45-6656 e alla classe Em del PAI.

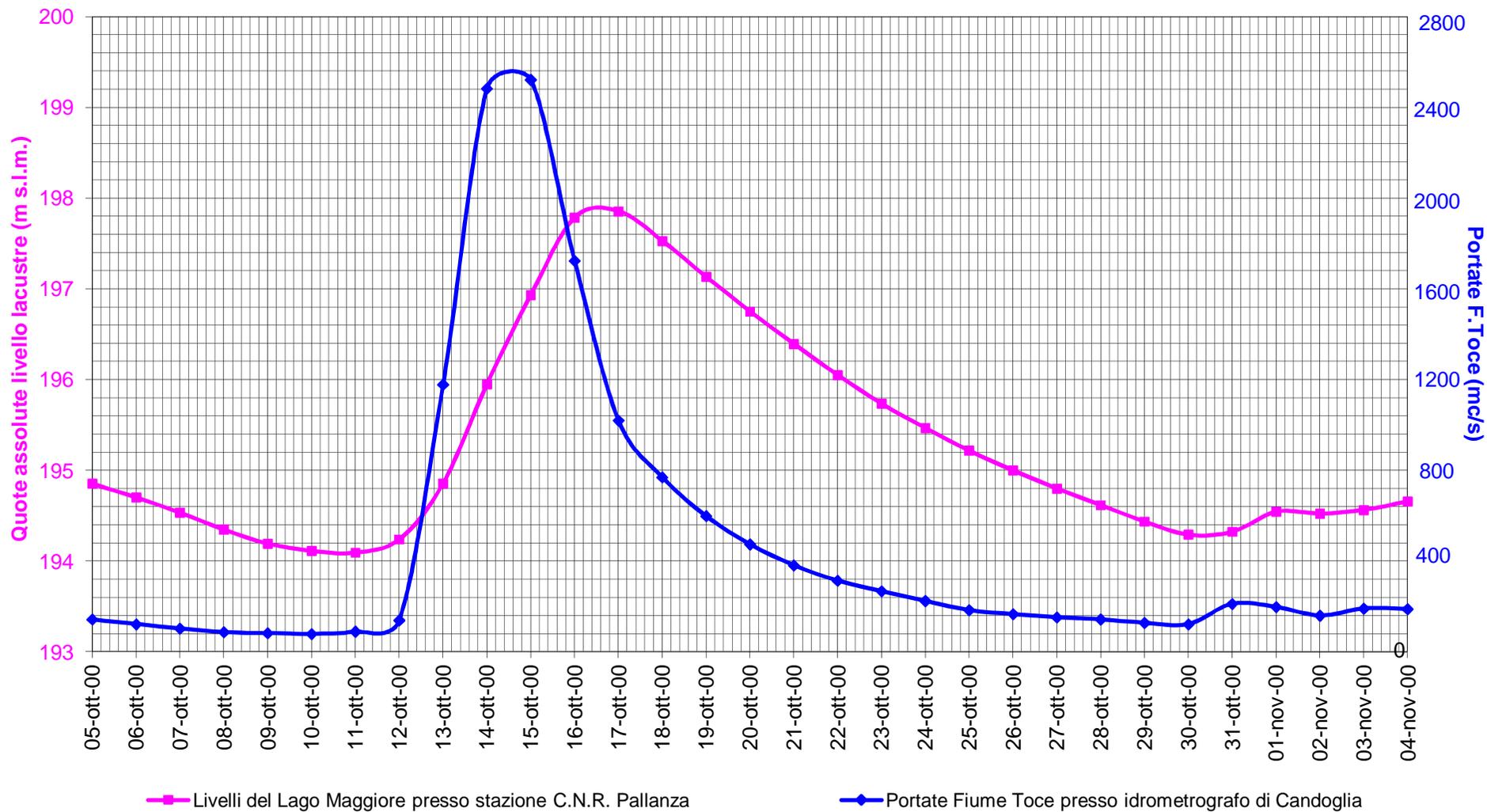
Verbania, maggio 2011

Dott. Geol. Italo Isoli

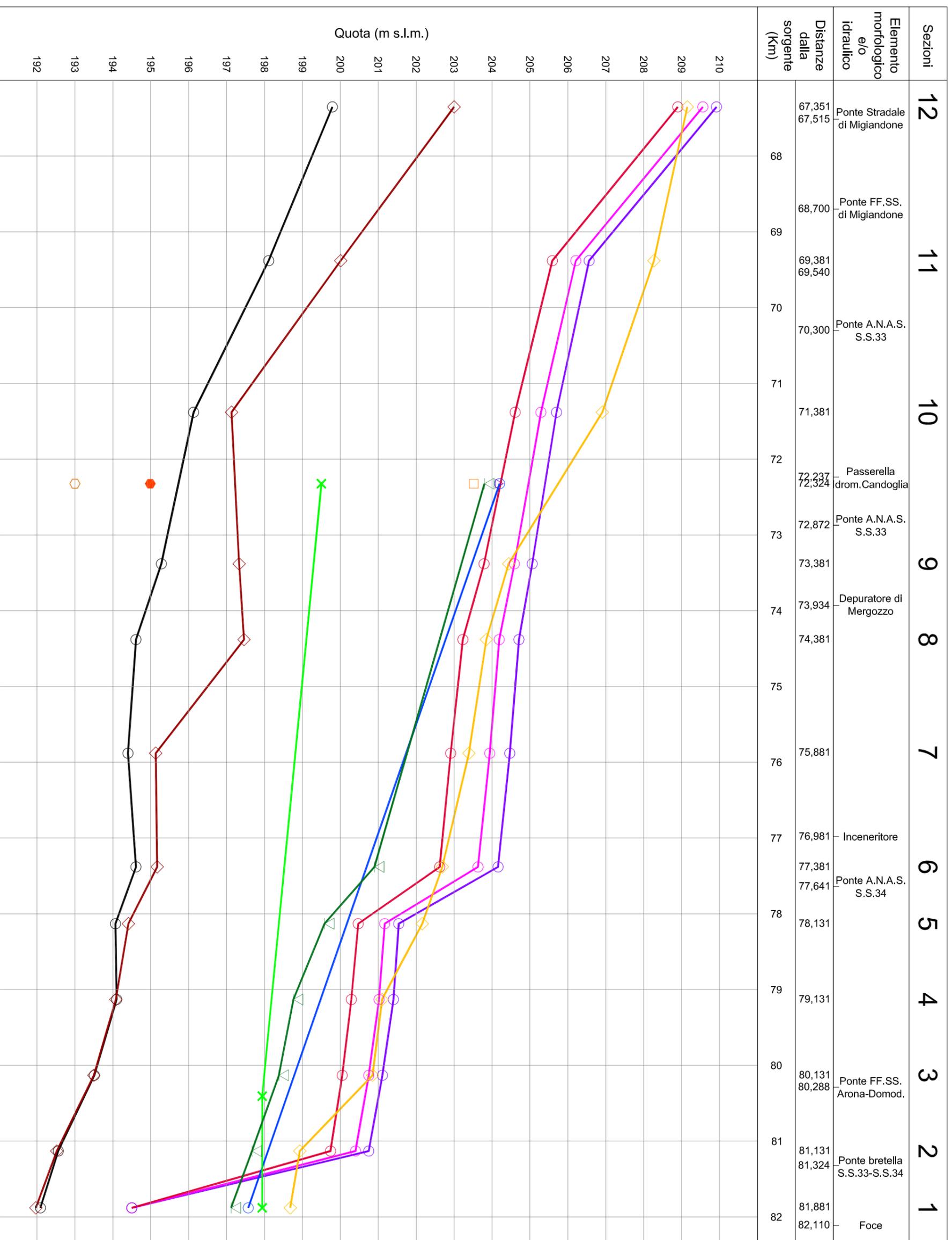
**Allegato 1 - Andamenti idrometrici del F.Toce e del Lago Maggiore  
nell'evento alluvionale del Settembre - Ottobre 1993  
(Dott. Geol. Italo Isoli, Dott. Geol. Angelica Sassi)**



**Allegato 2 - Andamenti idrometrici del F.Toce e del Lago Maggiore  
nell'evento alluvionale dell'ottobre 2000  
(Dott. Geol. Italo Isoli, Dott. Geol. Angelica Sassi)**



# Allegato 3 Inviluppo livelli di massima piena (m s.l.m.) - Tratta Sez. 1-12 del P.A.I.



### LEGENDA

#### Topografia

- ◆ Consorzio del Ticino - Profilo fondo alveo
- P.A.I. - Profilo fondo alveo
- Zero idrometrico (Idrometrografo di Candoglia)
- ◊ Fondo alveo effettivo (Idrometrografo di Candoglia)

#### Modelli di previsione

- Istituto Idraulico di Padova - Tempo di ritorno 100 anni
- P.A.I. - Tempo di ritorno 20 anni
- P.A.I. - Tempo di ritorno 100 anni
- P.A.I. - Tempo di ritorno 200 anni
- ◇ Consorzio Ticino - Tempo di ritorno 200 anni

#### Dati misurati su alluvione Ottobre 2000

- ▽ C.N.R. - Regione Piemonte - 15/10/2000 ore 18.30 - Colmo piena del F. Toce all'idrometrografo di Candoglia
- Consorzio Ticino - 15/10/2000 ore 16.00 - Colmo piena del F. Toce all'idrometrografo di Candoglia
- ▽ Inviluppo di marcate di piena del F. Toce al colmo del 15/10/2000
- ✕ Profilo ipotetico del Fiume Toce in corrispondenza del colmo di piena del lago (ore 23.30 del 16/10/2000)

Scala ascisse: 1 : 50.000  
Scala ordinate: 1 : 100