



Progetto di Variante al PAI: mappe della pericolosità e del rischio di alluvione

ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e
del D.Lgs. n. 49 del 23.02.2010

Torrente Orco da Cuorgnè a confluenza Po Idrologia di piena

RELAZIONE
settembre 2012



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
Bacino di rilievo nazionale



Data	Creazione:29/03/12 Modifica: 19/09/2012
Tipo	Relazione monografica - Bozza
Formato	Microsoft Word – dimensione: pagine 21
Identificatore	Idrologia_Orco_20120919
Lingua	it-IT

Gestione dei diritti



CC-by-nc-sa



Indice

Premessa	1
1. Caratteristiche climatiche del bacino	2
2. Idrologia della zona valliva	6
2.1. Base dati disponibile	6
2.2. Elaborazioni statistiche e inferenza statistica.	12
3. Livello di confidenza	16



Piano di Gestione del rischio di alluvioni



Premessa

La presente relazione descrive i dati e le stime idrologici utilizzate per la definizione delle portate di piena, ai fini dell'applicazione della direttiva 2007/60 al torrente Orco. La relazione dettaglia in particolare i metodi seguiti per le stime delle portate con tre tempi di ritorno, ovvero TR=20, 200, 500 anni.

Come noto, l'analisi idrologica porta alla definizione dei parametri di ingresso al modello idraulico monodimensionale, che è stato implementato *per l'intera asta fluviale* nel tratto compresa fra il ponte storico di Cuorgnè e la confluenza in Po (circa 36 km). L'analisi parte da considerazioni a scala di bacino, di carattere climatico, per poi trattare con un maggior dettaglio i dati e le stime idrologiche anzidette.



1. Caratteristiche climatiche del bacino

Il bacino del torrente Orco è parte del bacino del fiume Po e ha una superficie di circa 930 km².

Il torrente Orco ha origine dal lago Rossett e scorre profondamente inciso sul versante meridionale del massiccio del Gran Paradiso; poi il percorso si sviluppa nell'altopiano canavesano fino alla confluenza nel Po, in prossimità di Chivasso.

Il bacino dell'Orco presenta caratteristiche climatiche idrologiche di piena molto differenziate, in funzione essenzialmente dell'esposizione alle perturbazioni meteoriche, della morfologia e, in minore misura, del tipo di substrato e di copertura del suolo.

Per quanto le classificazioni comportino sempre un certo grado di arbitrarietà, è possibile riconoscere tre aree a comportamento idrologico omogeneo:

- la parte di bacino alpino interno;
- la parte di bacino alpino pedemontani;
- la parte di bacino di pianura.

Tale distinzione è generica e più in generale, includendo altre classi di suddivisione, ad essa possono essere ricondotti i comportamenti idrologici dei differenti sottobacini del bacino padano. Più precisamente, con riferimento alle caratteristiche idrologiche dell'Orco, si possono distinguere bacini alpini interni, bacini alpini pedemontani e i bacini vallivi.

I bacini alpini interni sono rappresentati da vallate poste nelle zone più interne del settore occidentale della catena alpina e presentano portate specifiche di piena modeste.

Generalmente, nei bacini alpini interni, le catene montuose offrono una protezione diretta nei confronti delle perturbazioni dell'Atlantico e si hanno di conseguenza precipitazioni modeste, sia in termini di valori totali, sia di intensità. Inoltre, essendo i bacini montani costituiti da ampie zone al di sopra dei 2000 m s.m., le precipitazioni si manifestano per lunga parte dell'anno prevalentemente sotto forma nevosa e non contribuiscono alla formazione delle piene. Nei bacini di alta quota la formazione delle piene è inoltre influenzata dalla presenza di invasi idroelettrici, generalmente abbastanza significativa.

Le piene si verificano generalmente tra la fine della primavera e l'inizio dell'autunno, quando le precipitazioni nevose sono in proporzione scarse. Talora, in particolare a fine primavera, la presenza di un manto nevoso ancora consistente provoca un importante incremento del contributo di piena per effetto dello scioglimento della neve.

Per i motivi sopra elencati, spesso il verificarsi delle piene critiche non corrisponde ai valori di massima intensità di pioggia registrati alle stazioni pluviometriche, ma alla coincidenza di una serie di fattori concomitanti, come il manifestarsi di rialzi termici anomali e la presenza di una coltre nevosa consistente.

Nei bacini laterali si verificano frequentemente piene provocate da rovesci o temporali di grande intensità, ma di scarsa estensione. In questi casi si possono avere fenomeni di trasporto solido rilevanti con danni notevoli soprattutto nel caso di riattivazione di conoidi. Gli eventi di piena a carattere regionale sono piuttosto rari.

I bacini alpini pedemontani, presentano un'asta principale prevalentemente orientata in direzione nord-sud oppure sono esposti verso la pianura, quindi meno protetti rispetto alle perturbazioni meteoriche provenienti dal Mediterraneo attraverso il golfo di Genova e l'appennino ligure. In tali bacini (in cui è inclusa la zona montana del t. Orco) le precipitazioni sono più intense; l'altitudine, inferiore rispetto al gruppo precedente, fa sì che le precipitazioni siano generalmente prive di apporti nevosi consistenti per ampi periodi dell'anno, determinando portate specifiche nettamente più elevate. Nei bacini pedemontani le piene si verificano generalmente in autunno e, in misura minore, a fine primavera o a fine estate.



Costituiscono una classe a parte i bacini di pianura, ovvero i tratti vallivi di pianura, in cui assumono importanza sia l'effetto di laminazione dei colmi di piena lungo l'asta sia la eventuale contemporaneità delle piene sugli affluenti della zona montana e valliva.

In particolare:

- **l'alta valle Orco**, ovvero le zone prossime allo spartiacque italo-francese (dove le piogge sono minori e i rilievi fanno sì che per buona parte dell'anno si abbiano precipitazioni nevose), presenta caratteristiche intermedie tra bacini alpini pedemontani e bacini alpini interni;
- **la zona montana della valle Orco**, ovvero la parte di bacino più distante dal confine francese, fino allo sbocco del torrente nella zona di pianura (in corrispondenza del comune di Cuornè) presenta le caratteristiche di bacino alpino pedemontano;
- **la zona valliva**, ovvero la parte di bacino idrografico a valle di Cuornè fino alla confluenza con il fiume Po, presenta caratteristiche assimilabili ai bacini di pianura.

Le differenze climatiche e idrologiche del t. Orco sono state ampiamente confermata anche durante l'evento di piena del 22/26 settembre 1993. Si nota infatti,

- almeno per quanto riguarda la fase parossistica del fenomeno di piena (ovvero il 24 settembre 1993) una spiccata eterogeneità delle piogge, con valori elevati in corrispondenza dei rilievi di confine con la Valle d'Aosta (Bacini alpi interni), compreso il bacino del torrente Soana (Figura 1);
- una conferma dell'eterogeneità della precipitazione come risulta dall'analisi statistica pluviometrica delle piogge a 24 ore (figura 2), con riferimento alla media dei valori massimi.

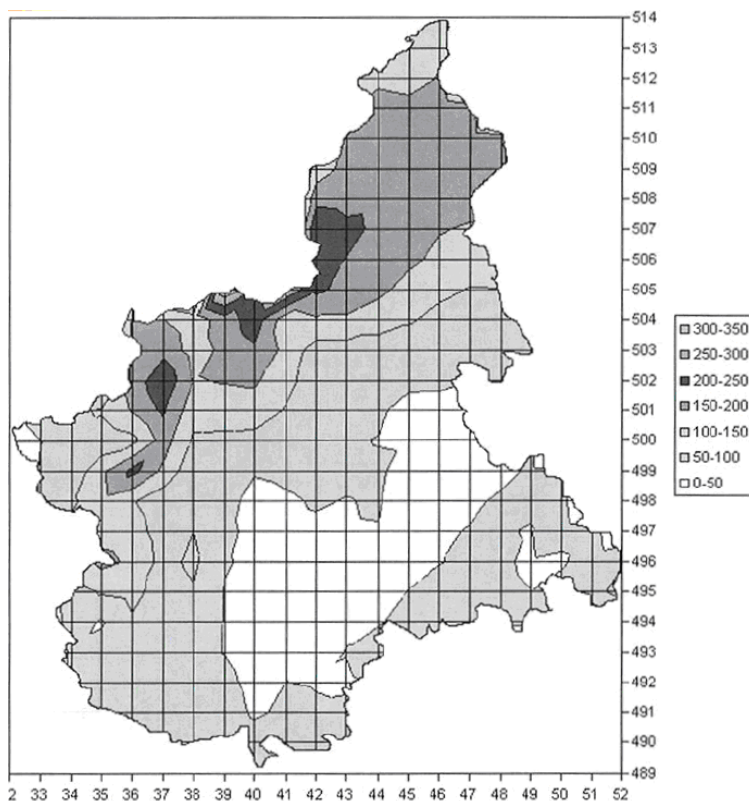


Figura 1. Isoiete dalle ore 18.00 del 23.9.1993 alle ore 18.00 del 24.9.1993.

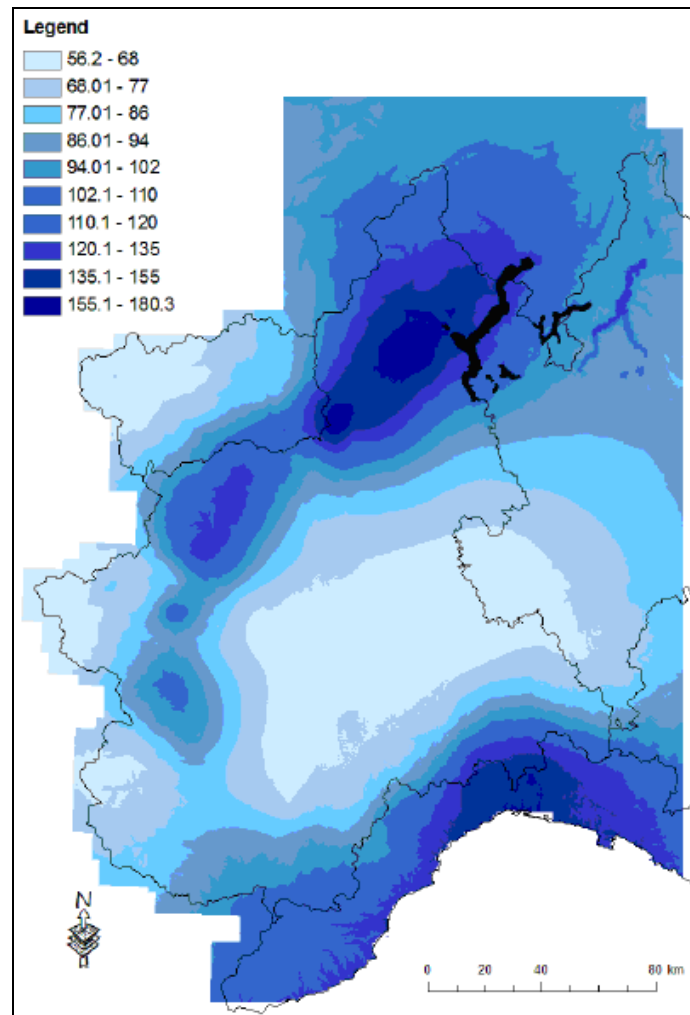


Figura 2. Media aritmetica della massima precipitazione annua per durata pari a 24 ore (evento pluviometrico del 1993).

Dal punto di vista storico, il bacino del torrente Orco è stato sollecitato da importanti eventi di piena anche nel 1994, nel 2000 e nel 2008.

Di seguito si riporta una breve descrizione dei principali eventi:

- Ottobre 1953: l'alluvione ha comportato la ripresa di movimenti franosi già attivi negli anni '40 ed ha interessato principalmente l'area di Locana;
- Giugno 1957: evento alluvionale che per estensione dei territori interessati e per entità dei danni si colloca tra i maggiori, a carattere regionale, che si sono succeduti a partire dall'inizio del 1800;
- Febbraio 1974: attivazione di frane nell'alta valle Orco a seguito di precipitazioni straordinarie;
- Luglio 1974: la piena sull'Orco ha portato a straripamenti diffusi presso Pont Canavese;
- Agosto 1978: precipitazioni di breve durata ed elevata intensità interessano principalmente la val Soana;
- Dicembre 1986: attivazione di dissesti idrogeologici che hanno comportato condizioni di pericolo per persone e beni principalmente nei pressi di Nasca;
- Settembre 1993: una piena di gravosità straordinaria colpisce l'intera asta dell'Orco e del Soana. Il fattore connotante di questo evento è stato il notevole trasporto solido e il conseguente alluvionamento dei tratti vallivi. Le portate massime di picco dell'evento sull'Orco sono state: 220 m³/s a Ceresole, 1600 m³/s a Spineto;



- Novembre 1994: piena dell'Orco con gravosità inferiore alla precedente, ma che ha comunque comportato fenomeni di allagamento e dissesto sul fondovalle;
- Ottobre 2000: l'evento è stato tra i principali degli ultimi secoli; per il dettaglio relativo ai massimi di piena si faccia riferimento al §.2;
- Maggio 2008: l'evento idrologico ha determinato il manifestarsi di processi gravitativi e fluvio-torrentizi localizzati e di ridotta entità.



2. Idrologia della zona valliva

2.1. Base dati disponibile

L'analisi probabilistica dell'idrologia del bacino del torrente Orco nella zona valliva (a valle dell'abitato di Cuornè) è possibile grazie alla disponibilità di dati pluviometrici e dati idrometrici, ottenibili sia dalle pubblicazioni (annali idrologici) sia nei rapporti d'evento (ARPA Piemonte e Regione Piemonte, servizi tecnici di prevenzione), oltreché alla disponibilità di modelli idrologici locali o a scala di bacino, sviluppati a vario titolo dalle Università e adottati dalle amministrazioni.

Tra le base dati disponibili si annoverano:

1. i quattro volumi della Pubblicazione n.17 del S.I.M.N. (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale);
2. la sezione F ("Eventi di carattere eccezionale") degli Annali Idrologici presenti negli anni 1957, 1959, 1960, 1966, 1968, 1970,
3. i record breaking, ovvero coppie altezza idrica - portata indicate sugli Annali Idrologici con riferimento ai massimi eventi di piena registrati fino al momento di redazione dell'Annale;
4. le strisce idrometriche cartacee originali
5. le pubblicazioni sulle relazioni d'evento alluvionale del 1993 e del 2000 redatte dalla Regione Piemonte

In particolare, dallo studio recentemente condotto in collaborazione tra ARPA Piemonte e Politecnico di Torino, è emerso che:

- talvolta, fonti diverse forniscono valori contrastanti di altezza idrometrica per uno stesso anno; in tali casi, ai fini dell'individuazione del dato di piena più affidabile, si è considerato maggiormente affidabile il dato delle altezze provenienti dalla lettura degli idrogrammi, in quanto le strisce costituiscono una testimonianza della situazione reale;
- molte stazioni presentano uno sdoppiamento temporale nell'andamento delle scale, riconducibile, ad esempio, a probabili variazioni non rilevate del posizionamento dello strumento di misura; spesso infatti le quote riportate sugli annali sono approssimate al metro e risulta impossibile evidenziare tali spostamenti; è anche possibile che si siano verificate modifiche della geometria della sezione, indotte da eventi particolarmente rilevanti.

Sulla base di queste considerazioni, la base dati disponibile è stata recentemente aggiornata e criticamente rivista attraverso una attività congiunta tra ARPA e Politecnico di Torino, che ha reso possibile la pubblicazione del "*Catalogo delle portate massime annuali al colmo del bacino occidentale del Po*", redatto da ARPA Piemonte, che integra la pubblicazione n.17 del SIMN (materialmente interrotta negli anni settanta), rivede ed eventualmente corregge i valori di portata al colmo di piena contenuta nella pubblicazione n.17 del SIMN.

Nel bacino idrografico dell'Orco sono disponibili dati idrometrici registrati in due stazioni idrometriche, localizzate a Pont Canavese (Area di bacino 614 km²) e a San benigno canavese (Area di bacino 838 km²).

La numerosità dati idrometrici delle stazioni è eterogenea.

Nel bacino idrografico dell'Orco la stazione idrometrica con il maggior numero di registrazioni è situata a **Pont Canavese** (area di bacino idrografico 614 km² figure 4), per la quale sono pubblicati (pubblicazione n.17 del SIMN- servizio idrografico e mareografico Nazionale, indicato nel seguito con Set A) i dati relativi alle portate massime al colmo per il periodo 1928 – 1976. In questa stazione, la massima piena storica registrata risale al settembre 1947, con 1.410 m³/s. Benché la pubblicazione n.17 del SIMN rappresenti l'unico esempio di catalogo sistematico delle piene in Italia, esistono alcune



lacune nei dati di portata al colmo di piena, precisamente negli anni 1944, 1946, e nel periodo successivo al 1971.

Sono anche note le portate di piena al colmo più recenti del 1993 e del 2000 (datate indicato con set B), che sono particolarmente significative per le valutazioni statistiche, deducibili dai rapporti d'evento di ARPA Piemonte.

L'ARPA Piemonte ha recentemente ricostruito i dati di portata al colmo di piena mancanti nella pubblicazione n.17 del SIMN, grazie a una rielaborazione idrologica e a un controllo dei dati pubblicati attraverso le registrazioni agli idrometri.

Pertanto, con la ricostruzione nel 1946, e nel periodo dal 1971, al 1977, sommando anche le stime delle portate di piena degli eventi alluvionali del 1993 e del 2000 il totale delle registrazioni delle portate di piena sale a 49 (set C).

Attualmente a Pont Canavese non vi sono stazioni idrometriche.

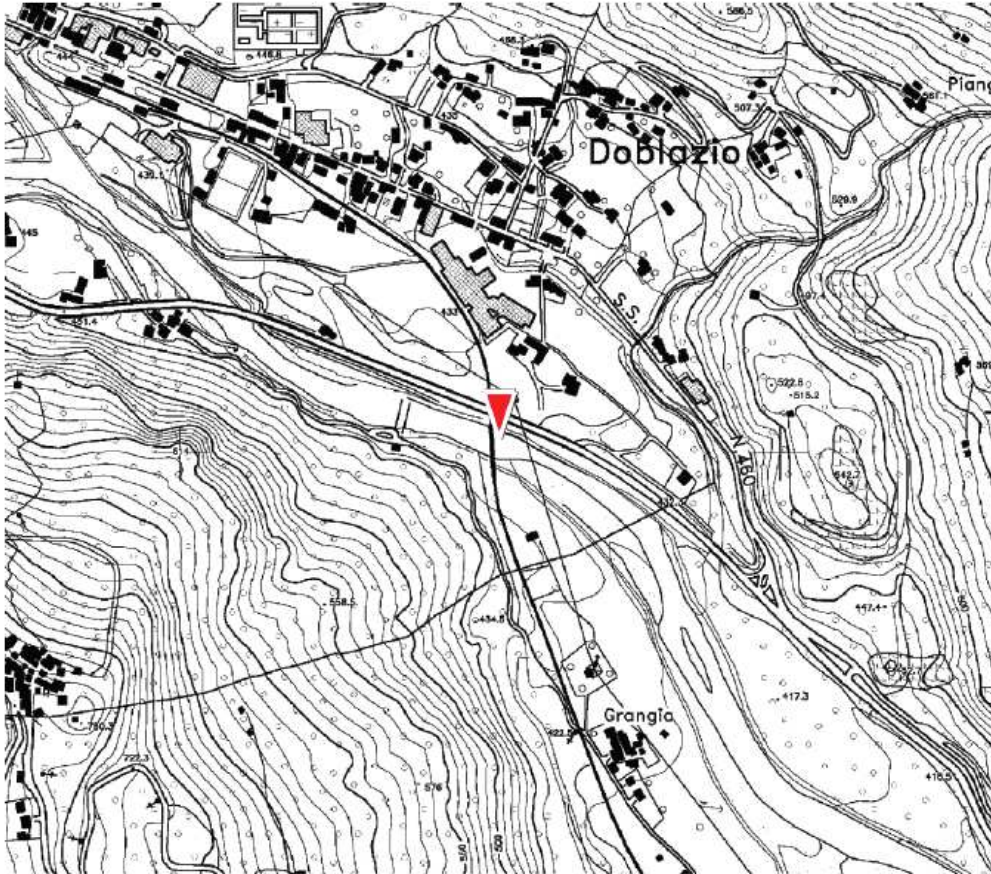
La stazione a **San Benigno Canavese** (area di bacino idrografico 838 km²) è stata installata nel 2000, e per essa ARPA Piemonte ha pubblicato le portate al colmo di piena del periodo tra il 2000 e il 2010 (progetto FLORA, 2012).

La portata al colmo di piena massima è riferita alla piena del 2000 (1500 m³/s).

La stazione è installata sul ponte della strada provinciale SP.40, immediatamente a monte del ponte dell'autostrada A5. La scarsità di registrazioni in condizione di piena non permette valutazioni idrologiche significative ai fini della previsione del rischio da alluvione.



Orco a Pont Canavese



Coord.Geografiche (WGS84)	Lon. 7° 36' 48.19" Lat. 45° 24' 54.55"	Bacino Principale	Orco
Coord. Cartografiche UTM 32N (WGS84) [m]	E 391505,7569 N 5030005,441	Quota dello zero idrometrico [m s.l.m.]	430
Area bacino [km ²]	613,9	Data inizio osservazioni	1928, con lacune dal 1944, compreso, al 1947, compreso.
Aree lacuali [%]	0,73	Data inizio misure	03/1928
Lunghezza asta principale [km]	53,2	Data disattivazione	-
Aree a quota > 2500 m [%]	22,7	Min. altezza idrometrica [m]	0,9 (07/03 - 11/04/1948)
Aree a quota > 2000 m [%]	47,6	Max. altezza idrometrica [m]	5,7 (-)
Aree a quota > 1500 m [%]	72,3	Portata minima [m ³ /sec]	1,15 (-)
Aree a quota > 1000 m [%]	90,8	Portata massima [m ³ /sec]	1410 (-)
Quota massima bacino [m s.l.m.]	3885,0	Area sottobacini sottesi da invasi artificiali [%]	22,1
Quota media bacino [m s.l.m.]	1938,0	Capacità utile invasi artificiali [10 ⁶ m ³]	90,3

Figure 3. Localizzazione e dati caratteristici della stazione di Pont Canavese



Orco a Pont Canavese								
Anno	Q_{colmo} [m ³ /s]	Q_{glorn} [m ³ /s]	Anno	Q_{colmo} [m ³ /s]	Q_{glorn} [m ³ /s]	Anno	Q_{colmo} [m ³ /s]	Q_{glorn} [m ³ /s]
1921	-	-	1951	470.0	273.0	1981	-	-
2	-	-	2	87.0	74.8	2	-	-
3	-	-	3	325.0	206.0	3	-	-
4	-	-	4	223.0	103.0	4	-	-
1925	-	-	1955	220.0	93.7	1985	-	-
6	-	-	6	376.0	232.0	6	-	-
7	-	-	7	620.0	320.0	7	-	-
8	327.0	247.0	8	482.0 ⁽²⁾	95.6	8	-	-
9	310.0	162.0	9	250.0	140.0	9	-	-
1930	274.0	199.0	1960	410.0	274.0	1990	-	-
1	138.0	117.0	1	760.0	176.0	1	-	-
2	387.0	218.0	2	1260.0	530.0	2	-	-
3	373.0	259.0	3	232.0	175.0	3	1500.0 ⁽³⁾	-
4	396.0	200.1	4	846.0	257.0	4	-	-
1935	489.0	329.2	1965	616.0	238.0	1995	-	-
6	157.0	96.8	6	376.0	256.0	6	-	-
7	293.0	209.1	7	70.0	32.5	7	-	-
8	970.0	233.2	8	466.0	283.0	8	-	-
9	200.0	115.4	9	359.0	225.0	9	-	-
1940	354.0	253.0	1970	327.0	225.0	2000	1800.0 ⁽³⁾	-
1	542.0	276.0	1	240 ⁽¹⁾	117.0	1	-	-
2	622.0	350.0	2	-	165.0	2	-	-
3	244.0	110.0	3	-	149.0	3	-	-
4	-	-	4	208 ⁽¹⁾	85.7	4	-	-
1945	1140.0	-	1975	307 ⁽¹⁾	121.0	2005	-	-
6	471 ⁽¹⁾	-	6	385 ⁽¹⁾	246.0	6	-	-
7	1410.0	-	7	1883 ⁽¹⁾	-	7	-	-
8	1070.0	497.0	8	-	-	8	-	-
9	310.0	250.0	9	-	-	9	-	-
1950	130.0	50.0	1980	-	-	2010	-	-

Note: ⁽¹⁾ Dato ricostruito mediante scala di deflusso di piena.
⁽²⁾ Dato corretto mediante scala di deflusso di piena.
⁽³⁾ Dato dedotto dai Rapporti d'Evento di Arpa Piemonte.

Figure 4. Serie storica delle portate alla stazione di Pont Canavese



Orco a San Benigno Canavese



Coord.Geografiche (WGS84)	Lon. 7° 48' 22.22" Lat. 45° 14' 48.43"	Bacino Principale	Orco
Coord. Cartografiche UTM 32N (WGS84) [m]	E 406313 N 5011059	Quota dello zero idrometrico [m s.l.m.]	209,99
Area bacino [km ²]	838,0	Data inizio osservazioni	08/06/2000
Aree lacuali [%]	0,54	Data inizio misure	-
Lunghezza asta principale [km]	82,7	Data disattivazione	Attiva
Aree a quota > 2500 m [%]	16,6	Min. altezza idrometrica [m]	0,33 (31/07/2007)
Aree a quota > 2000 m [%]	35,1	Max. altezza idrometrica [m]	4,11 (14/10/2000)
Aree a quota > 1500 m [%]	54,0	Portata minima [m ³ /sec]	0,092 (02/03/2003)
Aree a quota > 1000 m [%]	70,1	Portata massima [m ³ /sec]	1500 (14/10/2000)
Quota massima bacino [m s.l.m.]	3885,0	Area sottobacini sottesi da invasi artificiali [%]	16,2
Quota media bacino [m s.l.m.]	1567,0	Capacità utile invasi artificiali [10 ⁶ m ³]	90,3

Figure 5. Localizzazione e dati caratteristici della stazione di San Benigno Canavese.



Orco a San Benigno Canavese								
Anno	Q_{colmo} [m ³ /s]	Q_{glorn} [m ³ /s]	Anno	Q_{colmo} [m ³ /s]	Q_{glorn} [m ³ /s]	Anno	Q_{colmo} [m ³ /s]	Q_{glorn} [m ³ /s]
1921	-	-	1951	-	-	1981	-	-
2	-	-	2	-	-	2	-	-
3	-	-	3	-	-	3	-	-
4	-	-	4	-	-	4	-	-
1925	-	-	1955	-	-	1985	-	-
6	-	-	6	-	-	6	-	-
7	-	-	7	-	-	7	-	-
8	-	-	8	-	-	8	-	-
9	-	-	9	-	-	9	-	-
1930	-	-	1960	-	-	1990	-	-
1	-	-	1	-	-	1	-	-
2	-	-	2	-	-	2	-	-
3	-	-	3	-	-	3	-	-
4	-	-	4	-	-	4	-	-
1935	-	-	1965	-	-	1995	-	-
6	-	-	6	-	-	6	-	-
7	-	-	7	-	-	7	-	-
8	-	-	8	-	-	8	-	-
9	-	-	9	-	-	9	-	-
1940	-	-	1970	-	-	2000	1500	-
1	-	-	1	-	-	1	180	-
2	-	-	2	-	-	2	590	-
3	-	-	3	-	-	3	135	48.89
4	-	-	4	-	-	4	515	206.3
1945	-	-	1975	-	-	2005	240	60.8
6	-	-	6	-	-	6	750	426.7
7	-	-	7	-	-	7	180	79.6
8	-	-	8	-	-	8	530	453.5
9	-	-	9	-	-	9	520	303.4
1950	-	-	1980	-	-	2010	825	650.6

Note:

Figure 6. Serie storica delle portate alla stazione di San Benigno Canavese.



2.2. Elaborazioni statistiche e inferenza statistica.

Allo stato attuale, sul bacino del torrente Orco, si dispongono di stime probabilistiche derivate dall'applicazione di modelli probabilistici differenti, sviluppati a vario titolo anche da Enti diversi e basati sostanzialmente su basi dati eterogenee, ai fini della stima delle portate di piena Q per assegnato tempo di ritorno T .

I metodi applicati possono essere raggruppati come segue.

Metodi di stima locale (MSL).

Tali metodi includono i sistemi di regolarizzazione dei dati disponibili in una data sezione idrometrica. La letteratura scientifica propone differenti leggi di distribuzione di probabilità, tra le quali si annoverano:

- GEV (General Extreme Value)
- LN3 (Three-Parameter Lognormal),
- LP3 (Log-Pearson Type 3)
- P3 (Pearson Type 3)
- TCEV (Two components extreme values)

Stima regionale colmi (MSR). Metodo basato sulla stima della portata indice Q_{ind} e del coefficiente di crescita $K(T)$; sia la portata indice sia i momenti della distribuzione probabilistica o degli I-moments, sono ottenuti attraverso un processo di regionalizzazione, ovvero attraverso regressioni multiple che tengono generalmente in conto le caratteristiche climatiche, geografiche e pedologiche dei bacini. I metodi MSR hanno una elevata complessità e si basano su valutazioni geostatistiche; la taratura si avvantaggia generalmente di un maggior numero di dati, ritenuti statisticamente omogenei nell'area di bacino di interesse.

Stima regionale di trasformazione giornalieri-colmi (MSR2). Metodo basato sulla stima della portata indice Q_{ind} , del coefficiente di crescita $K(T)$ secondo quanto anzidetto; la stima probabilistica degli I-moments è ottenuta usando i dati della portata di piena giornaliera (riferita alle 24 ore).

Più in particolare, operativamente, sul bacino dell'Orco, sono stati applicati modelli idrologici differenti, che sono basati, oltre che su metodi di calcolo probabilistico eterogenei, su basi di dati non uniformi. In particolare si hanno a disposizione:

- le stime delle $Q(T)$ contenute nella *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, che stabilisce le portate di piena per i corsi d'acqua nelle sezioni significative (parte valliva); la direttiva, in attuazione dell'art. 10 delle NT del PAI, contiene i valori delle precipitazioni intense nelle diverse aree del bacino e quelli delle portate di piena sui corsi d'acqua principali, interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali (nell'ambito del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali - PSFF e del PAI) e, per gli stessi corsi d'acqua, il profilo della piena di progetto. Le portate al colmo di piena, per differenti tempi di ritorno, sono le seguenti.

Tabella 14: portate di piena per il torrente Orco

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie km ²	Q20 m ³ /s	Q100 m ³ /s	Q200 m ³ /s	Q500 m ³ /s	Idrometro Denominazione
		Progr.(km)	Cod.	Denomin.						
Orco	Orco	47.720	30	Cuorgné	634	1160	1900	2280	2850	
Orco	Orco	79.825	1	Confl. in Po	930	1300	2020	2370	2870	

Tabella 1. Portate massime al colmo stimate nell'ambito del PAI (Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica).



- le stime *regionalizzate* della $Q(T)$ progetto del VAPI Piemonte-Valutazione delle Piene in Piemonte, modello sviluppato dal CNR-CUGRI; il VAPI è un modello operativo composto da una base modellistica idrologica avanzata e da un software applicativo di tipo GIS che consente, per ogni assegnata sezione del reticolo idrografico della regione, la stima in automatico della relazione tra il valore della portata di piena ed il valore del suo periodo di ritorno. La conoscenza di tale relazione è indispensabile per effettuare tutte le analisi di pianificazione nell'ambito del rischio di alluvione, consente di effettuare a posteriori la valutazione idrologica degli indici di eccezionalità di un evento e costituisce la base per le elaborazioni necessarie alla determinazione dei valori delle soglie in un sistema di preannuncio e di preallarme piena. Il modello proposto è stato realizzato organizzando le conoscenze a priori relative alle fenomenologie di formazione delle portate di piena durante eventi meteorici brevi ed intensi maturate all'interno del Progetto VAPI (Progetto Nazionale per la Valutazione delle Piene in Italia), realizzato nell'arco del decennio 1985-1995 dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI).
- le *stime locali* della $Q(T)$ del progetto VAPI Piemonte-Valutazione delle Piene in Piemonte, sviluppato dal CNR-CUGRI; le stime locali sono state sviluppate a partire dalla base dati disponibile, mediante l'applicazione della legge di probabilità *TCEV two components extreme values*;
- le *stime empiriche della $Q(T)$* del progetto VAPI Piemonte-Valutazione delle Piene in Piemonte, sviluppato dal CNR-CUGRI; le stime sono effettuate applicando una relazione empirica, ottenuta su base geostatistica, che considera come variabili l'area del bacino, le piogge medie di durata 24 ore e la percentuale di bacino idrografico boscata ad alta permeabilità;
- le *stime regionalizzate (MSR)* e locali (MSL) del progetto di ricerca sviluppato dal Politecnico di Torino, *Aggiornamento delle procedure di valutazione delle piene in Piemonte* (di seguito denominato *REG.POLITO*) con particolare riferimento ai bacini sottesi da invasi artificiali; il metodo applicato si basa sul modello della portata indice, e propone stime multiple della portata al colmo di piena, secondo procedure di stima locale e di stima regionalizzata; le stime idrologiche $Q(T)$ disponibili si riferiscono alle stesse sezioni di chiusura del bacino per le quali sono presenti idrometri, ovvero, per il torrente Orco, per la stazione di Pont Canavese e di S.Benigno;
- le stime idrologiche del *Programma di gestione dei sedimenti del torrente Orco (PGS)*; redatto conformemente alla Deliberazione n. 9/2006 del 05/04/2006 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino "Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua". Come noto tale Direttiva definisce il termine "gestione dei sedimenti" come l'insieme delle azioni di carattere non strutturale (approfondimenti conoscitivi sul tema del trasporto solido, definizione dell'assetto planoaltimetrico di riferimento dell'alveo, monitoraggio delle caratteristiche morfologiche dell'alveo, individuazione di vincoli e di regole operative per la manutenzione dell'alveo) e di carattere strutturale (interventi di movimentazione ed eventualmente asportazione di materiale litoide) necessarie al conseguimento di buone condizioni di officiosità idraulica, morfologica e ambientale del corso d'acqua
- le stime idrologiche dello Studio idraulico dei bacini dei torrenti Orco, Soana, Bordone, Ordinanza ministeriale M.I. n. 3090/2000 - programma stralcio per la realizzazione di opere pubbliche di competenza regionale, sviluppato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca Protezione Idrogeologica del territorio (CNR-IRPI. Referente: dott. Geol Domenico Tropeano).

Si riassumono brevemente alcuni dei risultati ottenuti.



STAZIONE DI Pont Canavese (o in prossimità)

Fonte della stima	Metodo di stima	Portata al colmo TR=200 anni	Osservazioni
PAI (2001) (*)	Riferimento pianificazione	2280	Elab. Riferito a Pont Canavese
PGS (2003)	Riferimento per la gestione dei sedimenti	2272	Elab. Riferito a Pont. C.se. (617 km ²); ottenuto per estrapolazione (similitudine statistica) dalla stima della Q(T) a Cuorgnè del PAI
	Riferimento per la gestione dei sedimenti	2280	Elab. Riferito a Cuorgnè (634 km ²);
	MSL (GEV)	2172	Set A
	MSL	2442	Set A + dati 1992, 1993, 1994
	GEV MSL	2771	SET A + dati 1992, 1993, 1994, 2000
	(GEV)		
	MSL (LN3)	1919	Set A
	MSL (LP3)	1937	Set A
	MSL (P3)	1680	Set A
Vapi piemonte (2003)	Modello regionale (TCEV)	2579	Set A modificato Valore riferito alla sezione di Cuorgnè
	Modello empirico	2427	Set A modificato Valore riferito alla sezione di Pont C.se
	MSL (TCEV)	2329	Set A modificato Valore riferito alla sezione di Pont c.se
REG.POLITO	MSL (LN3)	3031	Set A + set B Valore riferito alla sezione di Pont C.se
	MSR	1122	Set A + set B Valore riferito alla sezione di Pont C.se
CNR - 2001	Ordinanza M.I. n. 3090/2000	2227	Riferito a Pont C.se, a valle della confluenza con il t. Soana; area bacino stimata in 622 km ²

Tabella 2. Portate massime al colmo stimate in corrispondenza o in prossimità della stazione di Pont Canavese.



Fonte della stima	Stima	Portata al colmo TR=200 anni	Osservazioni
PAI (2001)	Riferimento pianificazione	2370	Elab. Riferito a Chivasso
PGS (2003)	Riferimento per la gestione dei sedimenti	2370	Elab. Riferito a area 930 km ²
Vapi piemonte (2003)	Modello regionale (TCEV)	2440	Set A modificato Valore riferito alla sezione di Chivasso
	Modello empirico (pioggia 24h)	2259	Set A modificato Valore riferito alla sezione di Chivasso
REG.POLITO	MSL (LN3)	2434	Set A + set B Valore riferito alla sezione di S.Benigno
	MSR	1521	Set A + set B Valore riferito alla sezione S.Benigno

Tabella 3. Portate massime al colmo stimate in corrispondenza della confluenza del torrente Orco con il fiume Po, in prossimità di Chivasso e della stazione di San Benigno.



3. Livello di confidenza

Rispetto al valore indicato nella *Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*, utilizzata finora nel bacino del torrente Orco come riferimento per la pianificazione del suolo e la programmazione delle opere, le stime dei valori di piena stimati attraverso modelli differenti mostrano una elevata variabilità.

Rispetto al valore di portata $Q(200)$ stimata dal modello VAPI (modello regionalizzato), i valori di stima degli altri metodi mostrano scostamenti udometrici

$$\Delta_{udom} = \left| \frac{Q_{mod\ ello}}{A_{mod\ ello}} - \frac{Q_{VAPI}}{A_{VAPI}} \right|$$

compresi nell'intervallo $0.3 \div 2.3$.

Rispetto ai valori di *threshold* (Valori tabellati e rappresentati graficamente nelle *TUD curves* — *Threshold Udometric Deviance Curves*) utilizzati dalla Regione Piemonte per testare il livello di discordanza dei valori delle stime di portata (effettuate con un modello qualsiasi) rispetto ai valori VAPI si nota che:

1. la stima locale PGS(P3) e la stima regionale del Politecnico di Torino, sono spiccatamente oltre i livelli di media concordanza delle *TUD curves*; l'esperienza maturata nell'applicazione valori delle *TUD curves* mostra che, nel caso di forti scostamenti udometrici rispetto ai valori VAPI, la probabilità che le stime fornite siano in linea con i valori medi utilizzati nella pianificazione è bassa;
2. escluse le due stime soprariportate, tutte le altre stime presentano scostamenti idrometrici inferiori ai valori di cui alla curva di media concordanza;
3. per quanto riguarda le stime inferiori alla linea di ottima concordanza, per la sezione di Pont Canavese, considerato che l'errore strumentale (lettura del livello) e di taratura della scala di deflusso sono certamente dell'ordine anche superiore al 15%, risulta che lo scostamento rispetto al valore udometrico VAPI, calcolato per $A=634 \text{ km}^2$, ovvero $u_{dom\ VAPI} = 4.14 \text{ m}^3/\text{skm}^2$ è di $\Delta_{udom\ VAPI} = 4.1 \text{ m}^3/\text{skm}^2 * (\pm 15\%) = \pm 0.6 \text{ m}^3/\text{skm}^2$. Ne risulta che le *stime idrologiche inferiori alla curva di ottima concordanza sono idrologicamente equivalenti*, in quanto gli scostamenti udometrici rispetto al valore del VAPI sono inferiori a 0.6;
4. per quanto riguarda le stime inferiori alla linea di ottima concordanza, per la sezione di Chivasso (confluenza tra Orco e Po), risulta che lo scostamento rispetto al valore udometrico VAPI, calcolato per $A=916 \text{ km}^2$, ovvero $u_{dom\ VAPI} = 2.69 \text{ m}^3/\text{skm}^2$ è dell'ordine di $\Delta_{udom\ VAPI} = 2.69 \text{ m}^3/\text{skm}^2 * (\pm 15\%) = \pm 0.4 \text{ m}^3/\text{skm}^2$. Ne risulta che le *stime idrologiche inferiori alla curva di ottima concordanza sono idrologicamente equivalenti*, in quanto gli scostamenti udometrici sono inferiori a $0.4 \text{ m}^3/\text{skm}^2$.

Pertanto le portate al colmo di piena indicate dal PAI possono essere considerate valori di riferimento per la mappatura della pericolosità di inondazione.

La variabilità delle stime (15% di scostamenti rispetto alle portate regionalizzate) permette di assegnare un **grado di confidenza MEDIO** alle portate indicate nel PAI.

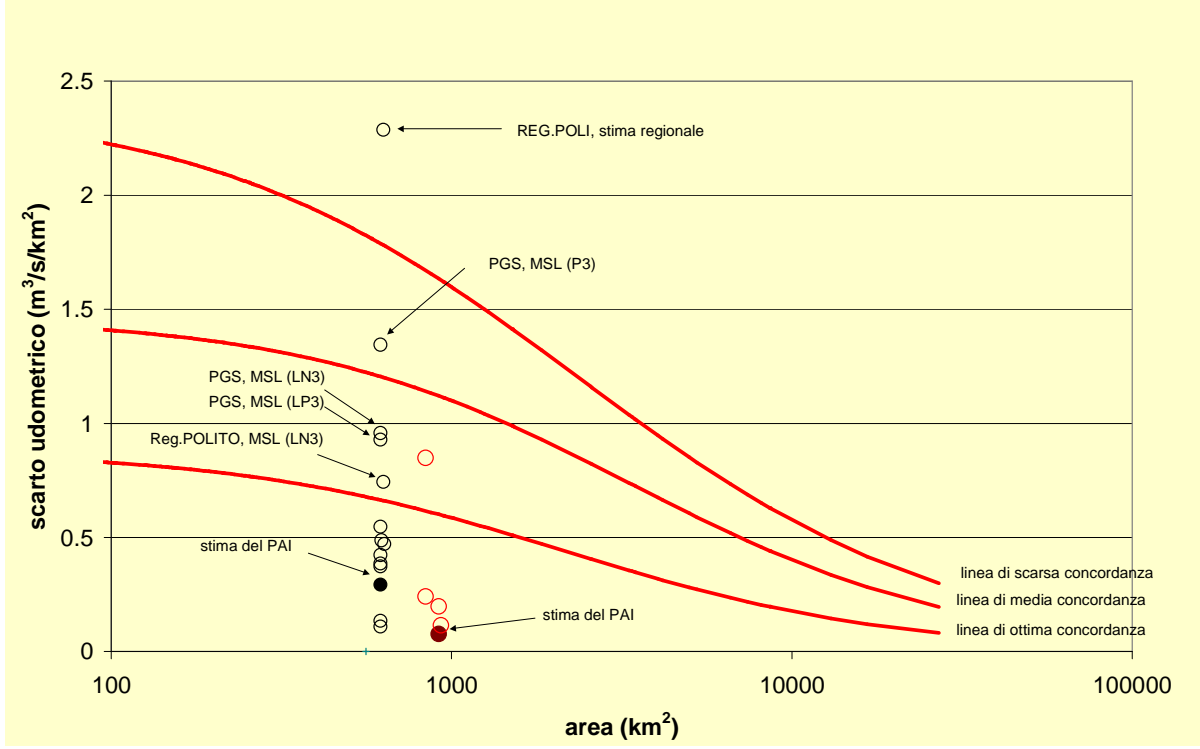


Figura 7. Rappresentazione delle stime di portata al colmo di piena nel grafico delle curve TUD-(Treshold Udometric Deviance). In colore nero sono evidenziate le stime del PAI.