

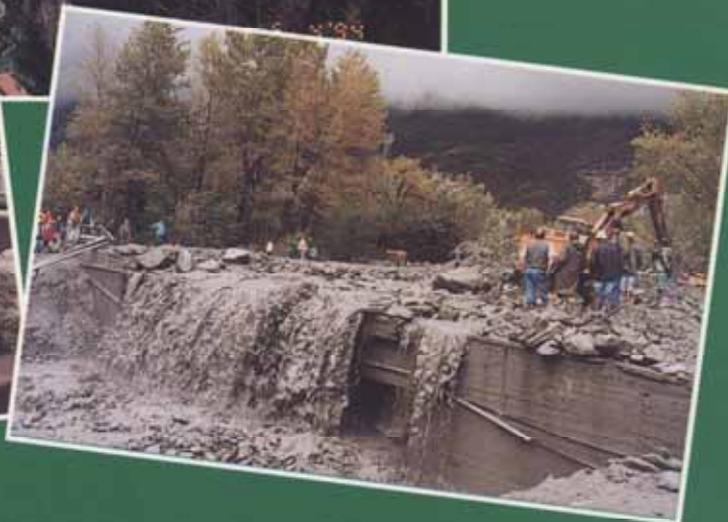
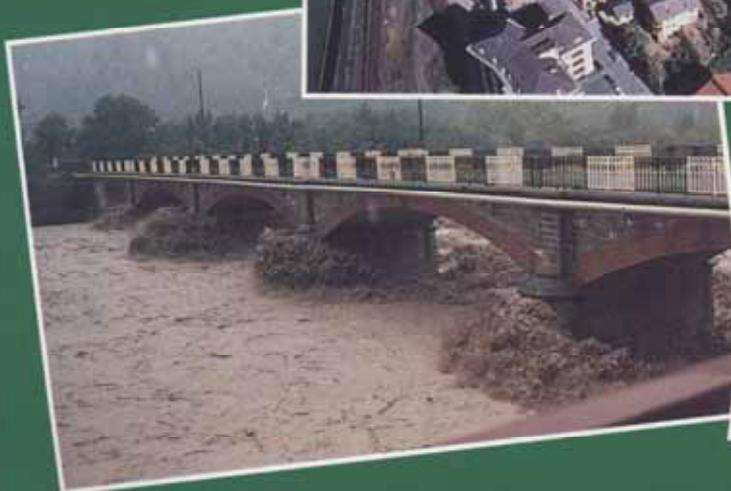
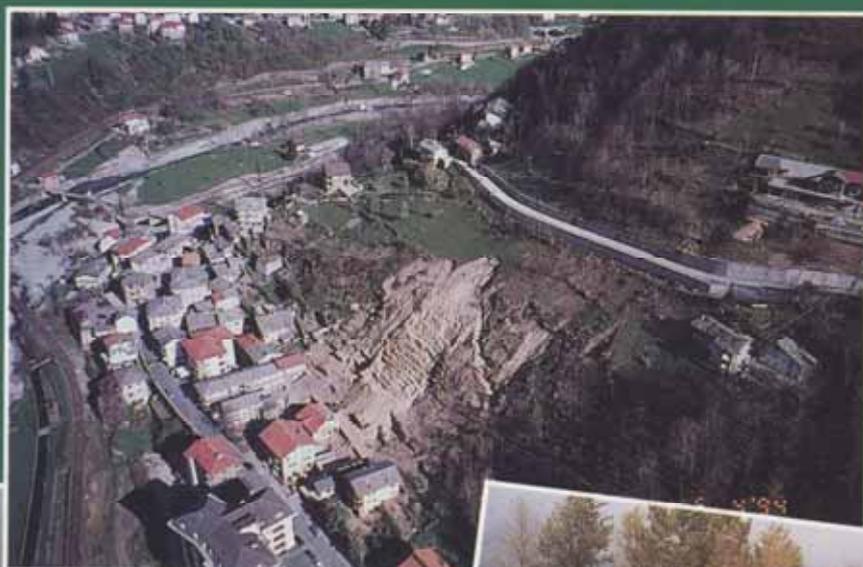


REGIONE PIEMONTE

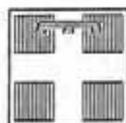
ASSESSORATO AMBIENTE, CAVE E TORBIERE, ENERGIA, PIANIFICAZIONE E GESTIONE
DELLE RISORSE IDRICHE, LAVORI PUBBLICI E TUTELA DEL SUOLO

SETTORE PER LA PREVENZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO, METEOROLOGICO E SISMICO
con la collaborazione del CNR - Istituto Italiano di Idrobiologia, dell'Istituto di Idraulica Agraria
dell'Università degli Studi di Torino e delle Risorse Idriche S.p.A.

GLI EVENTI ALLUVIONALI del settembre-ottobre 1993 IN PIEMONTE



Torino, 1996



REGIONE PIEMONTE

ASSESSORATO AMBIENTE, CAVE E TORBIERE, ENERGIA, PIANIFICAZIONE
E GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE, LAVORI PUBBLICI E TUTELA DEL SUOLO

Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico
con la collaborazione del C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia, dell'Istituto di Idraulica Agraria
dell'Università degli Studi di Torino e della Risorse Idriche S.P.A.

GLI EVENTI ALLUVIONALI del settembre-ottobre 1993 IN PIEMONTE

Pubblicazione curata da P. Tonanzi (1) e C. Troisi (1)

Elenco autori:

Walter Ambrosetti (2)	Vincenzo Coccolo (1)	Raffaele Perrone (1)
Virgilio Anselmo (3)	Marco Cordola (1)	Manlio Ramasco (1)
Giovanni Arcuri (1)	Riccardo De Bernardi (2)	Silvano Ravera (4)
Luigi Barbanti (2)	Ferruccio Forlati (1)	Angelo Rolla (2)
Danila Barozzi (1)	Enrico Gandino (1)	Gianfranco Susella (1)
Marco Belfiore (1)	Vittorio Giraud (1)	Francesco Tresso (4)
Gianfranca Bellardone (1)	Andrea Lazzari (1)	Paolo Tonanzi (1)
Giuseppe Ben (1)	Vittorio Libera (2)	Carlo Troisi (1)
Stefano Bovo (1)	Claudio Marchisio (1)	Elena Turroni (1)
Michele Buffo (4)	Lorenzo Masoero (1)	Annamaria Zillani (1)
Eugenio Cavallero (4)	Roberto Oberti (1)	

Con la collaborazione di:

Pierfrancesco Aliatta (1)	Cinzia Piccioni (1)	Ferdinando Tamberlani (1)
Roberto Borgogno (1)	Silvana Raffone (1)	Franca Trucco (1)

(1) Regione Piemonte - Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, Via XX Settembre 88, 10100 Torino.

(2) CNR - Istituto Italiano di Idrobiologia, Largo Tonolli 50/52, 28048 Verbania.

(3) Istituto di Idraulica Agraria dell'Univ. degli Studi di Torino, Corso Raffaello 8, 10126 Torino.

(4) Risorse Idriche S.P.A., Via Pomba 23, 10123 Torino.

In copertina:

- Il ponte di S. Nazaro, lungo il Torrente Borbera (AL), sotto l'urto della corrente di piena (fot. Zanini).
- Dissesto franoso presso Pessinetto (TO).
- La Strada Provinciale 210 tra Novalesa e Venaus (TO), interrotta dalla colata di fango e detriti lungo il T. Marderello.

In quarta di copertina:

- Stralcio dalla Carta degli allagamenti nella zona di Ivrea, redatta dal Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico (cf. Par. 4).

PRESENTAZIONE

Gli eventi alluvionali che hanno interessato il territorio regionale piemontese nel corso degli ultimi anni hanno drammaticamente riproposto tematiche che da anni sono note ai tecnici che operano nel settore della prevenzione del rischio geologico ma spesso vengono sottovalutate da chi, a vario titolo, opera sul territorio.

Lo stato attuale delle conoscenze in materia di pericolosità geologica impone che gli interventi sul territorio vengano inseriti in un contesto di programmazione territoriale generale che tenga in debito conto tali conoscenze.

Non è più accettabile che interventi tesi a soddisfare volontà edificatorie puntuali sottraggano aree vitali ai corsi d'acqua che, come storicamente e tragicamente accertato, rioccupano con frequenza sempre maggiore gli spazi indebitamente sottratti.

I recenti eventi alluvionali hanno ribadito la necessità di salvaguardia delle aree naturali di esondazione. A tal proposito le aree di pertinenza fluviale delle aste principali sono state di recente individuate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po che, con la predisposizione del piano Stralcio delle Fasce Fluviali, indica le linee generali di intervento per l'assetto idraulico e per la difesa dalle piene.

La presente pubblicazione è principalmente il risultato dell'attività che il Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte ha condotto a seguito dell'evento alluvionale dei mesi di settembre e ottobre 1993.

Hanno inoltre contribuito alla realizzazione della presente pubblicazione il CNR Istituto Italiano di Idrobiologia di Verbania, l'Istituto di Idraulica Agraria dell'Università di Torino nella persona del Prof. Virgilio Anselmo e la Risorse Idriche S.p.A. di Torino, ai quali va un sentito ringraziamento.

I numerosi sopralluoghi ed i rilievi iniziati a poche ore dalla massima piena hanno permesso di ricostruire i processi e gli effetti connessi agli eventi alluvionali dei mesi di settembre ed ottobre 1993 e costituiscono una fedele e preziosa testimonianza di un evento calamitoso purtroppo non infrequente.

La memoria storica di un'evento alluvionale non deve essere considerata come la semplice fotografia di un evento eccezionale, ma come un insostituibile supporto per la corretta azione di pianificazione territoriale che deve giustamente considerare da una parte le prospettive di sviluppo antropico e dall'altra rispettare l'evoluzione naturale dei corsi d'acqua.

UGO CAVALLERA

*Assessore all'Ambiente, Cave e Torbiere,
Energia, Pianificazione e Gestione Risorse
Idriche, Lavori Pubblici e Tutela del Suolo*

PREMESSA

Gli eventi alluvionali della terza decade del mese di settembre e della prima del mese di ottobre 1993 rappresentano purtroppo gli ennesimi fenomeni che hanno gravemente colpito il territorio regionale.

Nell'ambito di tale evento il Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico ha svolto con le proprie strutture, fin dalle prime ore del giorno ventidue settembre, verifiche tecniche ed accertamenti di emergenza tesi a valutare, durante il formarsi dei fenomeni parossistici, le condizioni di sicurezza per la pubblica e privata incolumità, indicando alle Autorità locali competenti l'adozione dei necessari provvedimenti cautelari.

Si è altresì fornito, tramite la Sala Situazione Rischi Naturali, agli Organi di Protezione Civile le conoscenze, gli scenari e i dati meteorologici, provenienti dalla propria rete di rilevamento e dal radar meteorologico. Tali conoscenze unitamente a quelle presenti nella Banca Dati Geologica sono risultate particolarmente utili per seguire in tempo reale l'evolversi dei fenomeni al fine di una comprensione immediata di quanto stava succedendo nei territori colpiti (Regione Piemonte, 1993).

Superata la fase più acuta dell'emergenza è iniziata una capillare opera di verifica e di censimento di quanto purtroppo si era verificato attraverso la predisposizione per le aree maggiormente colpite di numerose cartografie geotematiche di dettaglio.

Questa fase documentale, pianificata per un costante aggiornamento della Banca Dati Geologica, è risultata estremamente utile al fine del censimento dei danni alle opere pubbliche, compiuto di concerto con il Settore Regionale OO.PP. a Difesa Assetto Idrogeologico, e soprattutto per la successiva programmazione e valutazione, per gli aspetti di competenza, degli interventi di bonifica e di pianificazione urbanistica.

Sulla base delle conoscenze acquisite si è proceduto con la collaborazione dell'Istituto Italiano di Idrobiologia del CNR, dell'Istituto di Idraulica Agraria dell'Università degli Studi di Torino e della Risorse Idriche S.p.A. alla stesura della presente pubblicazione che non vuole essere una rappresentazione esaustiva di quanto si è prodotto con l'evento alluvionale, ma costituisce, per le parti trattate dalla struttura geologica regionale, una sintesi del lavoro svolto.

Nel contesto degli interventi non strutturali conseguenti all'evento alluvionale occorre ricordare che la Giunta Regionale di recente, sulla base della istruttoria tecnica esperita dal Settore Geologico, ha deliberato per i Comuni maggiormente colpiti (Albera Ligure (AL), Cabella Ligure (AL), Cantalupo Ligure (AL), Mongiardino Ligure (AL), Roccaforte Ligure (AL), Mombaldone (AT), Monastero Bormida (AT), Roccaverano (AT), Macugnaga (VB), Groscavallo (TO), Ronco

Canavese (TO), Valprato Soana (TO), Ingria (TO), Pont Canavese (TO), Alagna Valsesia (VC), Riva Valdobbia (VC)), di applicare i disposti dell'art. 9bis della Legge Regionale 5 dicembre 1977 e successive modificazioni ed interpretazioni.

Quanto sopra si è reso indispensabile poiché le problematiche emerse a seguito dell'evento alluvionale hanno reso necessari provvedimenti cautelari di inibizione e sospensione degli strumenti urbanistici vigenti nei comuni prima elencati, al fine di prevenire interventi di trasformazione a fini insediativi in aree soggette a rischi di natura idrogeologica.

Tali provvedimenti, di notevole valenza, rappresentano la volontà dell'Amministrazione Regionale di rivedere scelte urbanistiche che non si sono dimostrate consone con la pericolosità dei siti interessati e potranno essere superati con la riformulazione degli strumenti urbanistici sulla base di una approfondita analisi della pericolosità determinata dai dissesti generati dall'evento alluvionale.

Attualmente il Settore Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico è impegnato, specie a seguito dell'evento alluvionale del novembre 1994 che ha colpito in modo ancor più grave il territorio della Regione Piemonte e del quale si darà conto in una apposita pubblicazione in corso di predisposizione, in una azione di profonda revisione ed implementazione dei propri strumenti conoscitivi. Tali strumenti sono rappresentati dal sistema integrato (Regione - Servizi Tecnici Nazionali) della rete meteoidrografica e radar meteorologico e dal sistema informativo geologico, al fine di fornire sempre più approfondite conoscenze per la pianificazione a gestione urbanistica. In tale contesto assumono particolare significato la predisposizione nell'ambito del Piano Nazionale di Protezione Civile per il Bacino del Po del sistema di allertamento per situazioni di Rischio Idrogeologico derivanti da condizioni meteopluviometriche di particolare attenzione, il rilevamento di cartografie geologiche e geotematiche anche nell'ambito del Progetto CARG del Servizio Geologico Nazionale nonché la formulazione di specifiche tecniche per la stesura delle indagini e degli studi geologico tecnici per la pianificazione urbanistica.

VINCENZO COCCOLO

*Direttore del Settore per la Prevenzione
del Rischio Geologico, Meteorologico e
Sismico della Regione Piemonte*

2. ASPETTI METEOROLOGICI ED IDROLOGICI

2.1. L'evento di precipitazione dei giorni 22-24 settembre 1993

(S. Bovo, C. Marchisio)

Introduzione

In Piemonte, il mese di settembre del 1993 è stato caratterizzato dal frequente transito di masse di aria instabile. Sino al giorno 21 si sono avute deboli precipitazioni alternate a giornate con condizioni di tempo variabile. Ma nell'ultima decade le precipitazioni hanno raggiunto notevoli intensità e durata causando in varie aree piemontesi gravi danni: si sono ovunque segnalati infatti danni di entità variabile che hanno interessato la viabilità, le infrastrutture, i centri abitati e le aree agricole causati da allagamenti, frane ed erosioni.

Particolare è stata anche la variabilità nel tempo e nello spazio dei fenomeni, variabilità che il presente lavoro cerca di descrivere utilizzando i dati misurati dalle stazioni idrometeorologiche e dal radar meteorologico dal Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte.

La situazione meteorologica

Intorno alla metà del mese sull'Atlantico settentrionale tra Groenlandia e Canada si è sviluppata una profonda depressione, ben visibile sulle mappe delle superfici a 850 hPa pubblicate sul Bollettino Meteorologico Europeo, che si è poi spostata in direzione est sino a raggiungere, il giorno 21/9, la Scozia (figura 1). Il giorno 22 da questa depressione si è originata una saccatura con asse

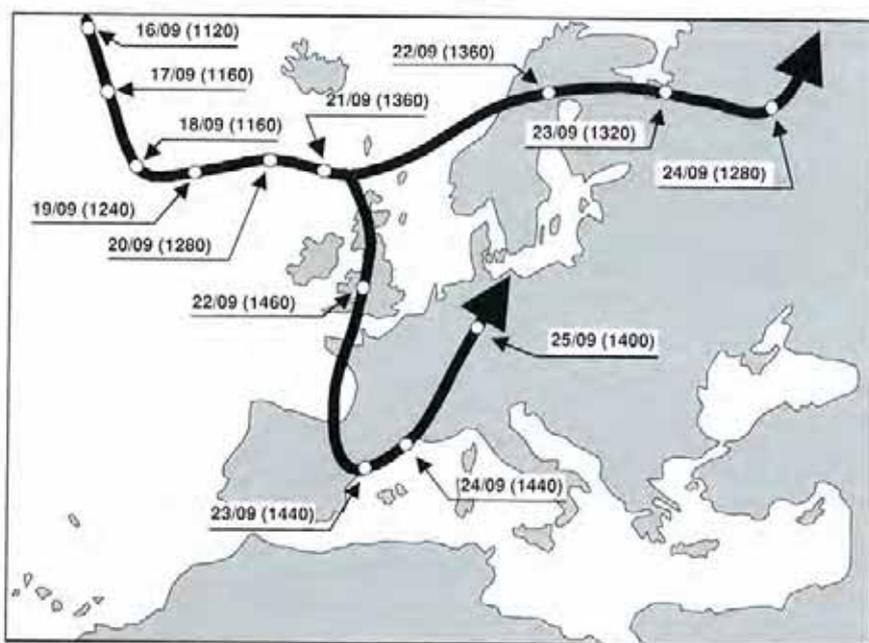


FIGURA 1 - Traccia dei centri depressionari nei giorni dal 16 al 25 settembre 1993 (tra parentesi la quota della superficie a 850 hPa).

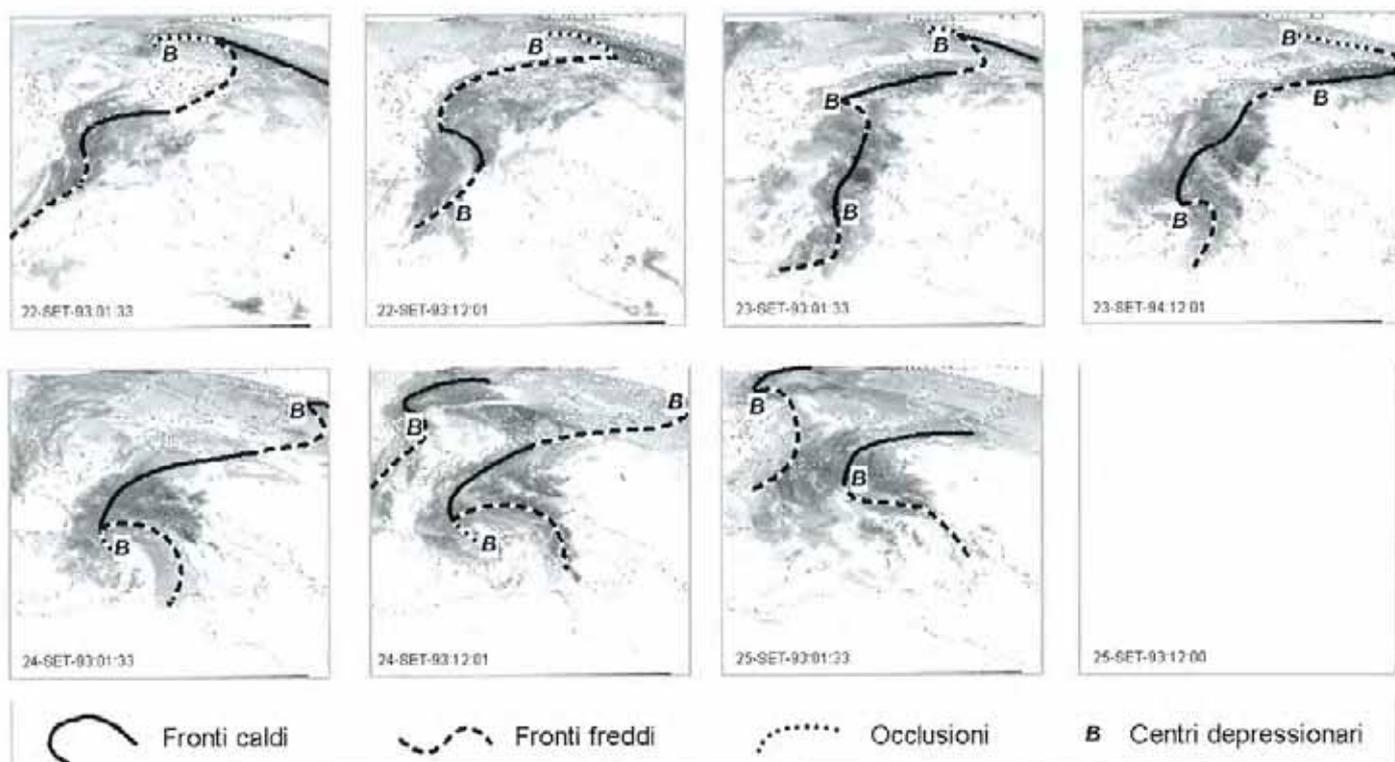


FIGURA 2 - Mappe meteosat dei giorni 22, 23 e 24 settembre 1993.

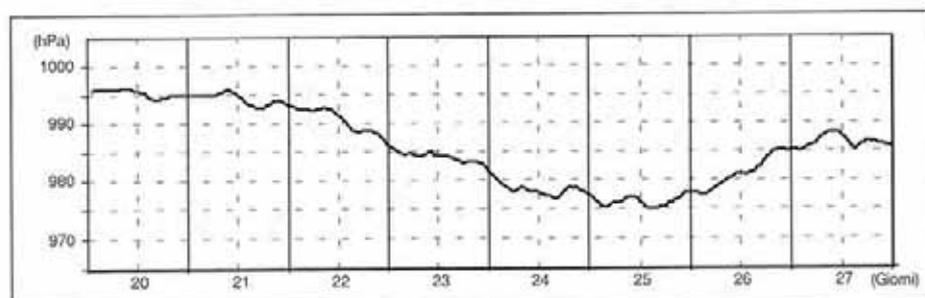


FIGURA 3 - Pressione atmosferica nei giorni 20-27 settembre 1993 a Torino.

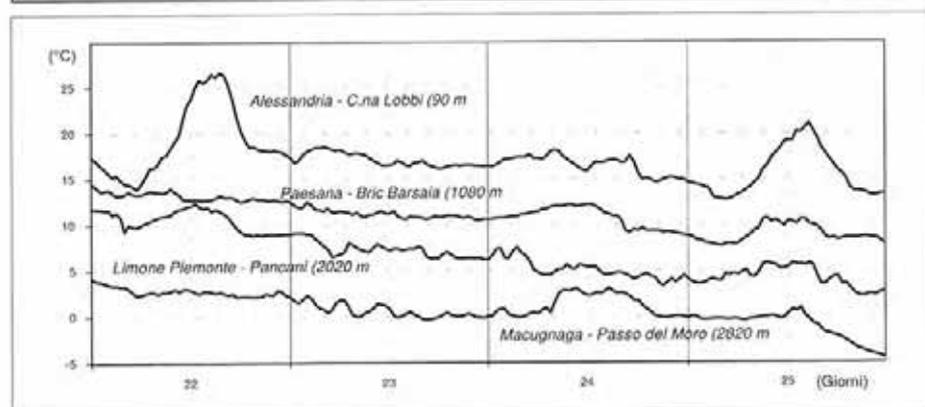


FIGURA 4 - Temperatura dell'aria a differenti altitudini nei giorni 22-25 settembre 1993.

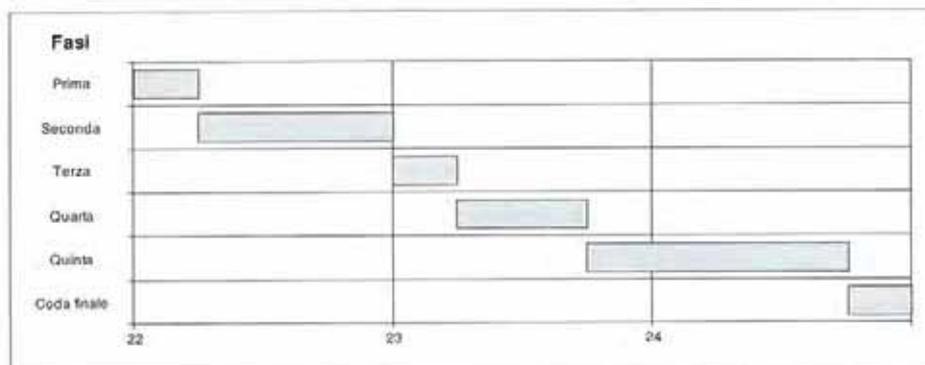


FIGURA 5 - Sequenza delle fasi dell'evento nei giorni 22-24 settembre 1993.

Tabella 1 - Totali giornalieri di precipitazione misurati alle 9:00 (ora locale), sul Piemonte dal 21 al 27 settembre 1993.

Stazioni	Precipitazione giornaliera (mm)							Totale
	21	22	23	24	25	26	27	
CURSOLO ORASSO - Monte Pratini (940 m slm)	0,0	0,6	148,4	148,8	114,2	17,4	0,0	429,4
FORMAZZA - Pian dei Camosci (2450 m slm)	0,0	28,4	99,8	85,4	96,0	8,2	0,2	318,0
BACENO - A. Devero (1634 m slm)	0,0	22,0	111,8	91,8	96,8	7,8	0,0	330,2
CRODO - Istituto Agrario (560 m slm)	0,0	33,2	90,2	86,0	80,2	5,6	0,0	295,2
VARZO - San Domenico (1308 m slm)	0,0	25,8	93,8	84,2	90,2	9,6	0,0	303,6
DRUOGNO - Sasseglio (831 m slm)	0,0	8,8	158,6	123,6	123,4	12,6	0,2	427,2
BOGNANCO - Pizzanco (1142 m slm)	0,0	42,4	150,6	150,0	115,2	8,0	0,0	466,2
DOMODOSSOLA - Nosere (252 m slm)	0,0	26,4	116,0	146,2	91,0	11,6	0,0	391,2
MACUGNAGA - Passo del Moro (2820 m slm)	0,0	0,0	48,4	81,6	55,6	0,0	0,6	186,2
STRESA - Monte Mottarone (1491 m slm)	0,2	1,2	36,8	138,6	63,4	21,4	0,0	261,6
STRESA - Someraro (470 m slm)	0,0	2,4	50,6	156,6	67,4	15,8	0,0	292,8
CAMERI - Cascina Bornago (173 m slm)	0,0	0,0	105,2	78,4	31,0	14,8	0,2	229,6
RASSA - Cimitero (950 m slm)	0,2	28,4	95,0	179,8	98,8	12,0	0,0	414,2
VARALLO - Crosa (470 m slm)	0,0	3,6	54,4	138,6	84,6	10,0	0,0	291,2
BIELLA - Oropa (1186 m slm)	0,0	5,2	54,6	164,6	66,8	12,0	0,0	303,2
MASSERANO - Cascina Baraggia (243 m slm)	0,0	0,0	10,6	83,2	27,4	12,4	2,8	136,4
MASSAZZA - Artiglia (226 m slm)	0,0	0,0	4,8	70,8	23,8	9,2	2,2	110,8
ALBANO VERCELLESE - Vivaio Forestale (155 m slm)	0,0	0,0	25,8	74,6	20,6	17,8	0,6	139,4
VERCELLI - Casello Ruggarina (132 m slm)	0,0	0,0	32,0	61,0	24,2	8,8	0,4	126,4
MEUGLIANO - Vivaio Forestale (650 m slm)	0,0	1,8	59,6	138,8	147,4	2,6	0,2	350,4
BORGOFRANCO - Monte Buono (337 m slm)	0,0	4,4	26,2	93,0	18,8	1,8	0,0	144,2
PIVERONE - Lido Anzasco (230 m slm)	0,0	0,2	19,0	79,6	14,0	15,8	0,2	128,8
LOCANA - Valsoera (2365 m slm)	0,0	44,4	66,0	115,0	39,8	8,4	0,0	273,6
VALPRATO SOANA - Piamprato (1555 m slm)	0,0	34,0	174,0	187,0	181,6	9,8	0,0	586,4
LOCANA - Bertodasco (1120 m slm)	0,0	38,6	99,2	156,0	23,4	4,0	0,0	321,2
ALA DI STURA - Vivaio Forestale (1006 m slm)	0,0	32,8	38,6	205,8	81,0	3,4	0,2	361,8
LANZO - Fua (580 m slm)	0,0	31,8	48,8	146,4	37,0	2,4	0,2	266,6
SESTRIERE - Monte Fraiteve (2701 m slm)	0,0	0,0	24,0	31,6	8,8	0,6	0,0	65,0
SAUZE D'OULX - Lago Pilone (2320 m slm)	0,0	0,0	30,0	53,0	13,2	0,2	0,0	96,4
BARDONECCHIA - Camini Prejus (1800 m slm)	0,0	0,0	45,0	32,4	11,8	0,6	0,0	89,8
BARDONECCHIA - Preichard (1353 m slm)	0,0	0,0	50,8	29,4	7,0	0,2	0,0	87,4
OULX - Gad (1065 m slm)	0,0	0,0	26,6	30,4	8,2	1,4	0,0	66,6
SALBERTRAND - Le Selle (1950 m slm)	0,0	0,0	36,6	60,2	13,0	0,2	0,0	110,0
SALBERTRAND - Vivaio Forestale (1010 m slm)	0,0	0,2	25,2	55,6	16,4	0,2	0,0	97,6
CHIOMONTE - Finiere (813 m slm)	0,0	1,0	38,2	85,0	12,8	0,0	0,2	137,2
VENAUS - La Cornà (600 m slm)	0,0	1,6	28,0	68,4	17,8	0,0	0,0	115,8
SUSA - Pietrastretta (520 m slm)	0,0	2,8	19,8	68,4	17,6	0,0	0,0	108,6
SUSA - Autoporto (470 m slm)	0,0	3,2	19,8	71,8	15,6	0,0	0,0	110,4
BORGONE - Campo Sportivo (400 m slm)	0,0	13,4	22,4	102,6	9,2	0,2	0,0	147,8
AVIGLIANA - Ponte Dora (340 m slm)	0,0	31,4	46,0	76,8	9,2	4,2	0,0	167,6
COAZZE - Forno (1130 m slm)	0,0	13,6	27,6	247,0	36,2	6,6	0,0	331,0
PRALY - Villa (1385 m slm)	0,0	4,2	36,0	115,6	33,4	1,6	0,0	190,8
BOBBIO PELLICE - Colle Barant (2294 m slm)	0,0	2,8	32,6	142,0	50,0	0,0	0,0	227,4
LUSERNA S. GIOVANNI - Campo Sportivo (475 m slm)	0,0	2,6	22,6	153,4	27,6	1,6	0,0	207,8
PAESANA - Bric Barsaia (1080 m slm)	0,0	1,4	26,2	117,6	26,8	8,2	0,0	180,2
CUMIANA - Pieve (332 m slm)	0,0	6,4	27,2	88,4	5,6	12,8	0,6	141,0
PINO TORINESE - Osservatorio (619 m slm)	0,0	0,0	10,4	58,6	5,8	20,4	0,0	95,2
PRALORMO - Lago della Spina (295 m slm)	0,0	0,2	4,8	58,4	2,0	16,4	0,0	81,8
CARMAGNOLA - Istituto Agrario (232 m slm)	0,0	0,2	6,6	58,2	1,6	13,0	0,0	79,6
MONCALIERI - Centrale Rossi (226 m slm)	0,0	0,2	5,2	57,8	1,8	19,8	0,0	84,8
TORINO - Buon Pastore (240 m slm)	0,0	1,8	5,0	72,4	4,6	21,2	0,0	105,0
TORINO - Italgas (240 m slm)	0,0	1,2	6,2	69,8	7,0	24,4	0,0	108,6
VEROLENGO - Vivaio Forestale (165 m slm)	0,0	0,4	8,6	78,2	10,4	12,8	0,0	110,4
ISOLA S. ANTONIO - Sticozza (77 m slm)	0,0	0,0	17,8	57,2	27,6	20,8	0,2	123,6
SAMPEYRE - Pian delle Baracche (2125 m slm)	0,0	1,0	28,4	76,4	16,6	3,8	0,0	126,2
CHIANALE - Colonia Alpina (1575 m slm)	0,0	2,2	33,8	49,8	9,6	0,0	0,0	95,4
VILLANOVA SOLARO - Depuratore (267 m slm)	0,0	1,4	14,4	66,4	1,6	30,0	0,0	113,8
ACCEGLIO - Colombata (1610 m slm)	0,0	2,2	26,8	70,0	8,6	0,2	0,0	107,8
COSTIGLIOLE SALUZZO - Depuratore (440 m slm)	0,0	0,8	19,4	82,8	2,0	16,4	0,4	121,8
VINADIO - Colle Lombarda (2278 m slm)	0,0	0,8	32,0	73,8	8,4	11,4	0,4	126,8
LIMONE PIEMONTE - Pancani (2020 m slm)	0,0	2,8	33,0	104,0	8,0	18,2	0,0	166,0
VINADIO - Neraissa (1433 m slm)	0,0	1,4	22,0	69,4	12,0	3,0	0,0	107,8

Segue **Tabella 1** - Totali giornalieri di precipitazione misurati alle 9:00 (ora locale), sul Piemonte dal 21 al 27 settembre 1993.

Stazioni	Precipitazione giornaliera (mm)							Totale
	21	22	23	24	25	26	27	
VALDIERI - Terme (1390 m slm)	0.0	2.6	26.0	79.0	6.6	11.4	0.0	125.6
BOVES - Depuratore (575 m slm)	0.0	0.8	23.2	89.8	12.0	6.4	0.0	132.2
FOSSANO - Casello Autostradale (403 m slm)	0.0	0.2	14.4	57.8	2.0	18.2	0.0	92.6
ORMEA - Pianche (1245 m slm)	0.0	0.6	15.4	126.8	7.6	4.2	0.0	154.6
GARESSIO - Colle San Bernardo (980 m slm)	0.4	0.2	17.0	30.4	0.8	6.0	0.0	54.8
PRIERO - Cascina Borgnìa (610 m slm)	0.0	0.0	26.6	87.6	2.0	8.8	0.0	125.0
SOMANO - Albere (640 m slm)	0.0	0.0	9.2	65.2	2.0	3.8	0.0	80.2
FRABOSA SOTTANA - Monte Malanotte (1741 m slm)	0.0	0.8	11.8	97.6	2.6	9.4	0.0	122.2
MONDOVÌ - Istituto Agrario (422 m slm)	0.4	0.0	13.8	74.0	6.2	4.4	0.0	98.8
BRA - Museo Craveri (285 m slm)	0.0	0.0	10.0	60.0	1.8	7.8	0.0	79.6
TREISO - Cascina Montarsino (376 m slm)	0.0	0.0	10.6	63.8	0.8	16.8	0.0	92.0
MOMBARCARO - Vetta (906 m slm)	0.0	0.0	11.6	73.8	2.0	5.6	0.0	93.0
MONTALDO SCARAMPI - Castello (290 m slm)	0.0	0.0	69.6	61.6	4.4	5.8	0.0	141.4
MONTECHIARO D'ASTI - Rovanello (200 m slm)	0.0	0.0	7.2	64.4	5.4	12.2	0.0	89.2
NIZZA MONFERRATO - Incie (138 m slm)	0.0	0.0	136.4	74.4	4.8	8.4	0.0	224.0
ALESSANDRIA - Lobbi (90 m slm)	0.0	0.0	28.4	72.2	20.0	31.6	0.2	152.4
PONZONE - Bric Bertone (773 m slm)	0.0	0.0	29.8	115.2	6.4	25.4	0.0	176.8
SEROLE - Bric Puscera (765 m slm)	0.0	0.0	183.4	82.4	2.8	4.2	0.2	273.0
SALICETO - Bergalli (385 m slm)	0.0	0.2	94.8	82.8	4.2	5.4	2.6	190.0
ACQUI - Pian d'Endice (215 m slm)	0.0	0.0	40.8	78.8	6.0	8.2	0.2	134.0
CABELLA LIGURE - Capanne Cosola (1550 m slm)	0.0	0.0	71.0	224.8	58.6	14.2	0.4	369.0
BRIGN. FRASCATA - Monte Cucco (520 m slm)	0.0	0.0	24.4	86.2	30.2	12.2	0.0	153.0

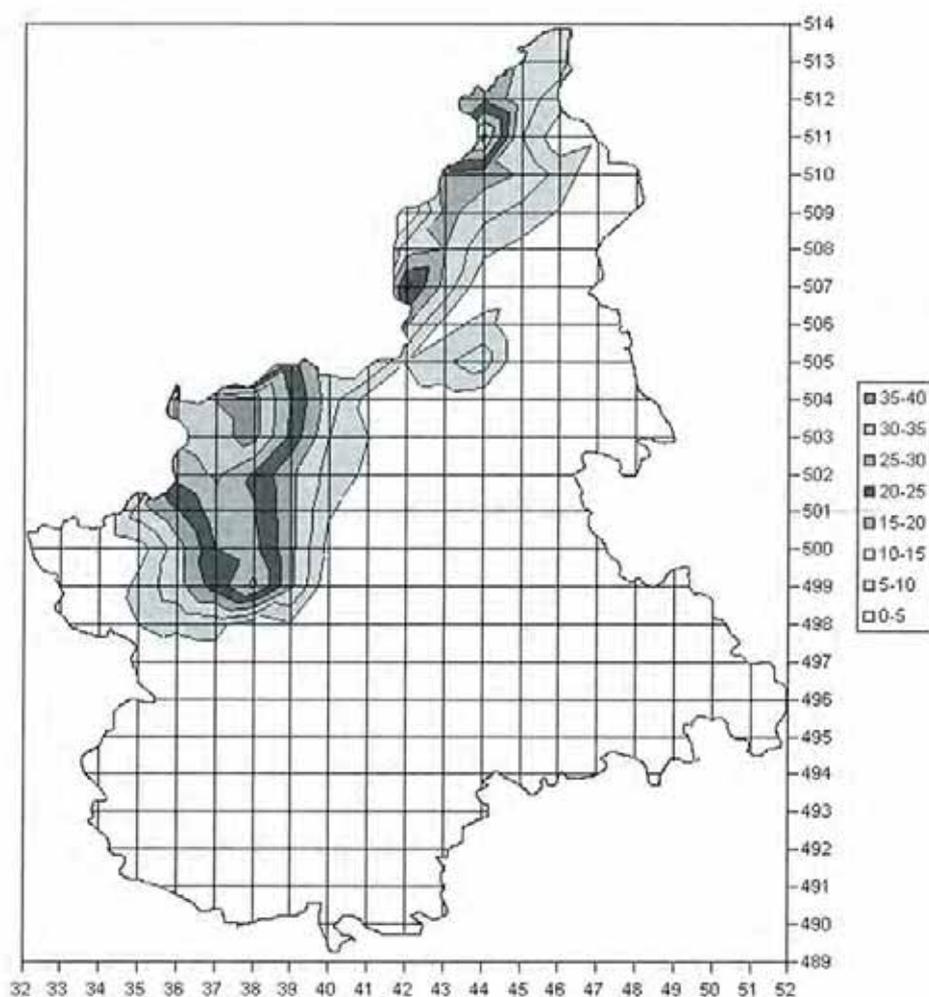


FIGURA 6 - Isoiete dalle ore 0:00 del 22/9/1993 alle ore 6:00 del 22/9/1993.

sud-ovest - nord-est la cui estremità meridionale si è successivamente isolata migrando verso sud. La depressione ha apportato ingenti masse di aria instabile sul bacino mediterraneo accompagnate da dense formazioni nuvolose. Sulle mappe METEOSAT del giorno 22 (figura 2) è ben visibile l'esteso fronte nuvoloso che ricopre tutta la Francia e parte della Spagna, e che ha interessato marginalmente l'arco alpino. All'estremità meridionale, nella tarda mattinata del 22 è apparso evidente un vortice depressionario al quale era associato un fronte freddo che si estendeva sul mediterraneo occidentale sino alle coste africane. Nei giorni 23 e 24 il centro depressionario si è spostato lentamente verso il Golfo di Genova, seguito dal fronte freddo.

L'estesa copertura nuvolosa ha interessato Francia meridionale, Italia nord-occidentale e Svizzera sino al 25, quando il centro depressionario si è allontanato rapidamente verso nord-est.

Il passaggio della depressione è evidente sul grafico che riporta i valori di pressione misurati in stazione a Torino (figura 3).

La temperatura dell'aria durante il passaggio della perturbazione si è moderatamente abbassata ma è rimasta positiva sino a quote elevate, come è indicato dal grafico che riporta i valori misurati a varie quote (figura 4). Essendo la temperatura dell'aria positiva si sono avute piogge sino a quote elevate.

Le precipitazioni

L'evento si è presentato molto frazionato sia geograficamente che temporalmente come è possibile già rilevare dalla tabella dei totali giornalieri (tabella 1).

Sulla base della distribuzione delle precipitazioni misurate dai pluviometri è possibile distinguere almeno 5 fasi ed una coda finale identificabili sia sulla base della continuità e della distribuzione delle precipitazioni che sulla base della loro intensità.

Nella figura 5 è rappresentata la sequenza temporale delle varie fasi riconosciute. Ogni fase ha avuto una durata non superiore alle 24 ore e si è espressa in modo peculiare in aree distinte. Tuttavia, a partire dalla terza fase le precipitazioni hanno interessato tutto il Piemonte anche se con differente intensità.

Prima fase - Le prime precipitazioni intense sono state registrate nella fascia pedemontana torinese e nella fascia più esterna delle Alpi Graie tra le ore 0:00 e le ore 6:00 del giorno 22 settembre (figura 6): a Avigliana-Ponte Dora (340 m s.l.m.m.) l'intensità di precipitazione ha raggiunto i 50.4 mm/h tra le 2:30 e le 3:00 (figura 7), mentre a Lanzo-Fua (580 m s.l.m.m.) l'intensità è stata di 45.6 mm/h tra le 3:00 e le 3:30 (le ore riportate nel testo e nelle figure, salvo diversa segnalazione, sono riferite al meridiano di Greenwich). Si è trattato di precipitazioni certamente intense ma di breve durata. Nelle stesse ore anche nell'Ossola si rilevavano precipitazioni generalmente poco intense e discontinue (figura 8) rivelatrici di una frammentazione del fenomeno che è ben visibile sulle immagini radar (figura 9).

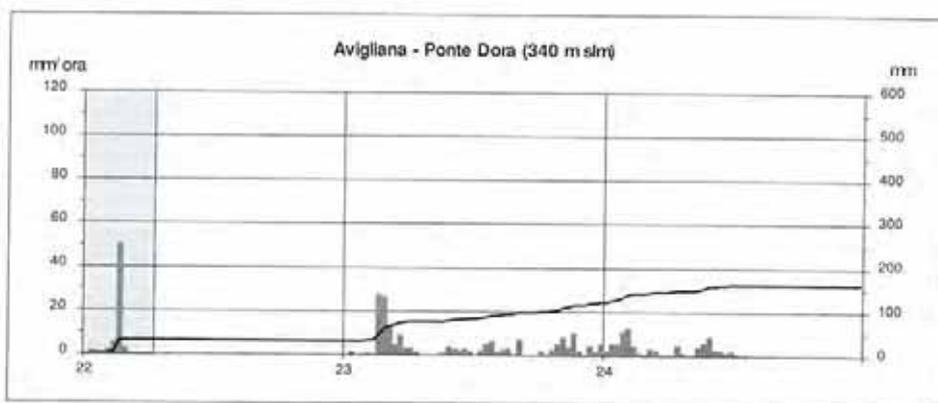


FIGURA 7 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22-24 a Avigliana - Ponte Dora (340 m s.l.m.m.). L'area evidenziata è quella corrispondente alla prima fase dell'evento.

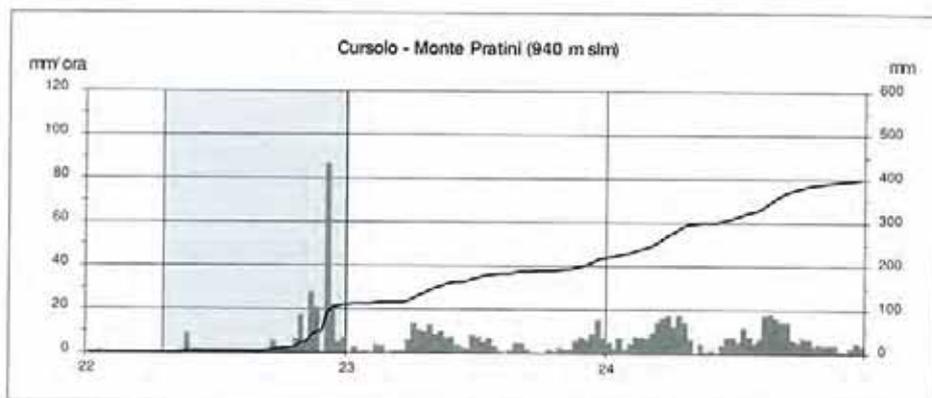
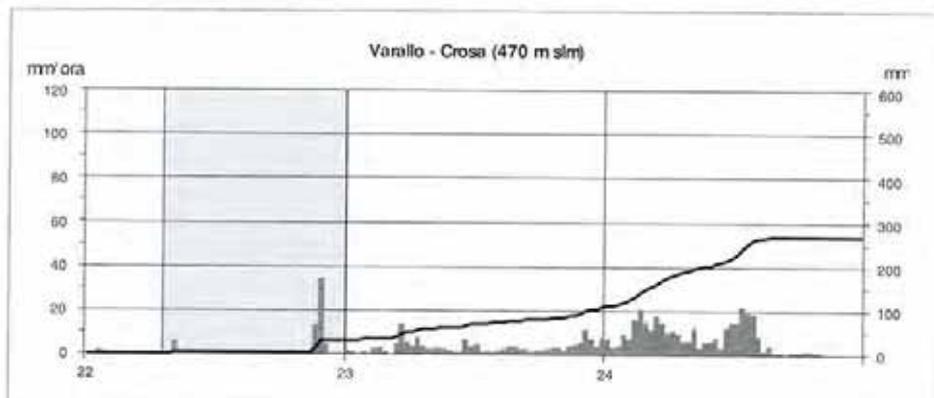
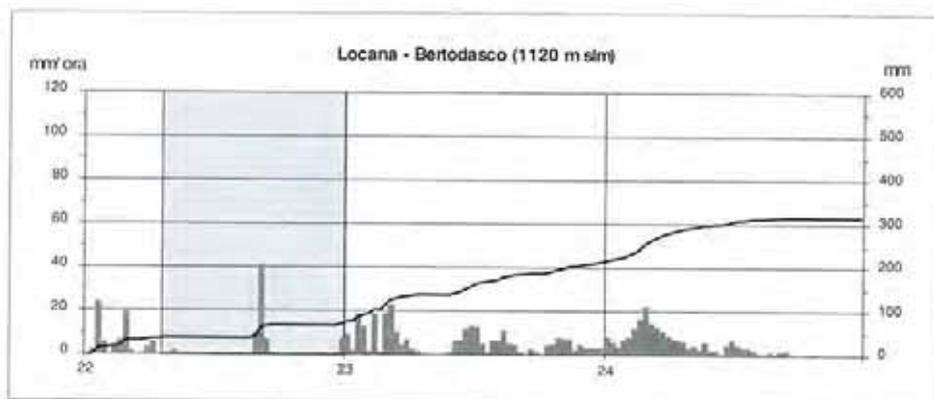


FIGURA 8 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22 - 24 settembre 1993 in stazioni della Valle Orco (Bertodasco), della Valle Sesia (Varallo) e dell'Ossola (Cursolo). L'area evidenziata è quella corrispondente alla seconda fase dell'evento.

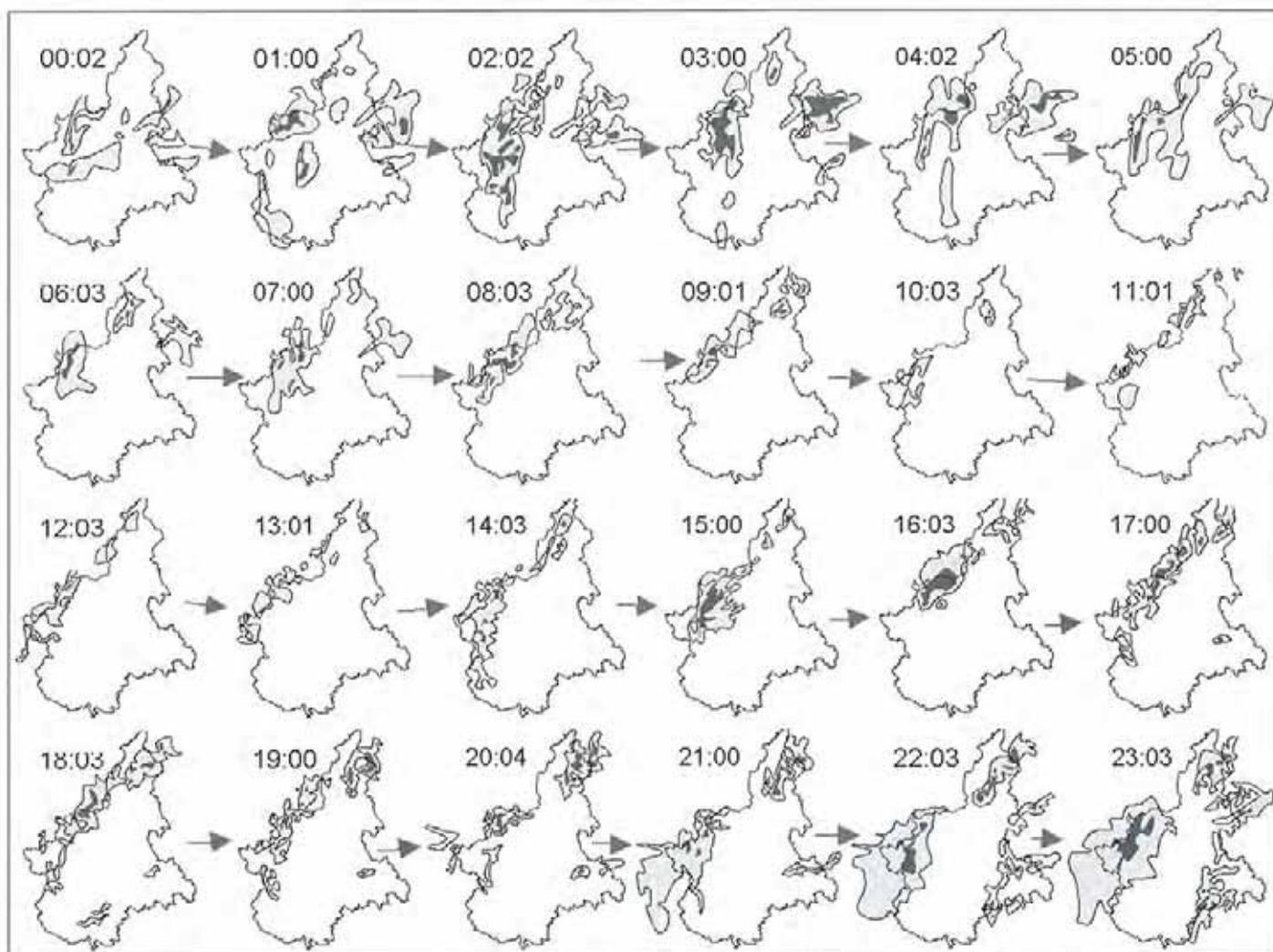


FIGURA 9 - Immagini radar del giorno 22 settembre 1993.

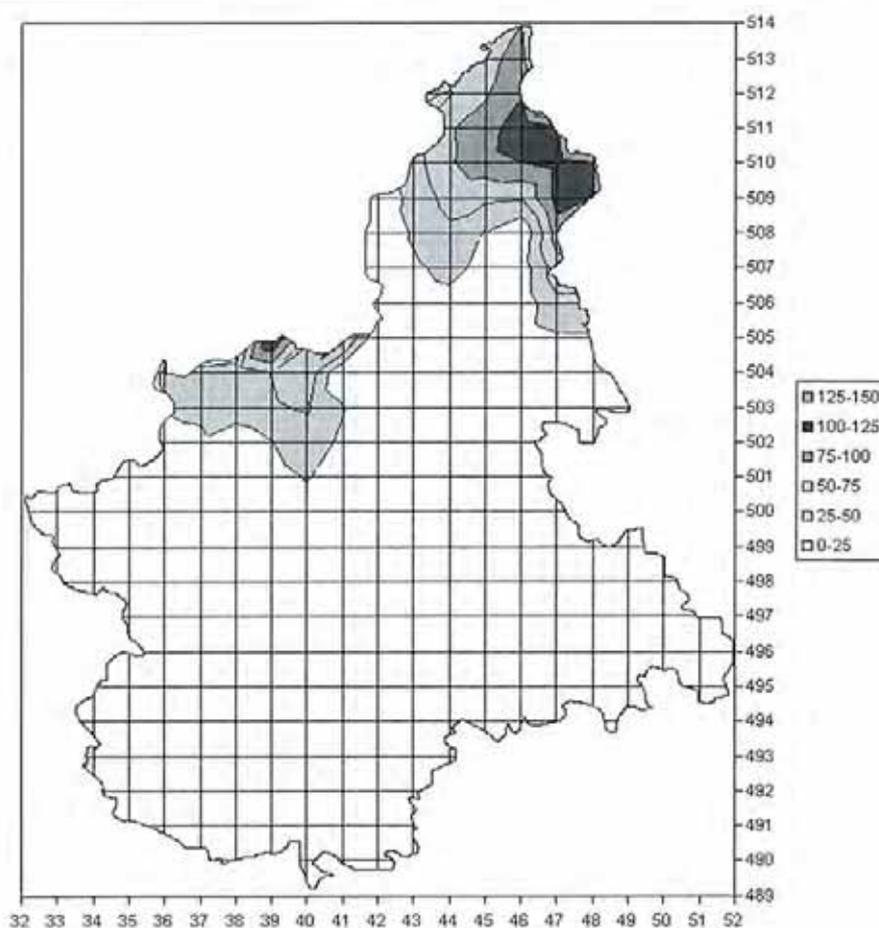


FIGURA 10 - Isoiete dalle ore 6:00 del 22 settembre 1993 alle ore 0:00 del 23 settembre 1993.

FIGURA 11 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22-24 settembre 1993 in una stazione delle Langhe (Bric Puschera). L'area evidenziata è quella corrispondente alla terza fase dell'evento.

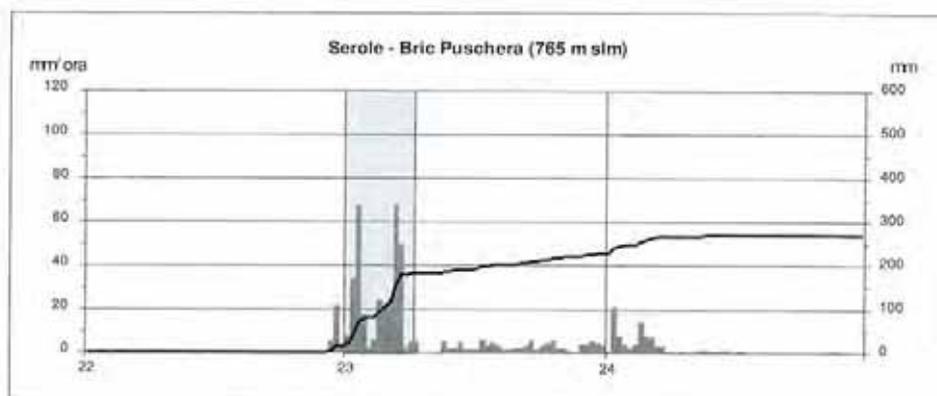
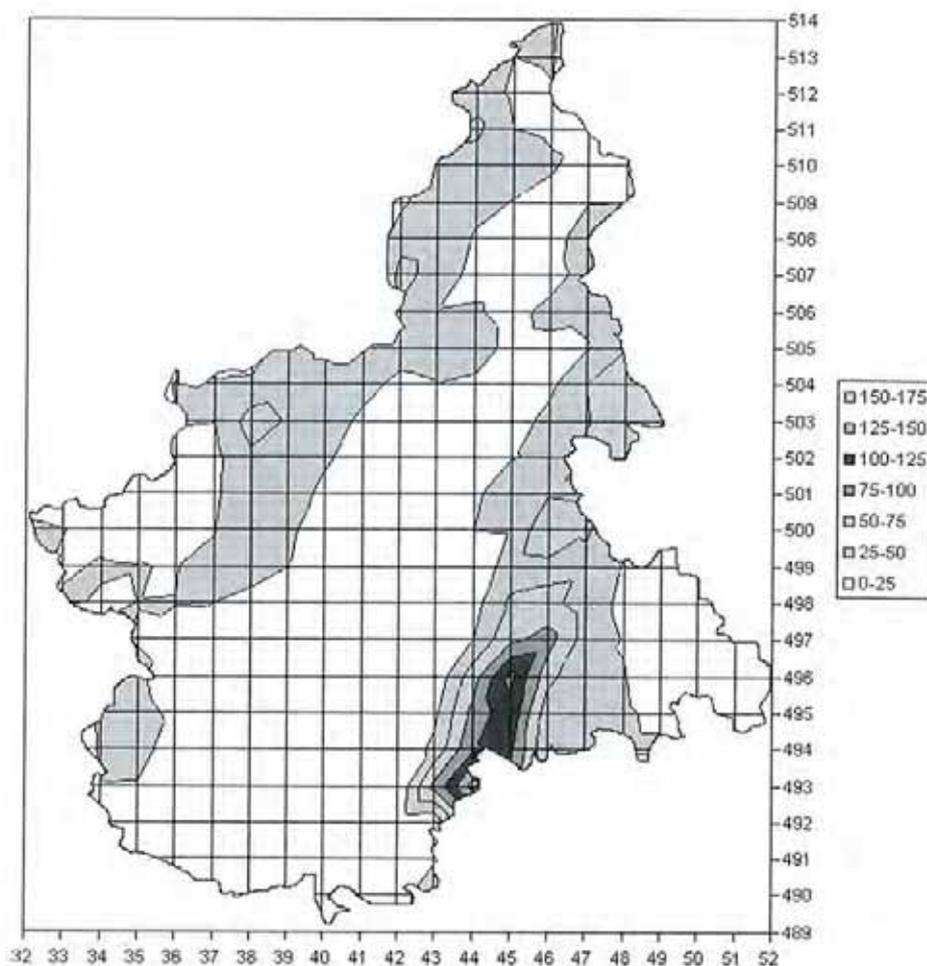


FIGURA 12 - Isoiete dalle ore 0:00 del 23 settembre 1993 alle ore 6:00 del 23 settembre 1993.



Seconda fase - Dopo alcune ore con assenza di precipitazioni, a partire dal pomeriggio del 22 e sino alle ore 0:00 del giorno 23 le precipitazioni sono riprese sulle Alpi Graie e l'Osola (figura 10) acquistando carattere decisamente temporalesco e raggiungendo intensità anche molto elevate: a Bertodasco si è registrata una intensità di 41.2 mm/h tra le 15:30 e le 16:00; a Piamprato tra le 17:00 e le 17:30 l'intensità di precipitazione è stata di 64.4 mm/h; a Cursolo l'intensità massima registrata il 22 settembre è stata di 86.8 mm/h tra

le 21:30 e le 22:00, la più elevata registrata nell'evento su tutto il Piemonte (figura 8). Contemporaneamente a Varallo-Crosa (470 m s.l.m.), nella media valle Sesia, l'intensità era di 34.4 mm/h tra le 21:00 e le 21:30. Si è trattato di precipitazioni che hanno avuto una maggiore continuità rispetto a quelle della prima fase.

Terza fase - Dopo le 20:00 del giorno 23, sulle mappe radar (figura 9) sono apparsi alcuni piccoli nuclei nuvolosi che si andavano aggregando sulle province di Asti ed Ales-

sandria (figura 11). Questi nuclei nuvolosi evolvevano rapidamente in nuclei temporaleschi con precipitazioni di elevata intensità su una fascia piuttosto ristretta ma estesa dalla testata della valle Bormida di Millesimo alla pianura Novarese (figura 12). In questa fascia, visibile anche sulle mappe di massima eco (figura 13), si sono avute precipitazioni ininterrotte dalle 0:00 alle 7:30 del giorno 24, con uno sfasamento di un paio di ore per la pianura novarese (2:00-9:00). Si sono registrati molti scrosci con notevoli intensità orarie:

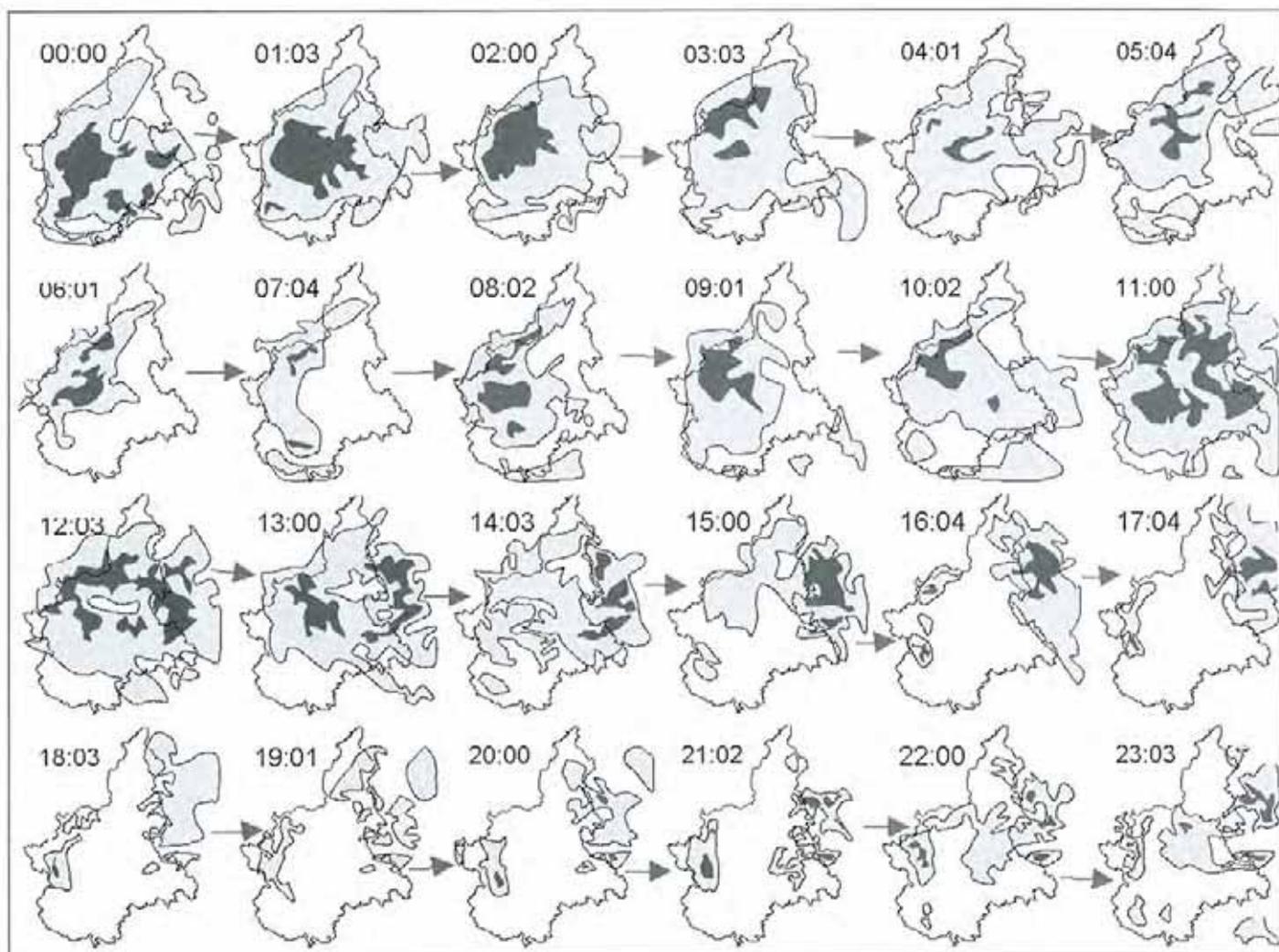


FIGURA 13 - Immagini radar del giorno 23 settembre 1993.

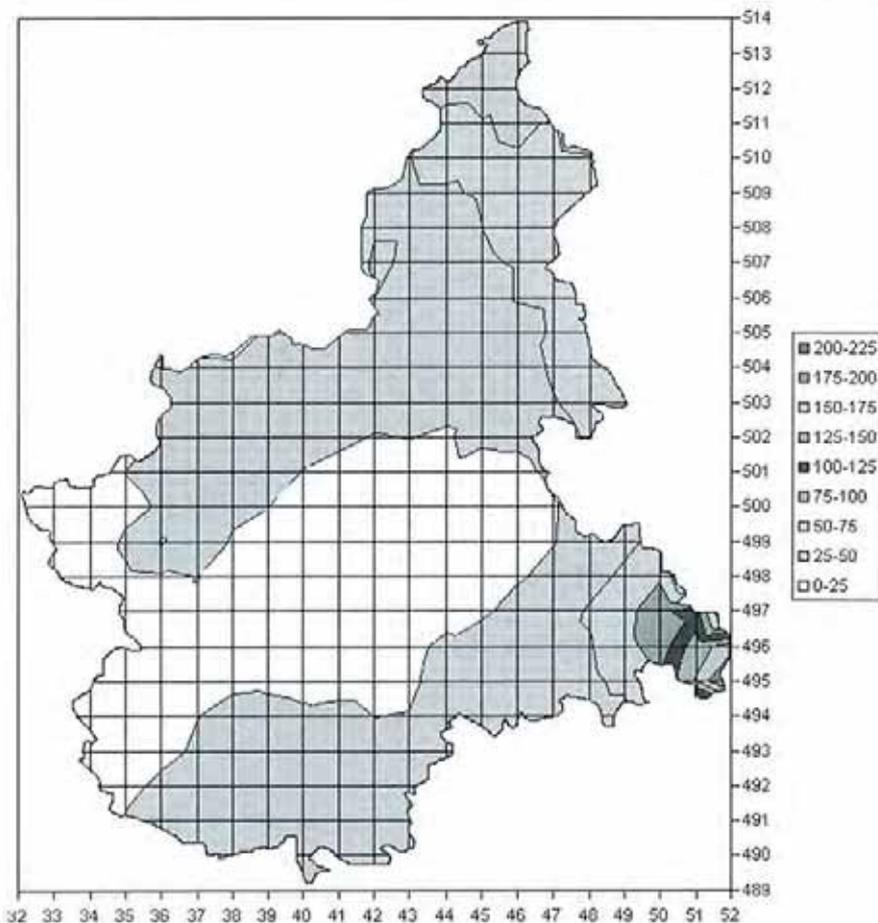


FIGURA 14 - Isoiete dalle ore 6:00 del 23 settembre 1993 alle ore 18:00 del 23 settembre 1993.

- 66.4 mm/h a Serole - Bric Puschera (765 m s.l.m.m.) tra le 0:30 e le 1:00;
- 30.0 mm/h a Nizza Monferrato - Incie (138 m s.l.m.m.) tra le 0:30 e le 1:00
- 35.2 mm/h a Nizza Monferrato - Incie (138 m s.l.m.m.) tra le 3:30 e le 4:00;
- 30.8 mm/h a Montaldo Scarampi - Castello (290 m s.l.m.m.) tra le 3:30 e le 4:00;
- 67.6 mm/h a Serole - Bric Puschera (765 m s.l.m.m.) tra le 4:00 e le 4:30;
- 42.4 mm/h a Saliceto - Bergalli (385 m s.l.m.m.) tra le 4:00 e le 4:30;
- 50.4 mm/h a Nizza Monferrato - Incie (138 m s.l.m.m.) tra le 4:30 e le 5:00;
- 49.2 mm/h a Serole - Bric Puschera (765 m s.l.m.m.) tra le 4:30 e le 5:00;
- 62.8 mm/h a Cameri - Cascina Bornago (173 m s.l.m.m.) tra le 5:00 e le 5:30;
- 56.8 mm/h a Casale Monf.to - Istit. di Pioppicoltura (118 m s.l.m.m.) tra le 5:00 e le 5:30;
- 41.2 mm/h a Ponzone - Bric Berton (765 m s.l.m.m.) tra le 5:30 e le 6:00;
- 33.2 mm/h a Alessandria - Lobbi (90 m s.l.m.m.) tra le 5:30 e le 6:00;
- 30.4 mm/h a Cameri - Cascina Bornago (173 m s.l.m.m.) tra le 5:30 e le 6:00;
- 38.8 mm/h a Cameri - Cascina Bornago (173 m s.l.m.m.) tra le 7:00 e le 7:30.

Sono probabilmente legate a queste precipitazioni anche quelle rilevate a Stresa - Someraro (470 m s.l.m.m.) dove tra le 7:00 e le 7:30 si è avuta un'intensità di pioggia pari a 32.4 mm/h.

Nelle stesse ore un nucleo temporalesco interessava anche la zona di Ivrea dove, a Meugliano - Vivaio Forestale (650 m s.l.m.m.), veniva rilevata una intensità di precipitazione pari a 55.6 mm/h tra le 5:30 e le 6:00.

Come per la seconda fase anche queste precipitazioni sono state abbastanza continuative anche se discontinue come intensità.

Quarta fase - Nella mattina del 23, intorno alle 6:00, alla estremità sud-

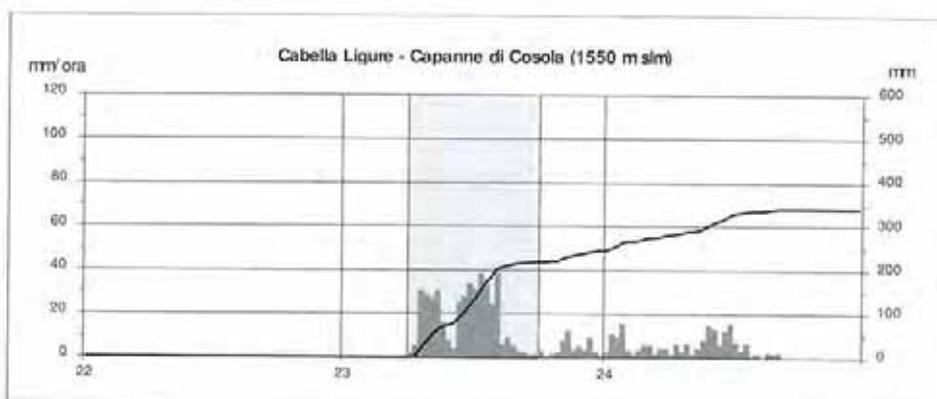


FIGURA 15 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22 - 24 settembre 1993 a Capanne di Cosola, in Valle Borbera. L'area evidenziata è quella corrispondente alla quarta fase dell'evento.

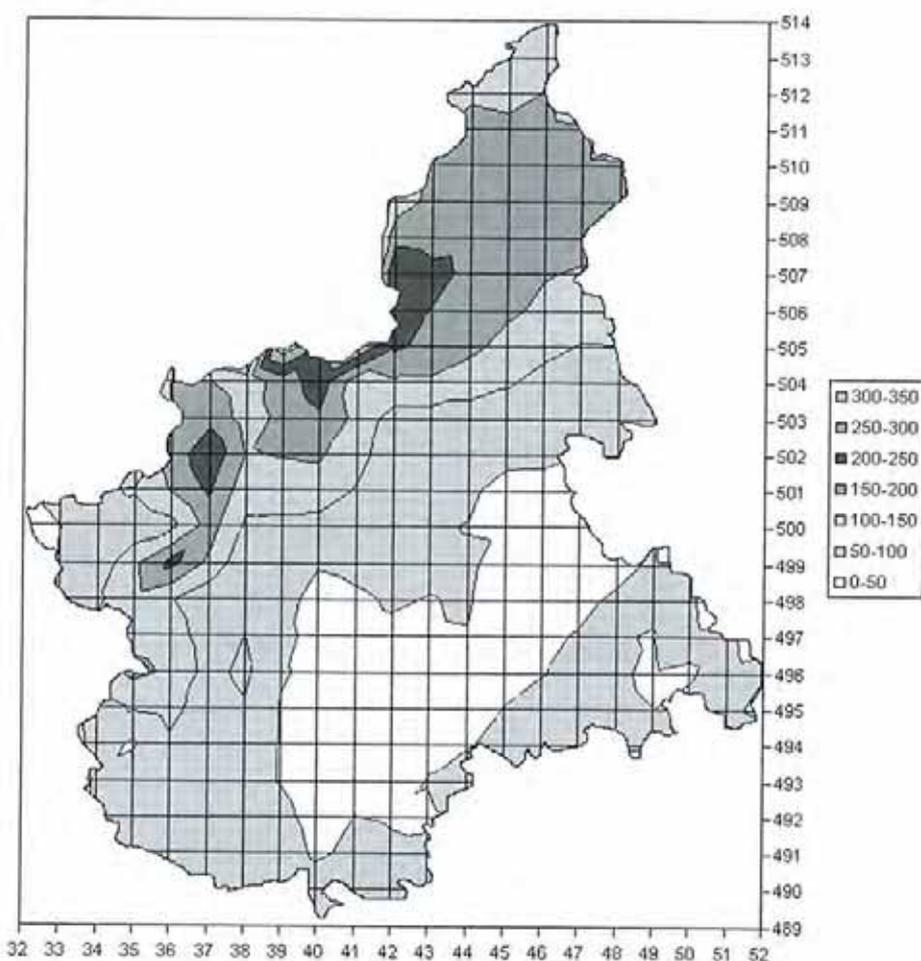


FIGURA 16 - Isoiete dalle ore 18:00 del 23/9/1993 alle ore 18:00 del 24/9/1993.

orientale del Piemonte si scatena una precipitazione intensa e prolungata che interesserà le valli Curone e Borbera determinando gravi danni alle infrastrutture (figura 14). Presso la stazione di Cabella Ligure - Capanne di Cosola (10550 m s.l.m.m.) alla testata della Val Borbera, cadono in 7 ore e 30 (dalle 6:30 alle 14:00) 199.4 mm di pioggia (il massimo su 6 ore, nello stesso inter-

vallo di tempo, è stato di 184.2 mm) con un'intensità media di 27.5 mm/h e punte massime di 38.8 e 38.4 mm/h (figura 15). Si è trattato di precipitazioni molto differenti da quelle delle tre fasi precedenti: non solo le intensità sono state elevate ma si sono mantenute pressoché costanti per parecchie ore consecutive. La particolarità di queste precipitazioni è la causa dei gravi danni subiti da que-

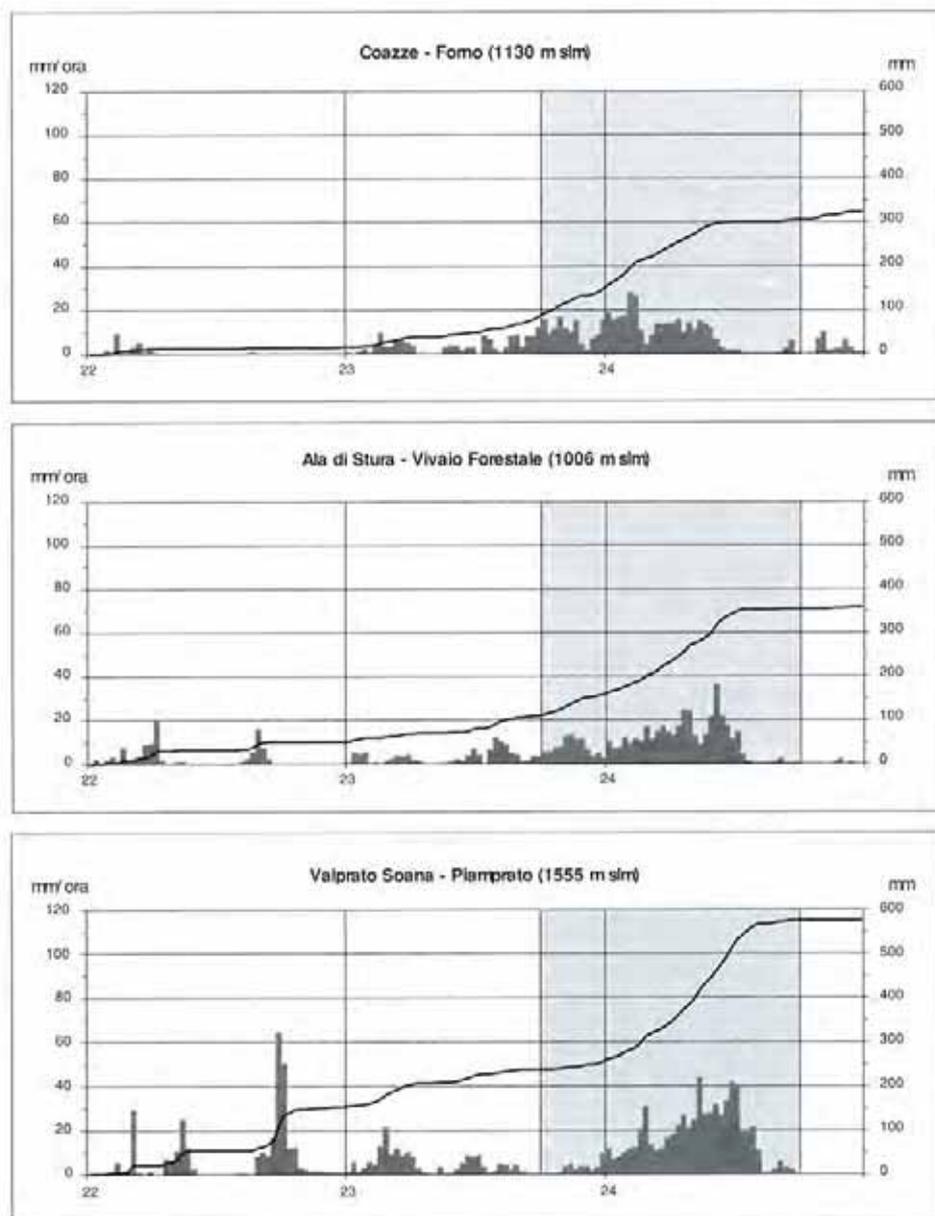


FIGURA 17 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22-24 in Val Sangone (Coazze), in Val d'Ala (Ala di Stura) e in Val Soana (Piamprato). L'area evidenziata è quella relativa alla quinta fase dell'evento.

st'area che è stata fra le più duramente colpite nel Piemonte durante questo evento.

Quinta fase - A partire dalle ore 18:00 circa del 23 i fenomeni si intensificano nel settore occidentale – Alpi Cozie settentrionali e Alpi Graie (figura 16) – dove si osserva un aumento dell'intensità di precipitazione evidente in un primo momento solo a Ala di Stura, Coazze e Luserna San Giovanni. Nelle ore successive, sino al primo pomeriggio, nelle valli Ossola, Sesia, Orco, Stura, Sangone, Chisone e Pellice le piogge cadono con intensità pressoché costante e prossima ai 10 mm/h con frequenti punte superiori ai 20 mm/h (figura 17). Ma è nella Valle Soana che il feno-

meno assume caratteristiche veramente eccezionali (figura 17): dalle ore 1:00 alle 14:00 l'intensità si mantiene costantemente sopra ai 10 mm/h con punte di 44.0 mm/h tra le 8:00 e le 8:30, 42.0 mm/h tra le 11:00 e le 11:30 e di 40.0 mm/h tra le 11:30 e le 12:00. In 12 ore cadono 287 mm di pioggia con un'intensità media pari a 23.9 mm/h. Contemporaneamente anche nelle valli limitrofe le precipitazioni cadono intense: in particolare a Ala di Stura si registra tra le 9:30 e le 10:00 una precipitazione con intensità pari a 36.8 mm/h. A causa dell'elevato livello dello zero termico le precipitazioni sono cadute quasi ovunque in forma liquida; solo in alcune aree a quota superiore ai 3000 metri si sono avute debo-

li precipitazioni nevose. I bacini hanno pertanto contribuito quasi completamente ad alimentare i deflussi. Quelle di questa fase sono sicuramente le precipitazioni che hanno apportato i danni più ingenti registrati durante l'evento in tutto il territorio regionale. Sia il bacino montano che il tratto limitrofo all'asta principale nel tratto di pianura sono stati infatti interessati da gravi fenomeni di dissesto.

Coda finale - Dopo le 18:00 del 24 le precipitazioni sono fortemente diminuite in intensità praticamente ovunque (figura 18). Solo in Ossola, nella bassa valle di Susa ed in valle Pellice le precipitazioni sono cadute relativamente più abbondanti ma

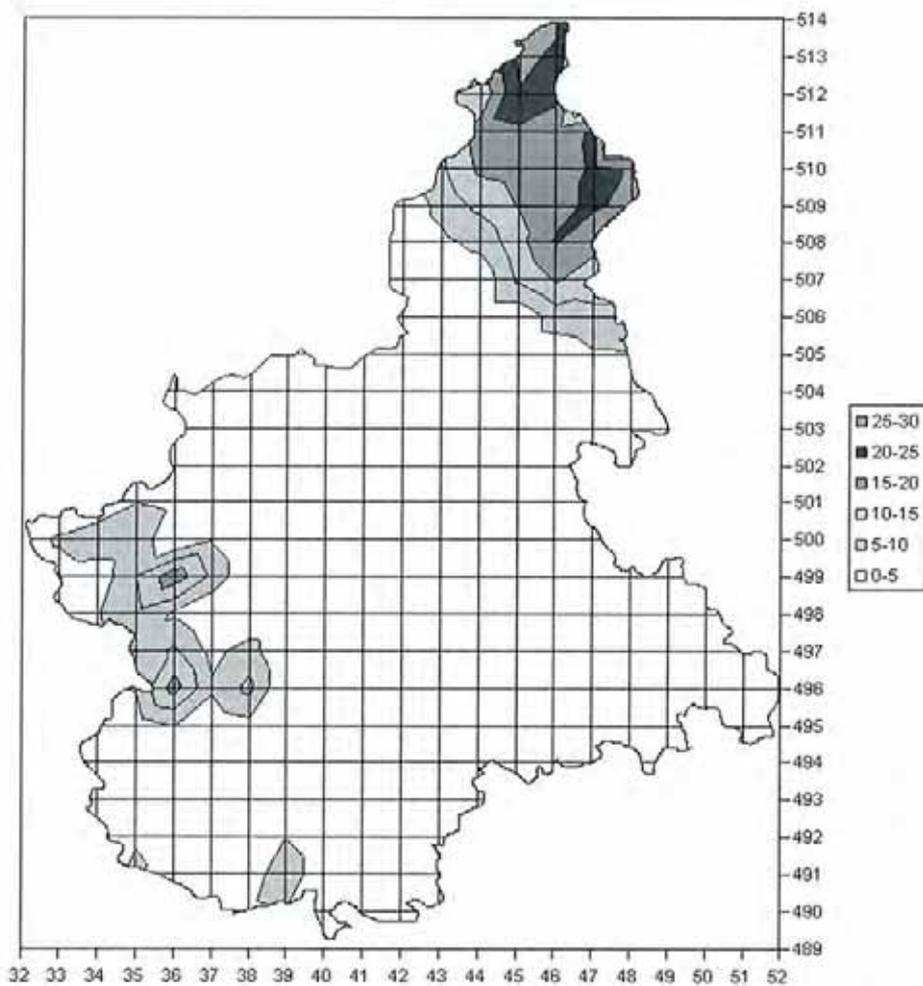


FIGURA 18 - Isoiete dalle ore 18:00 del 24 settembre 1993 alle ore 0:00 del 25 settembre 1993.

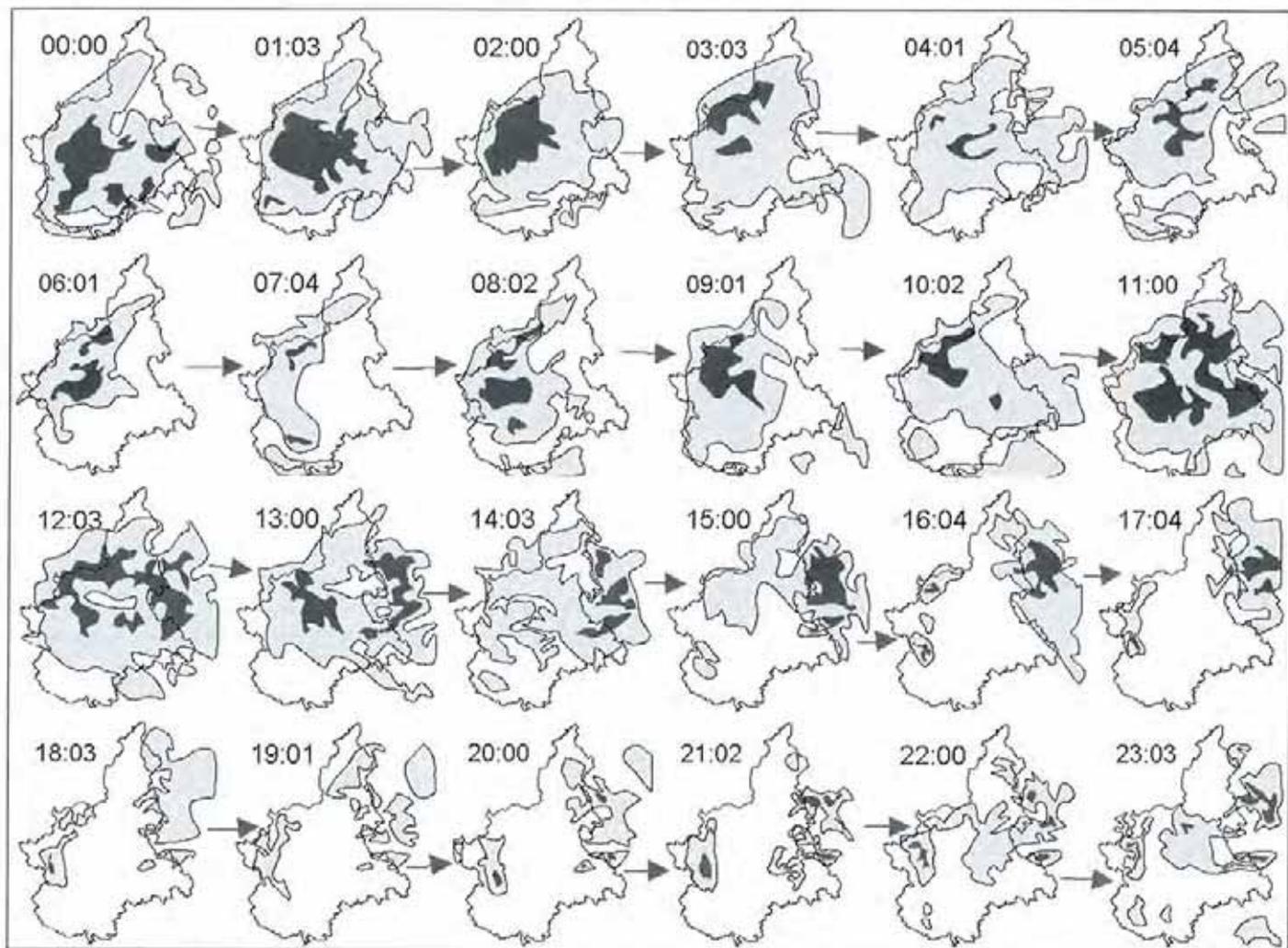


FIGURA 19 - Immagini radar del giorno 24 settembre 1993.

FIGURA 20 - Intensità orarie di precipitazione a Trivero nei giorni 31 ottobre - 2 novembre 1968, a Macugnaga nei giorni 5 - ottobre 1977 e a Piamprato nei giorni 22 - 24 settembre 1993.

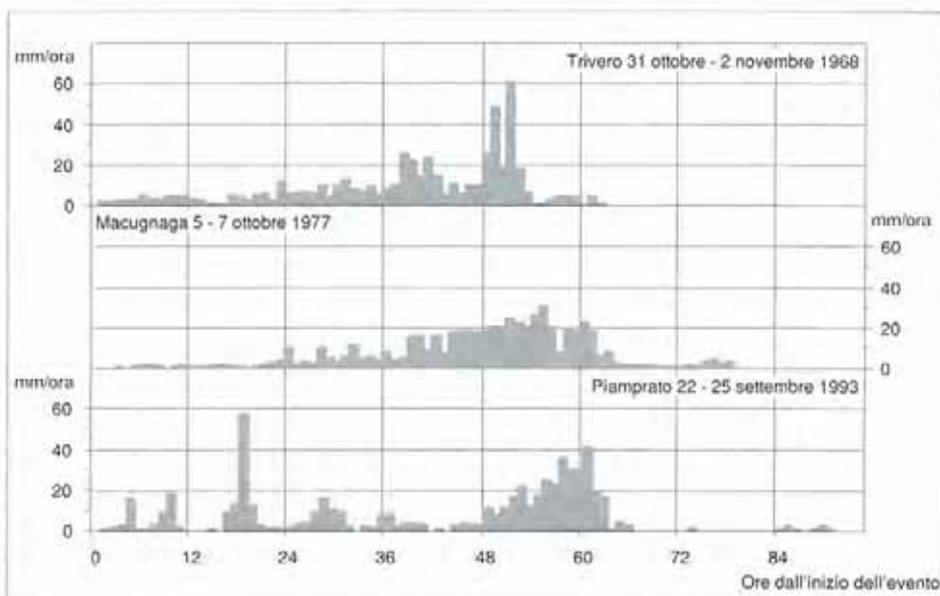
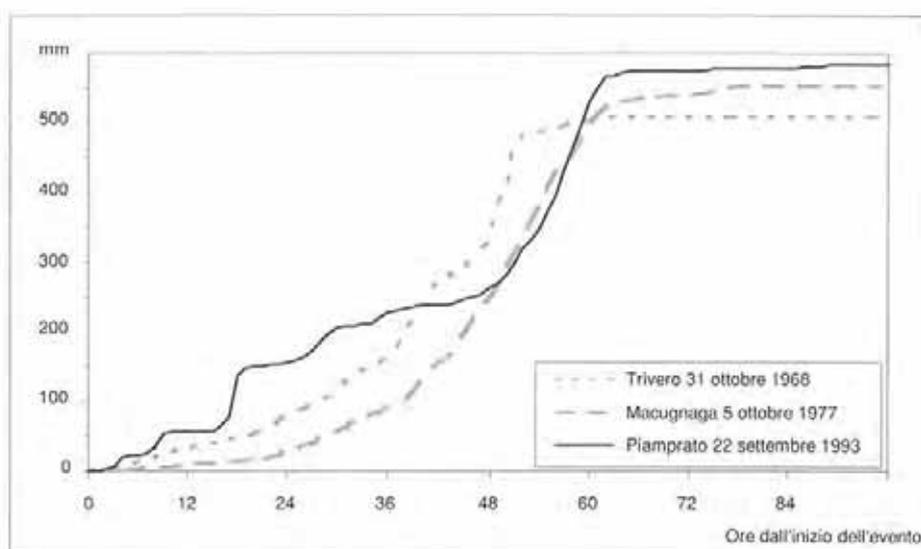


FIGURA 21 - Precipitazioni cumulate a Trivero nei giorni 31 ottobre - 2 novembre 1968, a Macugnaga nei giorni 5 - ottobre 1977 e a Piamprato nei giorni 22 - 24 settembre 1993.



apportando nel complesso meno di 30 mm in 6 ore.

Sulle parti del Piemonte non comprese nelle aree interessate dalle cinque fasi descritte le precipitazioni sono cadute in modo pressoché continuo nei giorni 23 e 24 ma con intensità deboli o moderate, in genere inferiori ai 10 mm/h, con punte di poco superiori ai 20 mm/h. La continuità geografica delle precipitazioni è indicata anche dalle mappe radar di questi giorni che presentano il Piemonte quasi completamente interessato da precipitazioni (figure 13 e 19).

Confronto con eventi analoghi

Considerando la globalità del fenomeno, la distribuzione nel tempo delle precipitazioni a Piamprato presenta alcune analogie con eventi, per

i quali si dispone di registrazioni orarie, avvenuti in Piemonte negli ultimi 30 anni.

Rispetto alle precipitazioni avvenute a Trivero tra il 31 ottobre ed il 2 novembre 1968, che causarono l'alluvione del biellese, quelle di Piamprato presentano un'analogia frequenza di scrosci particolarmente intensi (intensità superiori ai 30 mm/h). L'affinità tra i due eventi è anche segnalata dal valore delle precipitazioni di massima intensità di durata 12 ore, che è stata di 287 mm a Piamprato nel 1993 contro i 262 mm a Trivero nel 1968.

Le precipitazioni avvenute a Macugnaga tra il 5 ed il 7 ottobre 1977, si differenziano da quelle di Piamprato per l'assenza di intensità orarie superiori ai 30 mm/h ma, in analogia alle piogge di Piamprato, presentano una

forte continuità e concentrazione di intensità prossime ai 20 mm/h (figura 20).

La curva delle precipitazioni cumulate di Piamprato (figura 21) giace al di sopra delle curve di Trivero e di Macugnaga nelle 36 ore iniziali e ciò è dovuto agli scosci con intensità elevate registrati nelle prime 24 ore. Solo dopo le 48 ore, e fino alla sessantesima ora, la pendenza delle tre curve è molto prossima ad indicare la analoga intensità di precipitazione di quest'ultimo periodo.

La principale caratteristica comune ai tre eventi è data dalla continuità nel tempo di intensità prossime o superiori ai 20 mm/h con punte isolate nettamente superiori; caratteristica che si è manifestata anche a Capanne di Cosola il 23 settembre 1993.

2.2. Aspetti idrologici dell'evento dei giorni 22-24 settembre 1993
(S. Ravera, M. Buffo, E. Cavallero & F. Tresso)

Analisi della situazione idrologica della rete drenante piemontese nelle settimane immediatamente precedenti l'inizio dell'evento alluvionale.

Nella tabella 2, relativa alle stazioni di misura attive nel settembre 1993, vengono confrontati i valori della portata media nella fase di deflusso immediatamente precedente l'evento (20 agosto - 22 settembre), con la portata media annua definita attraverso l'analisi statistica (la pubblicazione dei dati idrometrici è stata regolarmente autorizzata dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale). I dati evidenziano una situazione di portate generalmente inferiori al valore medio annuo, con stati di magra accentuata nei bacini di minori dimensioni.

L'andamento dei deflussi nel periodo precedente la piena ha le caratteristiche tipiche della fase di esaurimento estiva, interrotta dalle precipitazioni verificatesi intorno al 12-14 settembre, che hanno comportato un breve e modesto innalzamento delle portate, particolarmente sentito nei bacini del Toce, del Sesia e del basso Tanaro.

L'effetto di questo evento secondario si è rapidamente esaurito nei bacini di minori dimensioni, che sono ritornati in condizioni di magra prima delle precipitazioni del 23-24 settembre, mentre ha comportato il mantenimento di un debole stato di morbida nei bacini maggiori, che presentavano portate dell'ordine del valore medio annuo nei giorni immediatamente precedenti la piena.

A titolo di esempio la figura 22 riporta l'andamento delle portate della stazione idrometrica di Masera, sul Melezzo Occidentale, nel mese di settembre.

Evoluzione del fenomeno di piena

L'evento alluvionale, a causa della particolare distribuzione temporale delle precipitazioni, si è manifestato

nei bacini del Piemonte in due distinti periodi. In un primo periodo, in seguito alle precipitazioni avvenute tra le 0:00 e le 15:00 del 23 settembre (terza e quarta fase delle precipitazioni) sono stati interessati i bacini sud-orientali; in questi bacini l'evento alluvionale ha raggiunto i valori di picco nel pomeriggio del 23 settembre. In un secondo periodo, in seguito alle precipitazioni cadute tra le 18:00 del 23 settembre e le 18:00

del 24 settembre (quinta fase delle precipitazioni) i fenomeni alluvionali si sono estesi alla parte restante dei bacini piemontesi, colpendo in particolar modo quelli settentrionali (24 settembre), e l'asta del Po (25 settembre).

Bacini sud-orientali (Basso Tanaro, Belbo, Bormida, Orba, Curone, Staffora, Scrivia). In questi bacini l'evento alluvionale ha prodotto i pic-

Tabella 2 - Confronto fra la portata media del mese precedente la piena e la portata media annua.

Stazione di misura	Superficie del bacino sotteso (kmq)	Portata media del mese precedente la piena (mc/s)	Portata media annua (mc/s)
Po a Gardè	510	4.0	11.0
Po a Carignano	3804	35.0	71.0
Po a Torino Centro	5210	41.0	95.0
Pellice a Luserna	216	4.6	8.0
Chisone a San Martino	581	5.0	15.0
Dora Riparia a Susa	628	13.0	11.0
Stura di Lanzo a Lanzo	582	14.0	20.0
Orco a Spineto	656	22.0	22.0
Dora Baltea a Borgo Revel	3889	36.0	91.0
Sesia a Borgosesia	695	35.0	33.0
Melezzo Occ. a Masera	50	0.5	2.0
Diveria a Crevola	326	0.3	17.3
Ovesca a Villadossola	149	1.6	7.1
Maira a Busca	567	5.0	13.0
Varaita a Rossana	539	1.0	14.0
Stura di Demonte a Gaiola	562	8.5	18.0
Tanaro a Alba	3415	10.0	71.0
Bormida a Camerana	249	0.5	5.8
Belbo a Castelnuovo	411	0.3	6.0
Orba a Casalecermelli	773	3.0	16.0
Curone a Volpedo	206	0.2	11.0
Scrivia a Serravalle	605	4.5	17.0

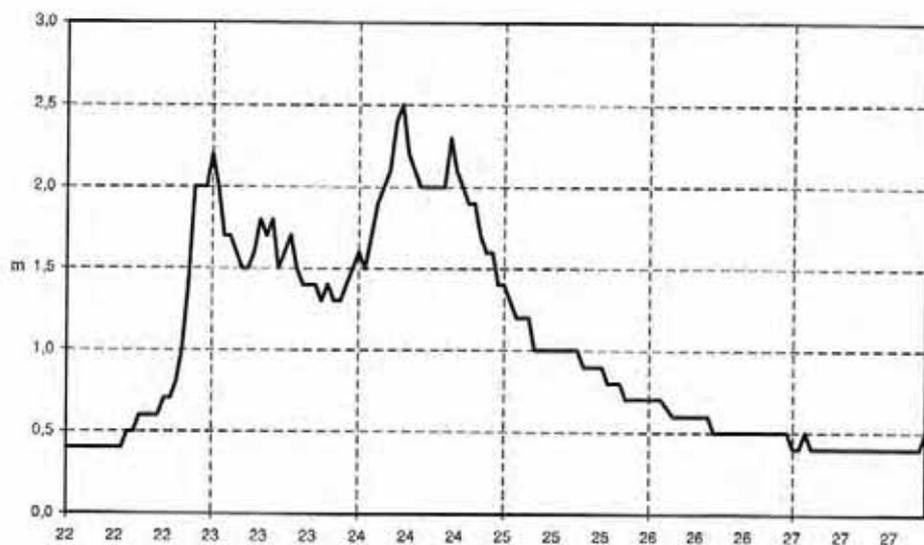


FIGURA 22 - Livello idrometrico del T. Melezzo a Masera nei giorni 22-27 settembre 1993.

chi di piena più elevati nel pomeriggio del 23 settembre per effetto delle precipitazioni della terza e quarta fase dell'evento. Fa eccezione il Tanaro che, per le dimensioni del bacino e la diversa distribuzione territoriale delle precipitazioni intense, ha raggiunto valori di portata al colmo nella giornata successiva.

Gli effetti della piena sono risultati particolarmente gravosi nei bacini del Belbo (portata al colmo di 640 m³/s a Castelnuovo) e dello Scrivia (portata al colmo di circa 900 m³/s a Serravalle), nei quali si sono verificate estese esondazioni e modificazioni delle sezioni di deflusso dovute ai fenomeni di erosione dell'alveo. Sull'asta del basso Tanaro l'onda di piena ha presentato caratteristiche ordinarie, essendo risultati modesti gli apporti della parte alta del bacino.

Le portate al colmo sono risultate di circa 600 m³/s a Alba e di circa 1600 m³/s a Montecastello, dove sono stati avvertiti gli effetti degli eventi gravosi verificatisi sul Bormida e sul Belbo.

L'idrogramma di piena del Belbo presenta due colmi distinti nelle giornate del 23 e del 24 settembre, dovuti all'andamento dell'evento di precipitazione (figura 23).

Il volume complessivo è risultato di circa 30.000.000 m³.

Nei bacini del Bormida, dello Staffora, del Curone e dello Scrivia l'andamento del deflussi di piena ha avuto caratteristiche analoghe, mentre sul Tanaro è stato registrato un solo colmo di piena (figura 24).

Bacini settentrionali (Stura di Lanzo, Orco, Dora Baltea, Sesia, Toce). Le precipitazioni dei giorni 22 e 23 settembre hanno provocato su questi bacini un primo colmo di piena, di minore intensità rispetto ai fenomeni registrati nella giornata successiva, seguito da una fase di parziale esaurimento.

Gli effetti più gravosi della piena si sono manifestati nelle giornate del 24 e 25 settembre, con portate al colmo dell'ordine di 1200 m³/s sulla Stura di Lanzo a Lanzo, di 1500 m³/s sull'Orco a Spineto, di 3000 m³/s sulla Dora Baltea a Mazzè, di 2400 m³/s sul Sesia a Borgosesia.

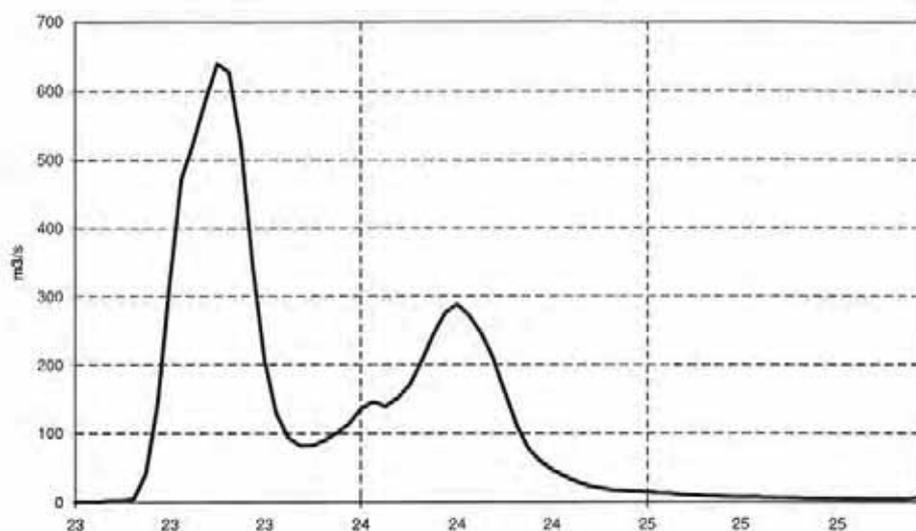


FIGURA 23 - Andamento delle portate del F. Belbo a Castelnuovo nei giorni 23-25 settembre 1993.

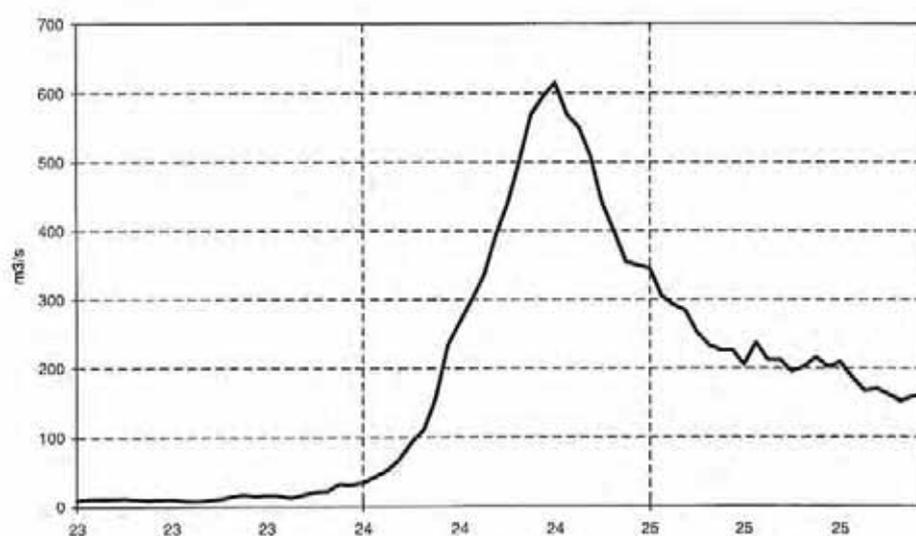


FIGURA 24 - Andamento delle portate del F. Tanaro ad Alba nei giorni 23-25 settembre 1993.

La dinamica dell'evento è stata caratterizzata da una iniziale fortissima concentrazione del deflusso nelle testate dei bacini, su superfici contribuenti limitate (pochi chilometri quadrati) e a elevata altitudine.

Le intensità di pioggia, verificatesi per effetto dell'elevata quota dello zero termico, hanno rappresentato un fatto atipico rispetto al carattere nevoso normalmente assunto in questo periodo dalle precipitazioni in molte testate vallive.

Questo fatto, associato al basso grado di permeabilità dei bacini, a prevalente copertura rocciosa e scarsamente vegetati, ha prodotto onde di piena estremamente concentrate e superiori alla capacità di smaltimen-

to degli alvei. Su questi fenomeni non sono disponibili registrazioni idrometriche dirette essendo la rete di rilevamento dislocata su sezioni di chiusura di bacini di maggiori dimensioni, dove i contributi di piena delle zone di testata sono pervenuti già sensibilmente laminati per effetto delle esondazioni.

L'intensità dell'evento che ha colpito i bacini settentrionali è comunque evidenziata dalla concomitanza dei fenomeni e dalla forma delle onde di piena registrate dagli strumenti idrometrici.

Gli sfasamenti cronologici tra i colmi di piena rilevati sono dovuti sia alle distribuzioni delle precipitazioni nel tempo che alle diverse super-

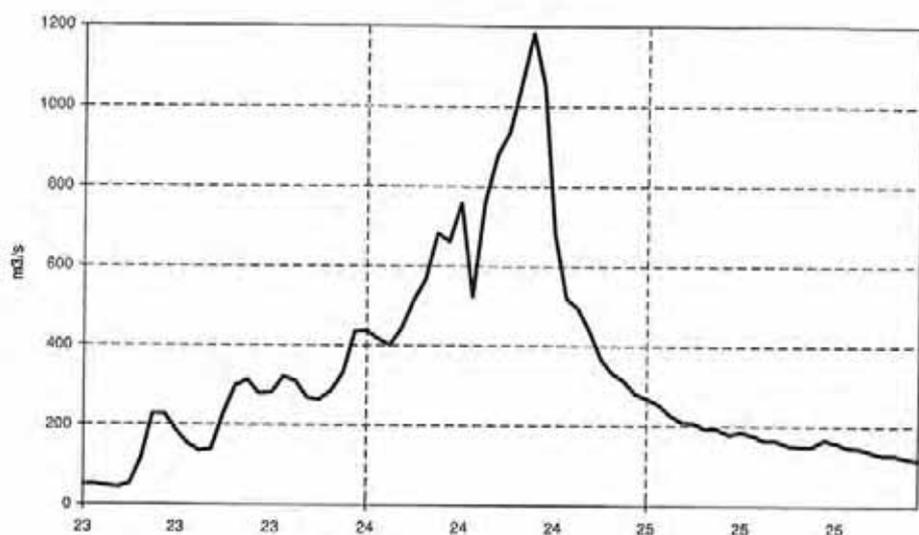


FIGURA 25 - Andamento delle portate del F. Stura di Lanzo a Lanzo nei giorni 23-25 settembre 1993.

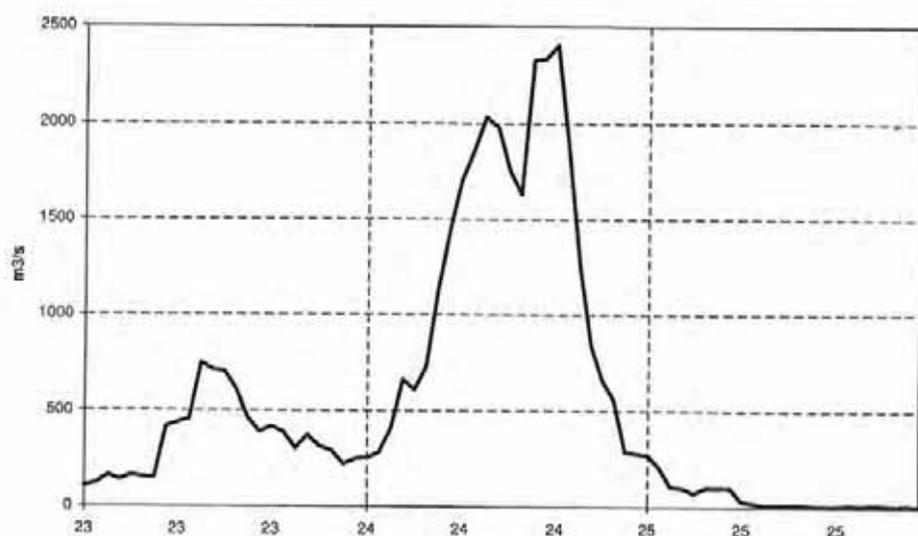


FIGURA 26 - Andamento delle portate del F. Sesia a Borgosesia nei giorni 23-25 settembre 1993.

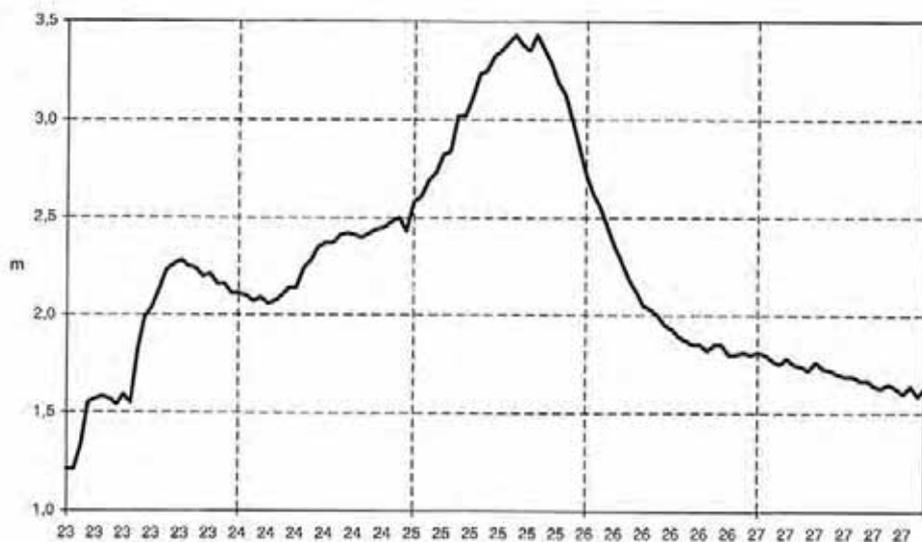


FIGURA 27 - Livello idrometrico del F. Dora Baltea a Borgo Revel nei giorni 23-27 settembre 1993.

fici contribuenti dei bacini che, infine, ai tempi di traslazione delle onde lungo le aste fluviali.

I picchi di portata conseguenti alle precipitazioni della quinta fase dell'evento si sono verificati nel giorno 24 settembre, intorno alle ore 13 sulla Stura di Lanzo a Lanzo (582 km²) (figura 25), verso le 16 sull'Orco a Spineto (656 km²), alle 18 sul Sesia a Borgosesia (695 km²) (figura 26). Nei bacini affluenti del Toce (Melezzo, Isorno, Bogna, Diveria, Anza) i colmi di portata si sono verificati tra le ore 12:00 e le ore 14:00 del 24 settembre.

Nella Dora Baltea, per la maggiore estensione del bacino, i valori al colmo sono stati rilevati soltanto nella giornata del 25 settembre, alle ore 12 a Mazzè (3837 km²) e alle ore 16 a Borgo Revel (3889 km²) (figura 27). La struttura degli idrogrammi di piena registrati sui bacini della Stura, dell'Orco, del Sesia e del Toce evidenzia il carattere impulsivo dell'evento, con incrementi di portata nelle fasi di rampa variabili da 100 a 300 m³/s. Su questi idrogrammi sono inoltre evidenti i colmi secondari che hanno preceduto l'evento principale, prodotti dalle precipitazioni della prima e seconda fase.

Nel caso dell'Orco e della Dora Baltea, gli idrogrammi relativi alle sezioni di misura disposte nei tratti fluviali di valle - San Benigno (figura 28) e Borgo Revel (figura 27) - risentono degli effetti di laminazione dovuti alle vaste esondazioni verificatesi a monte.

Per le sezioni di Lanzo e Borgosesia è possibile valutare l'entità dei volumi defluiti nei tre giorni di piena (23, 24 e 25 settembre), pari a circa 80.000.000 m³ sulla Stura e a circa 140.000.000 m³ sul Sesia.

Bacini occidentali (Alto Tanaro, Maira, Varaita, Pellice, Chisone, Dora Riparia). In questo settore del territorio regionale l'evento di piena ha presentato entità più modesta, soprattutto nei bacini dell'Alto Tanaro, del Maira, del Varaita e del Pellice, dove sono stati registrati idrogrammi di piena molto concentrati (nella giornata del 24 settembre) ma con valo-

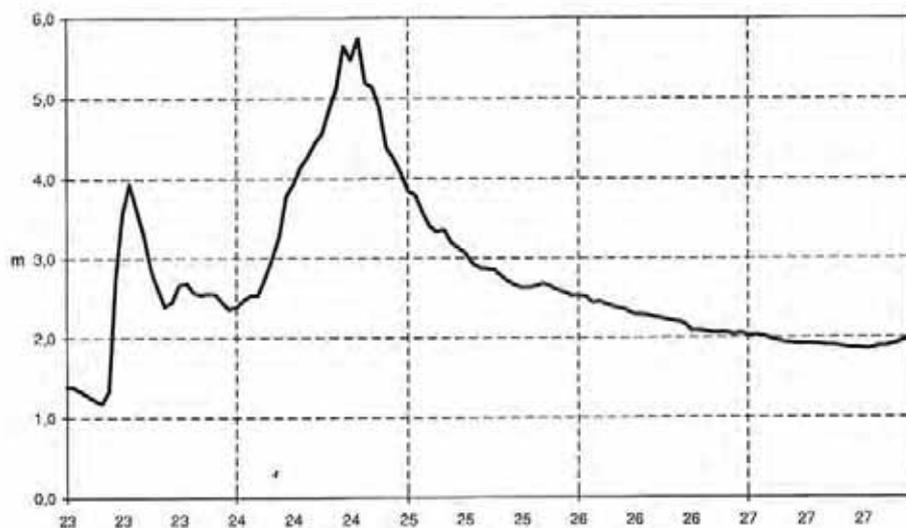


FIGURA 28 - Livello idrometrico del T. Orco a San Benigno nei giorni 23-27 settembre 1993.

ri al colmo tipici di eventi di piena ordinari.

Le onde di piena rilevate nei bacini del Chisone e della Dora Riparia presentano entità superiore, pur non costituendo eventi particolarmente gravosi, e struttura degli idrogrammi complessa, per effetto della sovrapposizione di diversi apporti sfasati cronologicamente.

Asta del Po - L'evento di piena è defluito nell'asta del Po con portate non eccezionali nel tratto a monte della confluenza con la Dora Baltea, dove sono stati rilevati i valori al colmo di 120 m³/s a Cardè, di 400 m³/s a Carignano e di 500 m³/s a Torino. Per effetto dell'apporto di piena della Dora Baltea si sono create a valle della confluenza condizioni estremamente critiche, con portate al colmo superiori a 5.000 m³/s.

Il contributo non eccezionale del Tanaro ha favorito lo smaltimento della piena nel tratto fluviale a valle del territorio piemontese.

Il deflusso lungo l'asta ha risentito dei tempi di traslazione delle onde di piena negli affluenti e di composizione dell'idrogramma complessivo; le portate al colmo sono defluite alle ore 22-24 del 24 settembre in corrispondenza di Torino, e nella giornata successiva attraverso la restante parte del territorio regionale. Il volume di deflusso in corrispondenza di Carignano nel periodo 23-25 settembre è risultato di circa 50.000.000 m³.

Tempo di ritorno delle portate e confronto con eventi precedenti

Nell'area maggiormente interessata dalle precipitazioni, ovvero i bacini compresi tra Stura di Lanzo e Dora Baltea, la presenza di stazioni di misura idrometriche con serie storiche di portate al colmo di diverse decine di anni ha permesso una valutazione di massima del tempo di ritorno dei singoli eventi di piena. Le stazioni considerate, poste in corrispondenza dello sbocco in pianura delle valli principali, sono le seguenti: Dora Baltea a Tavagnasco, Orco a Pont Canavese, Stura di Lanzo a Lanzo.

Le serie storiche sono state analizzate per mezzo del programma HCH/QMAX che, a partire dalle portate massime al colmo, determina per un corso d'acqua la portata di piena prevedibile per assegnati tempi di ritorno utilizzando un metodo probabilistico di regolarizzazione con diversi tipi di distribuzione

(log-normale o Galton, Pearson Type III o funzione Gamma, Fisher-Tippet Type I o Gumbel).

I tempi di ritorno così calcolati sono riportati nella tabella 3. Si tratta di valori piuttosto elevati, a conferma della particolare eccezionalità del fenomeno. Per quanto riguarda la Dora Baltea i risultati dell'elaborazione cambiano in maniera significativa a seconda che si consideri o si trascuri il valore di portata attribuito dal Servizio Idrografico alla piena del 26/9/1920, pari a 2670 m³/s e quindi teoricamente massimo storico, ritenuto tuttavia da vari autori sovrastimato o comunque dubbio. Nel F. Sesia e nel F. Belbo si sono avute portate fuori della norma tuttavia non essendo disponibili serie storiche delle portate non è possibile definire il tempo di ritorno di tali eventi se non in via molto approssimativa.

Per il Sesia è stata stimata una portata di 2400 m³/s a Borgosesia, contro il massimo storico di 3100 m³/s del 4/9/1948 (Servizio Idrografico), e 3400 m³/s a Palestro contro 3900 m³/s del 2/11/1968 (Giuffrida, 197). Nel Belbo è stata misurata a Castellnuovo una portata di 650 m³/s a fronte di un massimo storico di 850 m³/s del 2/11/1968 (Giuffrida, 1974) presso la sezione di S. Stefano (situata più a monte).

In entrambi i casi quindi vi sono state delle piene sicuramente eccezionali ma comunque inferiori alle massime storiche con un tempo di ritorno valutabile indicativamente attorno a 50 anni.

Anche nel T. Borbera, affluente di destra del T. Scrivia, si è verificata una piena particolarmente elevata ma non si è fatta una valutazione del-

Tabella 3 - Tempi di ritorno calcolati.

Stazioni di misura	Anni di misura	Portata massima al colmo nel 1993 (mc/s)	Tempi di ritorno
Stura di Lanzo a Lanzo	48	1200	35
Orco a Pont Canavese	51	1500	50
Dora Baltea a Tavagnasco (evento del 26/9/1920 compreso)	45	2150	75
Dora Baltea a Tavagnasco (evento del 26/9/1920 escluso)	44	2150	150

l'entità delle portate. Il confronto con l'intensità di pioggia giornaliera in coincidenza con tale evento (279.8 mm a Capanne di Cosola) rispetto a quella misurata l'11 novembre 1935 (251 mm a Carrega Ligure), in coincidenza con la piena massima storica di 1020 m³/s a Pertuso (Stazione del Servizio Idrografico da tempo abbandonata), porta comunque a ritenere che le due portate possano essere confrontabili.

Negli altri fiumi piemontesi invece i fenomeni legati a tale evento non hanno avuto caratteri di eccezionalità.

2.3. Considerazioni sulle precipitazioni di breve durata (V. Anselmo)

In base alla documentazione esistente sono state esaminate le stime della frequenza dei valori delle precipitazioni registrata per varie durate.

La mancanza di indicazioni ufficiali in merito alla procedura da seguire rende indispensabile un esame comparato di metodi diversi; in particolare si è fatto ricorso all'analisi della frequenza secondo la distribuzione EV1 (di Gumbel, con determinazione dei parametri col metodo dei minimi quadrati), GEV (*General Extreme Value*, in base al codice di calcolo distribuito come componente HOMS), TCEV (*Two Components Extreme Value*). La sostanziale differenza nell'impiego delle varie procedure consiste nel fatto che alla tradizionale analisi limitata ai dati di una singola stazione, si tende a sostituire l'analisi cosiddetta "regionale" fondata sulle informazioni disponibili in una pluralità di siti. La supe-

riorità di tale approccio, da tempo sottolineata (Wallis, 1980), può essere raggiunta solo disponendo di un adeguato criterio per la delimitazione della "regione". Il procedimento utilizzato dal progetto nazionale VAPI consiste in una procedura gerarchica, fondata sulla analisi della varianza e riconduce il livello più dettagliato di regionalizzazione alla dipendenza dalla quota della stazione. In regioni a orografia complessa, il processo di regionalizzazione risulta particolarmente arduo allorchè la separazione fra una regione e l'altra attraversa aree prive di informazioni.

L'andamento delle precipitazioni nel corso dell'evento risulta adeguatamente illustrato dalle curve cumulative della precipitazione proposte nella serie di diagrammi ottenuti in base alle rilevazioni ogni 30 minuti presso le stazioni della rete regionale piemontese.

L'intensità ha raggiunto valori rilevanti su due aree con conseguenze chiaramente denunciate dagli effetti sul territorio. La prima risulta compresa fra le testate della Val Grande di Lanzo e il Soana, tributario di sinistra dell'Orco; la seconda comprende i dintorni di Cabella Ligure. I dati osservati sono riportati nella tab. 4. La valutazione della frequenza dei valori osservati nelle due aree più colpite è stata condotta a partire dalla metodologia tradizionale consistente nell'analisi delle frequenze (distribuzione EV1 di Gumbel) dei valori osservati in un singolo sito. I risultati sono esposti nella tabella 5. L'analisi è stata ripetuta utilizzando la distribuzione GEV ottenendo conferma (parametro di forma k prossimo a zero) che, in generale, i cam-

pioni in esame sono distribuiti secondo la EV1.

I calcoli sono stati effettuati ricorrendo alla formula di Gringorten per esprimere la *plotting position* di ciascun valore e i due parametri della distribuzione sono stati ricavati col metodo dei minimi quadrati.

Nell'ambito del citato programma VAPI sono stati elaborati i valori massimi annuali delle precipitazioni con durata 24 ore osservati in un totale di 157 siti effettuando i tre livelli di regionalizzazione secondo la metodologia della TCEV. Sono state individuate tre regioni e sei sottoregioni pluviometriche. Il valor medio atteso per ciascuna durata è dato da una relazione di potenza in funzione della quota del sito, indi si entra nella curva di crescita della regione pluviometrica e si determina il tempo medio di ritorno del valore osservato normalizzato alla media. La procedura rappresenta lo strumento più avanzato oggi disponibile. La struttura orografica della regione subalpina e l'esposizione di determinati versanti alle perturbazioni rende ardua la suddivisione in sottoregione allorchè i limiti si trovano ad attraversare aree prive di stazioni di misura. Risulta essere in corso il completamento dell'analisi con l'utilizzo dei valori delle precipitazioni giornaliere osservate in parecchie centinaia di siti che permetterà di migliorare il dettaglio nel tracciamento delle aree pluviometriche omogenee. Per le stazioni riportate in tabella 4, la procedura TCEV ha portato a risultati sostanzialmente dello stesso ordine di grandezza con valori inferiori come ci si deve attendere da una analisi regionale. Risultano infatti, in base alla procedura TCEV, con tre

Tabella 4

Stazione	Quota	Valori giornalieri osservati (dalle 9:00 alle 9:00)						Valori massimi orari osservati					Fonte	
		22	23	24	25	26	Totale	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore		
Lago Serrù	2260	3.4	40.8	42.4	51.0	0.0	137.6							SIMN
Ceresole	1579	11.8	76.0	110.0	147.0	1.2	346.0	20.0	54.6	100.2	159.0	210.6		SIMN
Lago Valsoera	2365	44.4	66.0	115.0	39.8	8.4	273.6	19.0	52.2	98.0	158.0	210.6		RP
Bertodasco	1120	38.6	99.2	156.0	23.4	4.0	321.2	51.2	90.0	134.8	196.4	321.6		RP
Lago Eugio	1900	51.6	141.8	146.8	97.6	6.4	444.2	38.0	78.0	113.0	147.0	203.2		SIMN
Rosone	714	44.6	101.2	185.8	80.4	5.8	417.8	21.2	53.0	95.0	167.0	222.6		RP
Piamprato	1550	34.0	174.0	187.0	181.6	9.8	586.4	57.6	101.0	184.2	287.0	313.4		RP
Capanne di Cosola	1555	0.0	71.0	224.8	58.6	14.2	368.6	35.8	100.2	156.0	218.0	279.8		RP

FONTI: SIMN = Servizio Idrografico Mareografico Nazionale; RP = Regione Piemonte.

Tabella 5 - Valutazione del tempo medio di ritorno dei valori orari osservati in base all'analisi delle frequenze dei massimi annuali secondo la distribuzione EV1.

Stazione	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Ceresole	3	17	46	149	76
Lago Eugio	75	214	276	161	71
Lago Valsoera	2	15	52	77	86

Tabella 6

Stazione	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Ceresole	2	7	26	48	31
Lago Eugio	19	54	64	39	34
Lago Valsoera	2	7	36	94	74

livelli di regionalizzazione, applicata alle precipitazioni di 24 ore, i valori riportati in tabella 6.

Le tre stazioni appartengono alla sottozona 5, regione 2. L'equazione caratteristica della sottozona è:

$$E(x) = 18.37 \cdot t^{\frac{(0.827 - 0.000075 \cdot Z)}{1.38}}$$

Il coefficiente angolare della retta è negativo in funzione della quota Z. La curva di crescita della regione è invece la seguente:

$$F(y) = e^{(-20.38 \cdot 25.078^{(-y)} - 2.231 - 8.498^{(-y)})}$$

Si ricorda che il tempo di ritorno T deriva, in funzione della probabilità cumulata F(y), in base a:

$$T = \frac{1}{[1 - F(y)]}$$

Le citate incertezze nella delimitazione delle zone omogenee tuttavia risultano insormontabili nel caso di situazioni particolarmente influenzate dall'orografia. Nell'evento in esame, la presenza di due stazioni della rete regionale piemontese ha posto in evidenza due classi che rientrano

nell'ordine dei fatti prima lamentati. Tali casi interessanti in quanto pongono in evidenza la necessità di un approfondimento dell'analisi idrologica, ma chiariscono anche l'opportunità di assumere decisioni funzionali nell'ambito operativo.

I due casi citati si riferiscono rispettivamente alle località di Piamprato (Comune di Valprato Soana) e di Capanne di Cosola (Comune di Cabella Ligure) in cui sono stati registrati i valori massimi orari riportati nelle due ultime righe della tabella 4. La valutazione del tempo medio di ritorno si trova ostacolata dall'insufficiente dettaglio nella regionalizzazione dell'informazione idrologica. Nel sito di Piamprato, l'installazione di una stazione della rete regionale permette ora di avere registrazioni della precipitazione in una località originariamente sede di un pluviometro del SIMI. Nell'ambito della serie storica dei valori giornalieri, la precipitazione "giornaliera", compresa tra le 9:00 e le 9:00 del giorno precedente, riferita ai giorni 23 (210 mm) e 23-24 settembre 1993 (378

mm) presenta tempi di ritorno rispettivamente di 11 e 119 anni (distribuzione EV1). La forte differenza richiama l'attenzione sul fatto che il valore giornaliero può sottostimare sensibilmente l'entità delle precipitazioni prolungate che si sviluppano a cavallo delle ore 9:00. L'analisi effettuata utilizzando la distribuzione GEV conferma i risultati ottenuti. La valutazione della ricorrenza delle precipitazioni orarie richiede invece l'impiego di tecniche "regionali" e, a questo proposito, assume importanza determinante la collocazione del limite fra le sottozone pluviometriche individuate con i numeri 5 e 1 (Telesca & Fadda, 1993). L'attribuzione del sito di Piamprato all'una o all'altra delle due zone, per le piogge di 12 e 24 ore, porta a valori del tempo di ritorno con differenze di due ordini di grandezza.

Le registrazioni effettuate presso la stazione di Capanne di Cosola evidenziano anche la discutibile assimilazione di questo sito, esposto a Sud e aperto verso le correnti provenienti dal mare, con le stazioni di fondovalle rivolte verso la Pianura Padana (per es. Cantalupo Ligure). Infatti, nella serie di Cantalupo (sia pure dotata di soli 14 anni e con discreta varianza) le precipitazioni registrate a Capanne di Cosola rispettivamente in 6, 12 e 24 ore avrebbero tempo medio di ritorno ultrasecolare. L'applicazione della TCEV (sottozona 3) porta ad includere la stazione nell'ambito della sottozona che rappresenta la pianura e la regione collinare; pertanto i tempi di ritorno ottenuti sono discutibili.

3. TIPOLOGIA DEI PROCESSI

L'evento alluvionale del settembre-ottobre 1993 è stato caratterizzato essenzialmente da processi lungo la rete idrografica. I processi lungo i versanti sono stati, nel complesso, limitati e con scarsa diffusione areale, fatto salvo per una certa diffusione di fenomeni di fluidificazione delle coperture nei settori appenninici. I paragrafi seguenti (3.1 e 3.2) descrivono, brevemente e da un punto di vista generale, i principali processi sono tratti (con leggere modifiche) dall'*Atlante dei centri abitati instabili piemontesi* a cura della Regione Piemonte e del C.N.R. - I.R.P.I. (F. Luino, M. Ramasco, G. Susella, 1993, pag. 16-25).

3.1. Processi lungo i corsi d'acqua.

Nel trattare la vasta gamma dei processi idrodinamici che si manifestano lungo la rete idrografica in tempo di piena, è importante distinguere quelle fenomenologie caratterizzate da violenta attività torrentizia che si esplicano nei bacini montani con forti processi erosionali e deposizionali, da quelle che contraddistinguono i corsi d'acqua di pianura e di fondovalle i cui processi principali di inondazione e allagamento, pur inventando maggiori estensioni di territorio, determinano effetti generalmente meno gravi e consentono maggiori opportunità previsionali e di difesa.

La rete idrografica secondaria che solca i rilievi collinari e montuosi è caratterizzata, come accennato in precedenza, in regime di forti precipitazioni piovose, dallo sviluppo di fenomeni di violenta attività torrentizia. I fattori che determinano l'insorgenza di questi fenomeni sono essenzialmente:

- il regime delle precipitazioni, sovente caratterizzato, a quote elevate, da forti intensità e concentrazione;
- le ridotte dimensioni del bacino di alimentazione che comportano una risposta immediata agli apporti meteorici;
- le condizioni di forte pendenza dei tributari e dei collettori principali con conseguenti brevi tempi di corrivazione;
- la predisposizione dei versanti a fornire ingenti quantità di materiale solido.

L'attività torrentizia si caratterizza soprattutto per l'elevatissima capacità di trasporto solido alimentata essenzialmente dall'instaurarsi da fenomeni franosi nel bacino. La massa d'acqua in movimento prende in carico i materiali franati in alveo, aumentando ulteriormente il volume e la capacità erosiva durante la discesa sia per il sostanziale apporto di alberi sradicati, sia e soprattutto per i materiali alluvionali presenti in alveo che vengono facilmente rimobilizzati, fino talvolta al totale svuotamento dell'asta torrentizia. La miscela solido-liquida può raggiungere densità elevatissime (fino a 2 t/m³ nelle colate di detrito o lave torrentizie) (Govi, 1979), ed altezze notevoli, soprattutto nella parte frontale, anche di molto superiori a quelle ipotizzabili in base alle procedure di calcolo per le massime piene caratterizzate da soli deflussi liquidi. Il fenomeno, che può manifestarsi con più pulsazioni causate dalla formazione di temporanei sbarramenti in alveo successivamente sfondati o aggirati, generalmente si esaurisce nell'arco di qualche decina di minuti, lasciando tuttavia profonde trasformazioni nell'ambiente circostan-

te a causa delle grandi capacità erosive e deposizionali.

Come accennato in precedenza i problemi maggiori si manifestano sui conî di deiezione, sia perchè questi apparati rappresentano l'area naturale sulla quale vengono violentemente scaricati e deposti i materiali alluvionali trasportati durante la piena, sia perchè essi offrono da sempre favorevoli condizioni morfologiche allo sviluppo di insediamenti con un conseguente forte impatto modificatorio sull'andamento e dimensionamento dell'alveo per ragioni logistiche e di difesa.

Problemi molto gravi si manifestano anche lungo l'asta torrentizia che generalmente si sviluppa in fondovalle stretti, soprattutto là dove viabilità e piccoli centri abitati sono localizzati, per motivi di spazio, in condizioni di competizione con l'alveo del torrente.

Questi fenomeni sono molto frequenti nell'arco alpino e caratterizzati da tempi di sviluppo molto rapidi, direttamente proporzionali all'intensità e concentrazione delle precipitazioni. Possono coinvolgere numerosi bacini contigui durante grandi eventi alluvionali (Ossola, agosto 1978), oppure localizzarsi in singoli piccoli bacini durante precipitazioni brevi ed intense tipiche di temporali estivi (Quassolo, giugno 1942). Se da una parte frane e violenta attività torrentizia sono sovente responsabili di gravi disastri contraddistinti anche da un elevato numero di vittime, non si devono dall'altra dimenticare gli effetti prodotti dalle piene lungo la rete idrografica principale. Va infatti tenuto presente che in Piemonte piene eccezionali in diverse occasioni (1926, 1948, 1951, 1957, 1968, 1977, 1978, 1981 e 1987 solo per elencare le più importanti del nostro secolo) distrussero argini e ponti, allagarono campagne e paesi ed arrecarono danni economici gravissimi.

I più importanti corsi d'acqua che solcano l'alta pianura padana ed i principali fondovalle alpini ad essa associati manifestano la loro attività in due ambienti fisiografici distinti: il letto del corso d'acqua e la piana alluvionale ad esso pertinente.

Nel primo ambiente, tipologicamente definibile in base al modello planimetrico del canale di deflusso, si esplicano i processi idrodinamici più importanti, sia in regime normale sia di piena.

Il secondo ambiente, morfologicamente contraddistinto da forme fluviali relitte disposte a guisa di fascia più o meno ampia lungo l'asta fluviale, è generalmente sede di fenomeni di esondazione ed allagamento durante le piene più importanti. In quest'area i processi idrodinamici di deflusso delle acque sono sovente condizionati oltre che dalla topografia delle forme fluviali relitte, anche dai numerosi interventi antropici ivi realizzati.

Questi processi sono meno pericolosi di quelli torrentizi in quanto si manifestano con un certo ritardo a partire dall'evento meteorologico che li ha causati. Si esplicano generalmente con minore rapidità e violenza date le diminuite pendenze in cui si sviluppano, determinando tuttavia, anch'essi, gravi conseguenze per la collettività. Ciò anche in virtù di una sempre crescente occupazione da parte dell'uomo delle aree di pertinenza del corso d'acqua.

L'evento di piena fluviale si manifesta come un deflusso di molto superiore a quello che «normalmente» scorre nell'alveo.

Durante la fase parossistica gli effetti della piena sono rilevanti: la geometria dell'alveo subisce profonde modificazioni secondo un determinato modello evolutivo in base al quale è anche possibile prevedere il comportamento del corso d'acqua nel tempo. I processi erosivi e deposizionali che si instaurano a carico dei depositi alluvionali dell'alveo, apportando consistenti variazioni plan-altimetriche al suo profilo longitudinale e trasversale, determinano gravi ripercussioni sulle fondazioni delle opere di attraversamento, di derivazione e di difesa fluviale pregiudicandone la stabilità.

Quando la portata del corso d'acqua raggiunge valori superiori a quelli che l'alveo di massima piena o alveo contenuto entro le rive incise è in grado di contenere, avviene la tracimazione e l'esondazione per cui l'ac-

qua si espande su ampi settori delle zone circostanti.

La massa fluida trasporta con sé una parte del materiale mobilizzato all'interno dell'alveo: la quantità di tale materiale e la granulometria dipendono dall'energia della corrente.

Diminuendo di velocità lungo il percorso, inizia la deposizione progressiva della frazione solida e si genera così il fenomeno dell'«alluvionamento».

Molto più ampia è invece l'area che può essere occupata dall'acqua con allagamenti che si estendono, talora, per diversi km².

Come accennato in precedenza l'espansione e il deflusso delle acque nella piana alluvionale sono condizionate oltre che da fattori naturali (alvei abbandonati, scarpate erosionali relitte, ecc...), anche e soprattutto dalle interazioni che si manifestano con gli interventi eseguiti dall'uomo, sia che si tratti di opere di difesa quali arginature di vario tipo, sia di interventi di altra natura quali rilevati stradali e ferroviari, opere di derivazione, occupazioni urbane, industriali e residenziali, attività agricole e di forestazione, ecc..., potendo tutti questi determinare ora fenomeni di riduzione della piena, ora fenomeni di forte amplificazione della stessa.

Una parte della rete idrografica piemontese affluente del Po a pertinenza alpina ha manifestato, per tratti più o meno estesi a partire dallo sbocco in pianura, l'instaurarsi di sensibili processi di modificazione tipologica dell'alveo (Maraga, 1991). Questo fenomeno, consistente nel passaggio da un alveotipo a modellamento pluricursale, ossia caratterizzato da sezioni larghe e piatte con più ramificazioni dell'alveo, a forme a modellamento monocursale in cui le sezioni di deflusso si restringono e approfondiscono fino a formare un canale unico, si è manifestato in modo sensibile a partire dagli anni '50. Ciò come conseguenza dello sviluppo di consistenti attività antropiche di controllo e difesa delle aree golenali e di estrazione di inerti dagli alvei attivi (Ramasco & Rossanigo, 1988; Maraga, 1989), che hanno indotto fenomeni di accelerazione di un proces-

so naturale già in atto per ragioni legate a variazioni naturali nel regime delle portate.

L'insieme di queste modificazioni, conosciuta come metamorfosi fluviale, ha comportato sostanzialmente vistosi fenomeni di abbassamento degli alvei per erosione del fondo e di riduzione delle sezioni trasversali con tassi del 50% (questa riduzione è stata osservata per almeno 6 corsi su 15 misurati) (Maraga, 1989). Tali fenomeni di metamorfosi fluviale, in alcuni casi anche molto evoluta, ha portato necessariamente a forme di maggiore instabilità dell'alveo stesso (Govi, 1979).

Ciò ha infatti determinato aumenti considerevoli nelle velocità di deflusso delle piene e quindi maggiori capacità erosive con ripercussioni estremamente gravi sulla statica delle difese fluviali e delle opere di attraversamento.

Per quanto concerne le esondazioni, pur diminuendo nei tratti d'alveo interessati dai fenomeni descritti, esse, a parità di deflussi integrali, diventano invece più gravi e frequenti per esaltazione dei livelli idrometrici, là dove si determinano restringimenti delle sezioni di deflusso sia antropici (ponti e relative opere di difesa) che naturali.

3.2. Processi d'instabilità dei versanti: evoluzione e cinematismo.

Recenti studi compiuti sul territorio regionale hanno disegnato una realtà completamente diversa per quanto attiene i movimenti gravitativi di versante, rispetto a quelle che erano le conoscenze sul finire degli anni '70. Vasti settori dell'area alpina, che sui vecchi fogli geologici erano distinti come aree detritiche o depositi morenici, si sono rivelati in effetti come zone che, in epoca postglaciale, erano state coinvolte in grandi movimenti franosi. Lo studio fotointerpretativo condotto a tappeto sul territorio regionale ha permesso inoltre di riconoscere come legata alle fenomenologie delle frane tutta una

serie di particolarità morfologiche fino ad allora non evidenziate.

L'alto numero di processi individuati, la loro distinzione tipologica, l'individuazione per gruppi di caratteristiche comuni inerenti dimensioni, geometrie e localizzazioni hanno consentito delle interessanti correlazioni tra ambiente geomorfologico, caratteristiche litologico-strutturali dell'area e tipologie dei fenomeni. Si può in sintesi parlare di una zonizzazione delle fenomenologie in quanto si possono individuare settori di territorio caratterizzati dalla presenza di specifiche tipologie di frana (Regione Piemonte, CNR-IRPI & CSI Piemonte, 1990).

Nell'ambito di questo studio è stata utilizzata la classificazione di Varnes (1978) che suddivide i fenomeni franosi in sei classi principali in base al tipo di movimento (crolli, ribaltamenti, scorrimenti, espansioni laterali, colamenti e frane complesse) e, considerando anche il tipo di materiale coinvolto («roccia», «detrito» e «terra») ottiene un totale di 18 sottoclassi. Fornisce inoltre specifiche indicazioni sulle velocità dei movimenti, da estremamente rapidi (> 3 m/s) ad estremamente lenti (< 1 mm/anno). Si noti come, in fenomeni quali la caduta massi, si possano raggiungere velocità nell'ordine dei 35 m/s.

Essa ha consentito di distinguere 5 gruppi principali di fenomenologie franose presenti sul territorio regionale. Stabilendo una priorità in funzione della loro pericolosità, essi vengono qui di seguito elencate e descritte:

- a) crolli (*fall*) e valanghe di roccia (*rock avalanche*);
- b) frane per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali (Varnes le definisce *earth flow*, ma pare più corretta la definizione di Campbell (1975) *soil slip*);
- c) scorrimenti traslativi o rotazionali (*rock block slide* o *rock slump*);
- d) colamenti (*flow*).
- e) deformazioni gravitative profonde (*deep reaching gravitational deformation*)

Fra i fenomeni franosi ad azione

istantanea sono da annoverare anche le frane per saturazione e fluidificazione dei terreni sciolti superficiali (coperture detritiche eluviali, depositi morenici, ecc...) che si sviluppano in concomitanza a precipitazioni intense, conseguenti a lunghi periodi piovosi; in una area non estesa, se ne possono contare diverse centinaia anche durante un solo evento idrologico (Biellese, novembre 1968, Alessandrino meridionale, ottobre 1977 e Val d'Ossola, agosto 1978). Questa tipologia di frana si sviluppa con maggior frequenza in ambiente prealpino e in zone collinari, seppure con connotazioni leggermente diverse, e coinvolge limitate porzioni di terreni incoerenti della copertura superficiale che le acque di infiltrazione hanno portato alla saturazione. Il dissesto si manifesta inizialmente come uno scivolamento di suolo che si evolve quasi subito in un colamento molto rapido, sovente incanalato nelle ripide incisioni torrentizie d'ordine inferiore. Questa possibilità, collegata al fatto che l'attivazione del fenomeno si verifica durante periodi di piogge intense, crea le condizioni perché una frana si trasformi in un processo di trasporto solido, rientrando così nelle fenomenologie d'instabilità che si sviluppano a carico della rete idrografica minore.

La velocità della massa franata, che dipende essenzialmente dal volume idrico immagazzinato e dalle resistenze d'attrito che si oppongono al movimento, può raggiungere valori compresi fra 2 e 9 m/s (Govi *et alii*, 1985), acquistando così una notevole forza d'urto. Questo tipo di frana si origina più frequentemente in zone a pascolo, prato o coltivi, su versanti con pendenze comprese fra 30° e 45°. La particolare pericolosità determinata da questi fenomeni è da mettere in relazione con la loro rapidità di sviluppo, la difficoltà di prevederne l'ubicazione, ma anche con l'elevata densità di distribuzione delle singole frane le cui traiettorie di discesa sul versante hanno così una notevole probabilità d'intercettare aree antropizzate.

4. STUDI CONDOTTI E METODOLOGIE DI LAVORO

Nel periodo immediatamente successivo all'evento alluvionale del settembre 1993 i funzionari tecnici del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte hanno effettuato una campagna di rilievi a scala di dettaglio dei processi, degli effetti e dei danni conseguenti all'evento lungo le aste fluviali e torrentizie maggiormente colpite. I rilievi sono stati integrati tramite fotointerpretazione e completati di note illustrative e documentazione fotografica. Sono state rilevate le seguenti aste.

- T. Diveria (VB): rilievo alla scala 1/25.000 del tratto compreso tra il confine di Stato e Crevoladossola.
- T. Anza (VB): rilievo alla scala 1/2000 lungo l'asta torrentizia nel territorio comunale di Macugnaga (VB).
- T. Sesia (VC): rilievo alla scala 1/5000 del tratto tra Alagna Val Sesia e Isolello; vari rilievi, alla stessa scala, di tratti tra Isolello e la confluenza con il F. Po, ove maggiori sono stati gli effetti indotti dalla piena.
- Dora Baltea (TO): è stato rilevato alla scala 1/5000 il tratto compreso tra Quincinetto e la confluenza con il T. Chiusella.
- T. Soana (TO): rilievo alla scala 1/5000 del tratto compreso tra Piamprato e Ingria.
- T. Orco (TO): Il tratto alpino, tra Noasca e Cuornè, è stato rilevato alla scala 1/5000; il tratto di pianura, tra Cuornè e la confluenza con il F. Po, è stato rilevato alla scala 1/10000.
- T. Stura di Val Grande (TO): rilievo alla scala 1/5000, dalla testata del Rio Bramafam (Ghiacciaio del Mulinet) sino a Germagnano.
- T. Tatorba (AT): rilievo alla scala 1/5000 dell'asta principale, dalle sorgenti sino alla confluenza con il T. Bor-

mida, e di alcuni affluenti minori.

- T. Nizza (AT): rilievi puntuali a varie scale lungo l'asta principale nel tratto tra Valle di Nizza e la confluenza con il T. Belbo, e lungo alcuni affluenti minori, ove maggiori sono stati gli effetti indotti dalla piena.
- T. Ovrano (AT): rilievo alla scala 1/5000 dalle sorgenti sino alla confluenza con il T. Bormida.
- T. Belbo (AT): rilievi puntuali a varie scale lungo l'asta principale, nel tratto tra Canelli e Castelnuovo Belbo e lungo alcuni affluenti minori, ove maggiori sono stati gli effetti indotti dalla piena.
- T. Scrivia (AL): rilievo alla scala 1/10000 dell'asta e dei tributari di destra tra Cassano Spinola e la confluenza con il F. Po.
- T. Borbera (AL): rilievo alla scala 1/10000 tra Carrega e la confluenza con il T. Scrivia.
- T. Grue (AL): rilievo alla scala 1/10000 tra le sorgenti e lo scolmatore presso Castelnuovo Scrivia.
- T. Curone (AL): rilievo alla scala 1/10000 dalle sorgenti sino a Brignano-Frascata.

I rilievi sono iniziati il giorno dopo la massima piena al fine di evidenziare i processi, gli effetti ed i danni conseguenti all'evento alluvionale nonché gli interventi di sistemazione necessari.

Il risultato di tale lavoro si è concretizzato nella predisposizione di note illustrative, di carte geomorfologiche di dettaglio, di carte tematiche riportanti le proposte degli interventi di sistemazione e di una ricca documentazione fotografica parte delle quale (se non altrimenti specificato nelle didascalie) è riprodotta nella presente pubblicazione.

Alcune fotografie dell'area alessandrina sono state gentilmente fornite dal sig. Zanini.

5. AREE COINVOLTE

I paragrafi che seguono descrivono i processi, gli effetti ed i danni rilevati nelle aree colpite e sono basati sui rilievi condotti dai funzionari del Settore Prevenzione del Rischio Geologico nel periodo successivo all'evento alluvionale. Il paragrafo 5.2. è stato redatto dal C.N.R., Istituto Italiano di Idrobiologia di Pallanza (VB). La figura 29 riassume i principali processi ed effetti sul territorio regionale. Le considerazioni generali sui fenomeni rilevati sono riportate al paragrafo 5.11.

5.1. Valli dell'Ossola (VB)

Nelle valli ossolane le precipitazioni hanno avuto inizio nella notte del 22 e sono proseguite, quasi senza interruzione, sino al giorno 25 settembre 1993.

Si segnalano danni di entità variabile alla viabilità locale, agli acquedotti e ad altre infrastrutture.

In Valle Antrona l'erosione spondale in destra idrografica del T. Ovesca in località Viganella ha asportato un tratto di Strada Provinciale. L'attività

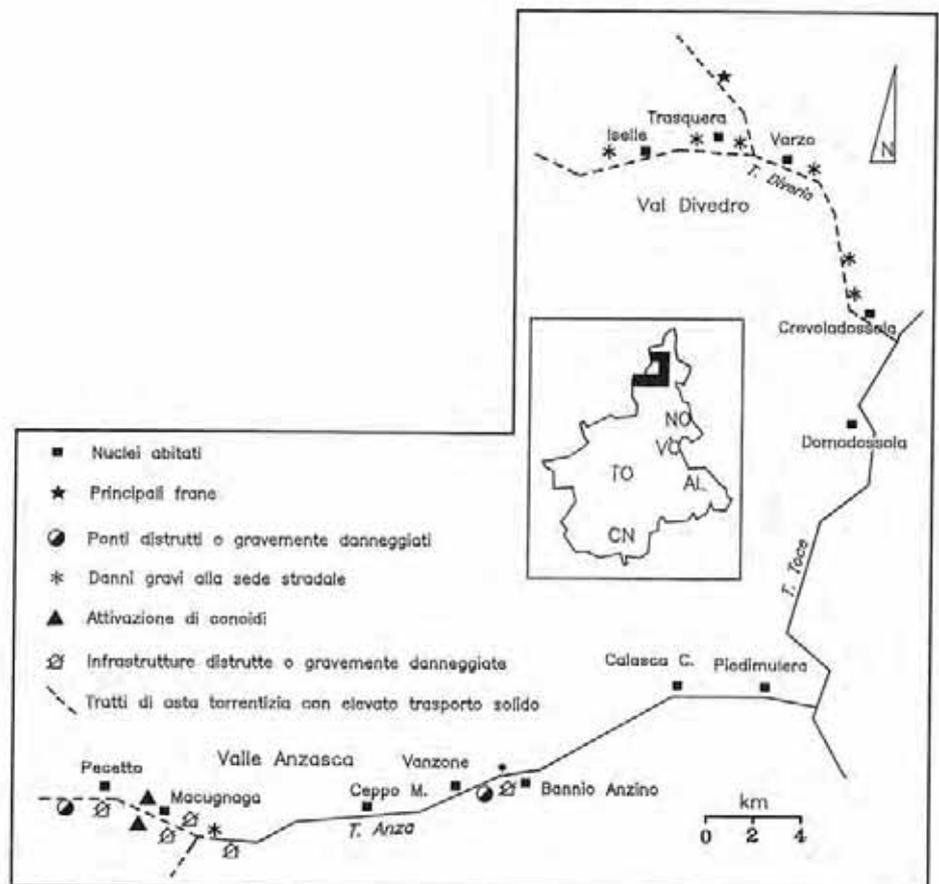


FIGURA 30 - Valli Divedro e Anzasca. Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.



FOTO 1 - Trasquera (VB), località stazione di Iselle. L'erosione laterale del T. Diveria ha asportato le opere di difesa idraulica (di cui si intravedono i resti verso il margine inferiore sinistro della foto) ed il corpo stradale della S.S. 33, intaccando il rilevato ferroviario e la strada di accesso alla stazione (in primo piano).

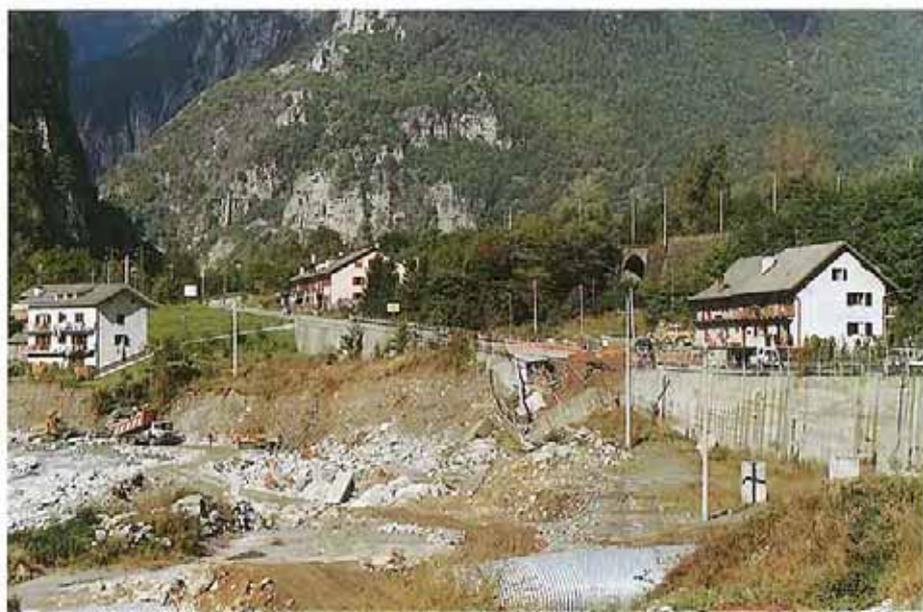


FOTO 2 - Varzo (VB), località Spagna. L'attività erosiva ha distrutto la scogliera esistente e le infrastrutture retrostanti (impianti fognari, traliccio ENEL) sino ad abbattere il piano di sostegno dell'ampliamento della Strada Statale 33 (al centro). Sulla sinistra l'erosione della scarpata minaccia l'abitazione.

torrentizia con elevato trasporto solido lungo il Rio Loranco, affluente di destra del T. Ovesca a monte di Antronapiana, ha danneggiato gravemente alcuni tratti stradali, alcuni ponti ed una sottostazione elettrica. Le aree più colpite sono quelle della Val Divedro e della Valle Anzasca (vedi figura 30) descritte nei successivi sottoparagrafi.

5.1.1. VAL DIVEDRO (V. Giraud)

L'evento alluvionale del settembre 1993 ha determinato essenzialmente un fenomeno di piena lungo il torrente Diveria, il cui picco viene segnalato durante il tardo pomeriggio del 24/09/1993. I fenomeni osservati sono riferibili essenzialmente all'attività erosiva lungo l'alveo principa-

le, mentre si segnala un solo fenomeno di dissesto lungo i versanti e non si rilevano significative riattivazioni di conoidi secondarie.

Nel Comune di Trasquera la S.S. n. 33 del Sempione è stata completamente asportata in tre punti: presso la località Paglino; presso il km 143 e presso la stazione ferroviaria di Iselle (foto 1) per una lunghezza complessiva di circa 400 m. In numerosi altri punti si sono verificati danni localizzati alla sede stradale, con erosione delle opere di sostegno di sottoscampa o sifonamento del corpo stradale. Presso Iselle è stato asportato un tratto di rilevato ferroviario. Lungo tutto l'asse vallivo l'attività torrentizia ha causato danni a numerose infrastrutture (opere di presa, impianti ENEL, fabbricati di servizio).

Presso il Comune di Varzo un fenomeno di trasporto torrentizio in massa lungo il Rio Frusaia, innescato da un fenomeno franoso in destra idrografica, ha danneggiato la S.P. di San Domenico e ostruito il manufatto di attraversamento.

I danni di maggiore entità sono riferibili all'attività erosiva del T. Diveria che, in località Spagna (foto 2), ha asportato un tratto di scogliera della lunghezza di circa 200 m e tutte le infrastrutture difese da quest'ultima, minacciando un edificio, posto in sponda sinistra.

Nel Comune di Crevoladossola l'attività erosiva laterale del T. Diveria ha determinato danni alla sede stradale della S.S. n. 33, su lunghezze di alcune decine di metri.

Da quanto esposto emerge che gli effetti più rilevanti dell'evento alluvionale sono rappresentati da danni alla viabilità nei tratti in cui la configurazione morfologica del rilievo la costringe lungo il fondovalle.

5.1.2. VALLE ANZASCA (M. Cordola)

La Valle Anzasca si estende in direzione approssimativamente Est-Ovest per circa 45 km sulla destra idrografica del Fiume Toce, dai 250 m di quota di Piedimulera fino ai 4634 m della Cima Dufour nel gruppo del Monte Rosa.



Foto 3 - Macugnaga (VB), località Alpe Burki, quota 1480 m; ponte stradale distrutto.



Foto 4 - Macugnaga (VB), località Pecetto; abitazione danneggiata dalle acque di piena che hanno aggirato un'argine in muratura (a destra nella foto).

La valle si presenta profondamente incisa dal T. Anza, con ripidi versanti prevalentemente a roccia affiorante; a monte dell'abitato di Macugnaga si sviluppa l'imponente apparato morenico laterale del Ghiacciaio del Belvedere. Nel corso dell'evento alluvionale il rilascio di imponenti quantità di detriti dal fronte morenico ha rappresentato la principale fonte di alimentazione del materiale solido trasportato dal corso d'acqua.

Durante l'evento alluvionale del 23 - 24 settembre 1993 i danni di maggiore gravità legati alla dinamica del T. Anza si sono verificati nel tratto

d'asta compreso fra i centri abitati di Macugnaga e Bannio Anzino.

La forte erosione di fondo e di sponda ha causato la distruzione o il danneggiamento di numerose opere di difesa spondale, ponti ed infrastrutture varie (acquedotto, impianti sportivi, strade...); non si sono verificati fenomeni legati alla stabilità dei versanti (frane, crolli, ecc.) di rilevante importanza.

Le precipitazioni hanno avuto carattere piovoso fin oltre i 3.000 m di quota e la massima piena ed i conseguenti danni alle infrastrutture sono stati registrati nel corso del tardo

pomeriggio del giorno 24, dopo circa due giorni di precipitazioni continue ed intense.

Gli effetti principali della piena si sono registrati sul territorio comunale di Macugnaga. A monte del capoluogo, sulla sinistra idrografica in corrispondenza del ponte a quota 1480 m a valle dell'Alpe Burki, si è verificato un fenomeno di tracimazione di un muro d'argine in c.a. da parte delle acque di piena del T. Anza. L'erosione di fondo ha provocato un abbassamento del fondo alveo di circa 4 m ed il sottoscalzamento delle fondazioni del muro d'argine per una lunghezza di circa 30 m, con il conseguente crollo del muro e la semidistruzione del ponte (foto 3).

In corrispondenza del ponte di quota 1358, sull'alveo principale del T. Anza, le acque di piena hanno aggirato la spalla destra dello stesso senza danneggiarlo e depositando solamente materiale fine; la sezione di deflusso del ponte si è quindi dimostrata appena sufficiente a permettere il passaggio delle portate di piena. A valle del ponte la tracimazione delle acque di piena in sinistra idrografica ha determinato l'aggrimento di un argine in muratura posto a difesa di un'abitazione della loc. Pecetto e l'inondazione di un'area di circa 7.000 m², con deposizione di materiale prevalentemente grossolano (foto 4).

Nel capoluogo di Macugnaga, attraversato da un tratto canalizzato del T. Tambach, le conseguenze per le abitazioni ubicate lungo l'asta torrentizia sono state ridotte per il modesto trasporto solido di fondo del corso d'acqua, determinato dall'esigua presenza, nei settori di testa del bacino del T. Tambach, di depositi sciolti di origine prevalentemente glaciale, facilmente erodibili.

Lungo il tratto in conoide del T. Tambach si sono innescati fenomeni di erosione spondale, in particolare nel tratto a monte del concentrico della Fraz. Prati; tuttavia il materiale asportato in questo settore è defluito lungo il tratto canalizzato all'interno del centro abitato senza tracimare, favorito in questo dalla



FOTO 5 - Macugnaga, località Isella; campeggio danneggiato e parzialmente asportato dalle acque di piena.

bassa scabrosità del fondo pavimentato del canale.

Tra le frazioni di Staffa e Ronco il conoide del Rio Laingrabe si è riattivata nel corso dell'evento, depositando un'ingente quantità di materiale ghiaioso e grossolano sulla pista sterrata che l'attraversa al picco.

In Loc. Ronco un fenomeno di erosione in sponda destra ha determinato l'asportazione di parte della scarpata sottostante un'abitazione della frazione, sottoscalzandone le fondamenta e compromettendone la stabilità.

A valle della confluenza tra il T. Anza ed il Rio Tambach le acque di piena hanno divagato, riattivando rami d'alveo in sponda destra e depositando materiale prevalentemente fine in aree vegetate.

In sponda sinistra, l'erosione ha ampliato l'alveo di piena del torrente facendo arretrare di circa 40 m l'orlo della scarpata del terrapieno sul quale sorgeva parte del campeggio di Isella (foto 5) pure allagato dalle acque del Rio della Meccia, tracciate in corrispondenza del tubo di attraversamento della S.S. ostruitosi per l'insufficienza della sezione di deflusso.

Tra le frazioni di Stabioli e Pestarena, infine, una forte erosione in sponda sinistra, a spese di depositi sciolti di origine eluvio-colluviale, ha danneggiato un'abitazione.

Nel Comune di Ceppo Morelli, presso la frazione capoluogo, l'insufficiente sezione idraulica di un ponte ha determinato un fenomeno di rigurgito a monte delle acque di piena ed il conseguente allagamento di alcune abitazioni in sponda sinistra. Nel Comune di Vanzone con San Carlo, a valle del ponte per la loc. Battiglio, l'erosione in sponda sinistra ha gravemente danneggiato la sede della S.S. ed ha minacciato un'abitazione.

Nel Comune di Bannio Anzino, presso la frazione Pontegrande, si è verificata la distruzione delle difese spondali in sponda destra, con l'asportazione parziale del terreno sul quale sorgevano gli impianti sportivi.

5.2. Innalzamento di livello dei grandi bacini lacustri (Laghi Maggiore, Orta e Mergozzo) e conseguente allagamento delle zone rivierasche

(W. Ambrosetti, L. Barbanti, R. De Bernardi, V. Libera & A. Rolla)

Le forti precipitazioni che hanno interessato le Alpi centro-occidentali nei mesi di settembre e ottobre 1993 hanno provocato nei tre laghi più importanti del Piemonte Orientale (Maggiore, Orta e Mergozzo) piene di notevole portata, con eson-

dazioni persistenti, che hanno fatto risalire il loro livello fino a quote mai raggiunte nel nostro secolo. Le cause di tale evento vanno ricercate essenzialmente in due ordini di fattori, entrambi attinenti all'areale imbrifero del Maggiore del quale fanno parte anche gli altri due laghi: si tratta della sua posizione geografica, direttamente investita dalle perturbazioni calde e umide di provenienza mediterranea, nonché della sua vasta estensione in rapporto soprattutto alla superficie del lago.

Analizzeremo le variazioni di livello riscontrate nei Laghi Maggiore e di Orta, giacché le quote idrometriche del Mergozzo che, come è noto, è stato separato dal Maggiore dal materiale alluvionale trasportato dal Toce e ad esso è ancora collegato attraverso un canale, si livellano con quelle del Verbano e fluttuano con lo stesso ritmo; l'interposizione di una soglia artificiale consente, soltanto quando i livelli sono molto bassi, una differenza di quota fra i peli liberi dei due laghi di circa un metro.

LA PIENA DEL LAGO MAGGIORE

L'estate 1993 è stato un periodo a scarse precipitazioni (il 10% circa al di sotto della media) ed il Lago Maggiore è andato incontro ad una fase di magra abbastanza pronunciata, anche in rapporto alla forte emunzione di acqua che solitamente viene attivata in questa stagione con l'abbassamento delle paratie mobili della diga di regolazione posta al suo incile (in località Miorina); si intende in tal modo soddisfare alle esigenze irrigue delle numerose utenze a valle. Queste emunzioni, unite alla scarsità degli afflussi, hanno determinato, nel solo mese di agosto, un abbassamento di livello del lago di circa 80 centimetri, tanto che, nella prima decade di settembre, la superficie del lago si trovava ad una quota di circa 192.90 m s.l.m.m., cioè quasi un metro al di sotto del valore di 193.85 m s.l.m.m. che le rilevazioni all'idrometro di Pallanza (C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia) indicano come livello medio del periodo 1952-1992.

La risposta del lago a quello che è stato il primo consistente evento pluviometrico di fine estate (12-15 settembre) ha visto una repentina ripresa del suo livello fino ad una quota che ha superato, seppur di poco, la media pluriennale. Tale livello si è mantenuto sino al 23 settembre, all'inizio cioè della lunga fase di precipitazioni, molto probabilmente anche a seguito dell'innalzamento momentaneo delle paratie mobili di regolazione della diga della Miorina ed anche per la diminuita richiesta di erogazione di acqua verso valle.

L'evento di piena vero e proprio ha cominciato a manifestarsi con un primo colmo che, a partire dalla tarda serata del 22 settembre (193.93 m s.l.m.m. alle ore 20), ha portato il livello lacustre fino a 196.81 m s.l.m.m. raggiunto alla mezzanotte del giorno 25, con un incremento quindi che è stato solo di poco inferiore ai 3 metri (figura 31).

Come risulta da comunicazioni ufficiali pubblicate dagli organi di stampa, il Consorzio del Ticino, ente

gestore della regolazione dello sbarramento della Miorina, ha provveduto, non appena ricevuto segnalazione di imminenti forti precipitazioni, ad abbassare le paratie della diga tanto che alle ore 7 del 23 settembre lo sbarramento era completamente azzerato e l'evoluzione della piena ha potuto seguire il suo andamento naturale. Le paratie sono poi rimaste abbattute fino al 21 ottobre. Le fasi di maggior crescita del livello lacustre vanno collocate nel pomeriggio e nella serata del giorno 24 con velocità di risalite dell'acqua di 7-8 cm all'ora.

La diminuzione di livello dopo il primo colmo, così come dopo i successivi è avvenuta ad un ritmo pressoché costante di circa 1 cm/h, tanto che a mezzogiorno del 1° ottobre la quota del lago si trovava a 195.64 m s.l.m.m. per poi iniziare una nuova fase di crescita: anche in questo caso l'incremento fu rapido e in poco meno di 48 ore il lago aumentò di più di un metro (196.71 m alle ore 8 del giorno 3) con un colmo che è

stato inferiore al precedente di soli 10 centimetri.

Anche la nuova discesa di livello del lago è stata più breve della precedente e nella mattinata del 6 ottobre, prima di un nuovo innalzamento, la quota idrometrica era collocata a 196.10 m, un livello decisamente superiore a quello raggiunto al termine della precedente fase di discesa del primo giorno del mese.

La nuova fase di risalita ha potuto quindi prendere l'avvio da una quota idrometrica molto elevata ed è stata, per così dire, "perturbata" dalla presenza di un primo colmo, per altro appena accennato, a 196.36 m (mezzogiorno del giorno 7), per poi raggiungere il livello di m 197.50 che, fino a quel momento, rappresentava il nuovo massimo della serie storica di Pallanza (che decorre dal 1952) avendo superato i m 197.11 del settembre 1981. Anche in questa occasione la velocità di crescita del lago è stata molto rapida con punte intorno ai 10 cm/h nel tardo pomeriggio del giorno 8.

Nuova fase di discesa fino alla quota di m 196.76 nella mattinata del 12 ottobre: da rilevare che questo momentaneo "minimo" si è collocato sugli stessi livelli dei primi due colmi di piena, per cui la successiva fase di innalzamento ha potuto contare su una quota idrometrica di partenza molto alta. In tal modo, dopo un primo colmo che ha sfiorato il massimo dei giorni precedenti (197.49 m a mezzogiorno del 13 ottobre), il lago ha raggiunto la nuova massima storica di Pallanza a 197.61 m s.l.m.m. alle ore 20 del giorno 14.

Da questo momento ha avuto inizio il progressivo abbassamento dei livelli del lago, al ritmo ormai consueto di circa 1 cm/h ma con tendenza a leggero rallentamento man mano che venivano raggiunti livelli più bassi. Per utili riferimenti si ricorda che il Lago Maggiore inizia ad esondare sul lungolago della piazza di Pallanza alla quota di 195.50 m s.l.m.m.; la durata dell'evento, in rapporto a quest'ultimo livello di riferimento, deve pertanto essere considerata di 27 giorni, compresi fra il 24 settembre ed il 23 ottobre.

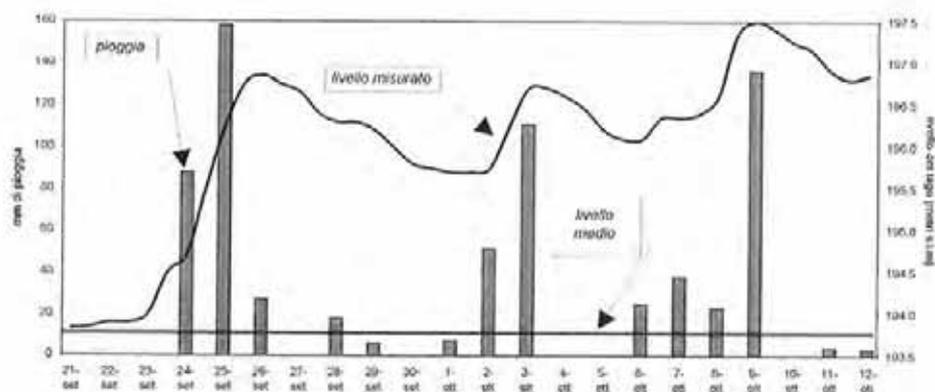


FIGURA 31 - Livello del Lago Maggiore e precipitazioni a Pallanza nel periodo settembre-ottobre.

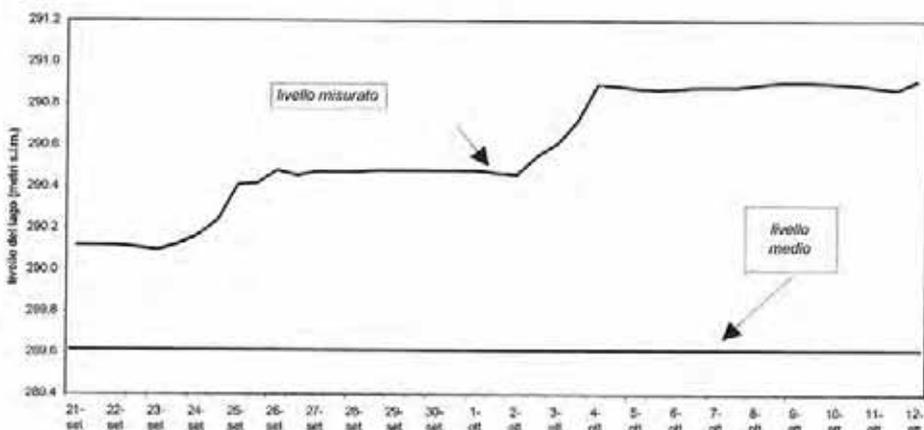


FIGURA 32 - Livello del Lago d'Orta nei mesi di settembre-ottobre.

LA PIENA DEL LAGO D'ORTA

Il bacino imbrifero dell'areale cusiano ha una superficie, comprensiva di quella lacustre, di 116 km², ed è drenata da una serie di corsi d'acqua a carattere torrentizio i principali dei quali sono Pescone, Fiumetta, Qualba, Pellino e Lagna; l'emissario è il Niguglia che, diversamente da tutti i grandi laghi sudalpini, fuoriesce in direzione Nord, si getta dopo breve tratto nello Strona, a sua volta è tributario del Toce e quest'ultimo del Lago Maggiore. La sua portata è valutata intorno a 4,6 m³ /s. Il lago d'Orta è regolato al suo incile di Omegna con una serie di paratie mobili a manovra manuale.

Il volume del lago è di circa 1300 milioni di metri cubi, e la quota media del suo livello si trova a poco meno di 290 m s.l.m.m., con lo zero idrometrico posto attualmente a 288.99 m e prima del 1980 a m 288.85. La piena massima dell'Orta registrata dagli Annali Idrologici ha portato il livello del lago ad una quota di m 292.31 (1° novembre 1978). Prima dell'inizio degli eventi alluvionali dell'autunno 1993 il livello dell'Orta si trovava ad una quota, stabilizzata da oltre una decina di giorni, intorno a 289.61-289.62 m s.l.m.m.: la sua risposta alle prime precipitazioni (evento del 12-13 settembre) è stata alquanto modesta, limitata cioè ad un incremento di quota di non più di 6 cm. Più consistente quella relativa all'evento successivo (23-25 settembre) che ha visto il livello del lago aumentare da m 289.66 il giorno 23, fino a 290.29 quattro giorni più tardi. L'incremento maggiore si è avuto il 25 settembre con 37 cm nelle 24 ore (figura 32). Nei giorni successivi il lago si è mantenuto quasi stabile sulla quota raggiunta, con soltanto un debole accenno al decremento, fino all'arrivo della successiva perturbazione (primi giorni di ottobre), dopo di che ha ripreso a risalire ulteriormente fino alla quota di 290.99 il 4 ottobre: l'incremento massimo è stato in questo caso di 42 cm in 24 ore.

Da quel momento il livello del lago ha fluttuato attorno alla quota di 291 m risentendo in maniera molto contenuta dei due passaggi perturbati

successivi (8-9 ottobre e 14-15 ottobre): nel primo caso si è toccata la quota di 291.02 m, nel secondo quella che poi risulterà essere la massima dell'intero evento, di m 291.11. Successivamente, la fase di ritorno alla normalità si è verificata attraverso una regolare diminuzione di livello con una rata di abbassamento intorno ai 4-5 cm al giorno.

L'ALLAGAMENTO DELLE ZONE RIVIERASCHE

Come tutti i laghi terminali dell'arco alpino anche Maggiore, Orta e Mergozzo si inseriscono profondamente nelle rispettive valli e quindi hanno sponde per lo più molto ripide e scoscese, fatte salve alcune aree alluvionali e deltizie: entro i confini amministrativi del Piemonte queste ultime sono essenzialmente rappresentate dalla piana alluvionale di Fondotoce, che come si è detto separa il Lago Maggiore dal Mergozzo, ed è proprio in questa zona che si è avuta l'esondazione più estesa con allagamento di vaste aree agricole e di zone attrezzate a campeggio.

Non v'è dubbio però che i danni maggiori sono stati causati dalla forte escursione di livello (poco meno di 4 m) soprattutto in corrispondenza degli insediamenti urbani dove sono state invase dall'acqua le strutture residenziali, commerciali e turistiche più prossime al corpo idrico e dove

si sono avute interruzioni viarie anche prolungate (foto 6 e 7).

Fra le aree più colpite vanno segnalate alcuni complessi residenziali nella parte meridionale del lago e ad Arona, le isole del golfo Borromeo, i vecchi nuclei abitati di Feriolo (Baveno), Fondotoce, Suna e Mergozzo, le passeggiate a lago e gli edifici che fanno loro corona di Pallanza (dove l'esondazione è durata, come si è detto, per circa un mese), di Intra e di Cannobio.

BILANCIO IDROLOGICO DEL LAGO MAGGIORE

Nei trenta giorni compresi fra il 23 settembre ed il 22 ottobre 1993 la portata media del Ticino emissario è stata di 1707.8 m³ /s, rispetto ad un valore pluriennale di poco meno di 300 m³ /s; il volume complessivo di acqua fuoriuscita è stato di 4.427 km³, corrispondente al 12% circa dell'intero invaso lacustre, il che significa che tale massa d'acqua, se trattata nella conca, ne avrebbe incrementato il livello di circa 21 m.

Una delle conseguenze limnologiche più significative di questo episodio è dato dalla sensibile riduzione del tempo di ricambio delle acque del lago: valutato in termini "teorici", ossia come semplice rapporto fra il volume lacustre e la portata dell'emissario, il rinnovo delle acque del Lago Maggiore ha una durata media



FOTO 6 - Pallanza (VB), lungolago allagato (fotografia di M. Basso).

di 4 anni circa; nel periodo di massima piena che abbiamo precedentemente indicato, la portata del Ticino, come abbiamo visto, si è quasi sestuplicata e, di conseguenza, il tempo di permanenza delle acque nella conca lacustre si è ridotto a 254 giorni.

Ipotizzando poi che l'acqua affluita al lago sia andata ad interessare soltanto gli strati superiori del lago (ipotesi molto plausibile tenuto conto delle temperature delle masse liquide immissarie e di quelle del lago e, oltre tutto, confermata dai rilevamenti limnologici effettuati durante e dopo l'evento di piena), i volumi d'acqua coinvolti nell'azione di ricambio non riguarderebbero l'intera massa lacustre ma solo la sua porzione superiore: 16,5 km³, ipotizzando che la profondità di mescolamento si sia limitata al livello di 100 m e 22,8 km³ se l'acqua dei tributari si fosse inserita fino a 150 m. Nei due casi, i tempi di rinnovo delle acque all'interno dei due strati risulterebbero pertanto di 112 e di 155 giorni.

Dal bilancio idrologico è anche possibile dedurre, in maniera indiretta, l'afflusso meteorico medio sul bacino imbrifero: essendo stato definito in 4.775 km³ il volume d'acqua affluito al lago nei trenta giorni qui considerati (valore ottenuto dalla somma della massa d'acqua defluita dal Ticino e di quella ancora presente in lago entro lo strato di n. 1.64 di altez-

za compreso fra le quote idrometriche del 22 ottobre e del 23 settembre) e distribuendo tale volume sull'intera superficie imbriferata del Lago Maggiore, risulta una lama d'acqua meteorica di 724 mm. Lo stesso parametro, valutato come media delle precipitazioni registrate in 68 stazioni pluviometriche distribuite sull'intero territorio, risulta invece di 928 mm. La diversità dell'approccio e il fatto che, col metodo indiretto, non si tengono in alcun conto le perdite apparenti, giustifica la differenza tra i due risultati.

LE PIENE STORICHE DEL LAGO MAGGIORE

Una statistica precisa o quanto meno una ricostruzione del succedersi delle piene del Lago Maggiore in epoca anteriore ai primi anni del secolo scorso non è possibile sia per la mancanza di letture sistematiche dei livelli lacustri, sia perché le scarse informazioni disponibili fanno riferimento a quote e a capisaldi in genere mal definiti e/o descritti in modo molto approssimativo. A partire dal 1829, invece, sono iniziate le letture giornaliere all'idrometro di Sesto Calende, una località forse già nel dominio fluviale, ma certamente significativa e sicura per la stabilità di quello zero idrometrico.

Secondo le antiche cronache locali, la prima grande piena del Lago

Maggiore della quale si ha un riferimento bibliografico sufficientemente preciso fu quella del 1177 (o 1178) con il lago che si elevò all'altezza niente meno che di m 10.80 sopra il livello ordinario (o, secondo altre testimonianze, fino a m 9.62).

Memorabili sono state anche alcune piene del XVI secolo e, particolarmente quelle degli anni 1566, 1570, 1571 e 1588, verificatesi tutte in autunno e per lo più in settembre. Nel secolo successivo altre piene di notevole entità si ebbero negli anni 1601 e 1640, mentre della piena che ebbe il suo colmo il 4 novembre 1704 (o 1705) possediamo una vivace descrizione fatta da un testimone oculare che precisa come la pioggia sia caduta con continuità dal 4 ottobre al 20 novembre mentre i corsi d'acqua si ingrossarono paurosamente e molti centri abitati furono invasi dalle acque. Dagli Annuari Idrologici della Svizzera si hanno inoltre notizie di altre piene verificatesi nel 1755, 1777, 1792 e 1807. Da queste seppur frammentarie informazioni risulta evidente come il Lago Maggiore risulti un corpo d'acqua a rischio di piene frequenti e disastrose, ipotesi peraltro confermata dai dati raccolti dopo il 1829 attraverso le letture dirette all'idrometro di Sesto Calende. Da tale data, e fino al 1868, si ebbero 14 colmi di piena di entità superiore a m 3 sullo zero idrometrico del sito (m 192.87), tutti accaduti nei mesi compresi fra maggio e novembre: il massimo di m 4.77 risale al novembre 1840.

Il 4 ottobre 1868 a Sesto Calende fu letta la quota di 6.94 m sopra lo zero, di gran lunga la più elevata fra quelle storicamente note e, probabilmente, dello stesso ordine di grandezza dell'episodio del 1177. Nell'occasione, come si è detto, la soglia verso valle del lago subì un abbassamento, con conseguente modifica delle caratteristiche di deflusso dell'acqua attraverso l'emissario.

Dopo questo storico evento, e fino all'ottobre 1942, data d'inizio del funzionamento dello sbarramento a paratie mobili della Miorina, i colmi di piena che hanno superato 3 m sullo zero di Sesto Calende sono stati 39: la loro frequenza media è stata



Foto 7 - Intra (VB), lungolago allagato (fotografia di M. Basso).

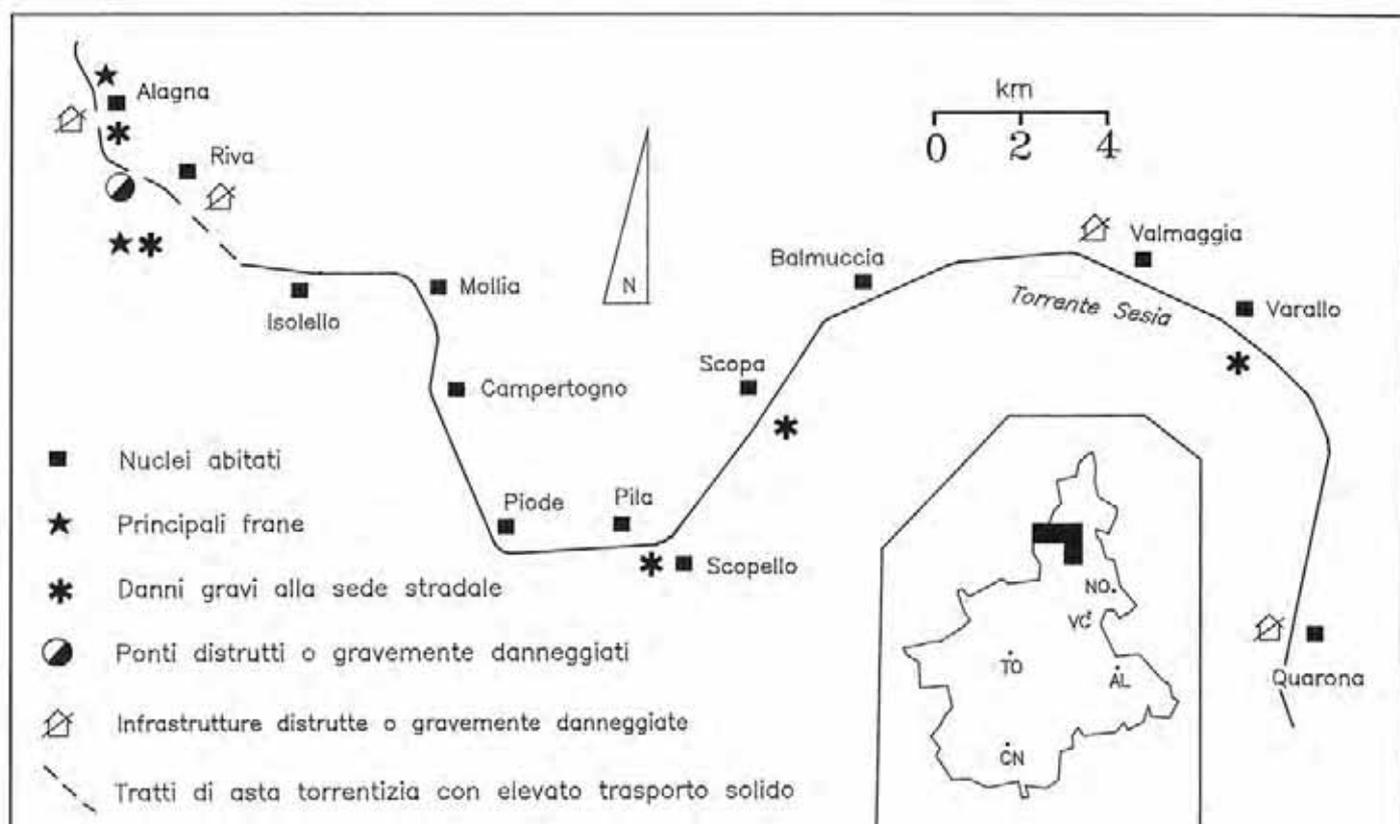


FIGURA 33 - Valle Sesia. Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

pertanto di un evento ogni 23 mesi circa e, come quelle del periodo precedente, sono avvenute tutte fra maggio e novembre.

A partire dal dicembre 1951 ha iniziato ad operare la stazione idrometrografica di Pallanza (C.N.R. - Istituto Italiano di Idrobiologia), più adeguata alla misura del livello del lago che non quella di Sesto Calende; a tutt'oggi i colmi di piena al di sopra di m 195.50 s.l.m.m., quota alla quale il lago comincia ad esondare sul lungolago di Pallanza, sono state 26, con una frequenza media cioè di uno ogni 19 mesi circa: il livello massimo di m 197.61 s.l.m.m. è stato raggiunto proprio in occasione dell'evento alluvionale del settembre-ottobre 1993.

Riportando quest'ultima quota allo zero idrometrico di Sesto Calende e tenendo conto che le letture idrometriche nei due siti sono diverse per effetto della cadente idraulica indotta dall'emissario (che è funzione della portata in uscita), la piena del 1993 risulta la più elevata dopo quella del 1868, tenendo però pre-

sente che fra le due sussiste una differenza di oltre due metri.

5.3. Bacino del Fiume Sesia

(M. Ramasco, con la collaborazione di P.F. Aliatta e C. Piccioni)

Il Fiume Sesia nasce nel Massiccio del Monte Rosa dal ghiacciaio «della Sesia» a 2400 m circa e confluisce, da sinistra, nel Fiume Po presso Breme (PV) a circa 90 m sul livello del mare, dopo aver percorso circa 131 km e drenato (sezione a Vercelli) un bacino naturale di 2274 km² ivi compreso quello del suo affluente principale, il Torrente Cervo, di 1088 km².

L'evento idrometeorologico dei giorni 22-25 settembre 1993 ha interessato essenzialmente, per quanto concerne il Sesia, la parte occidentale dell'alto bacino ed i suoi affluenti di destra, il Torrente Olen, il Torrente Otro e il versante orografico sinistro del Torrente Vogna.

La presente nota analizza principalmente i processi che hanno caratterizzato il deflusso della piena, nella

parte alta del bacino, nei Comuni di Alagna Valsesia e Riva Valdobbia dove si sono sviluppati i fenomeni più significativi e si sono registrati i danni più gravi.

In merito al successivo trasferimento dell'onda di piena a valle, fino allo sbocco in pianura, si è assistito a una progressiva riduzione degli effetti indotti; il passaggio della piena, pur avendo determinato forti sollecitazioni alla morfologia dell'alveo con intensi processi di erosione delle sponde e rimobilizzazione del fondo, ha tuttavia causato danni non molto gravi, generalizzati alle opere di difesa e sistemazione fluviale ed alle fondazioni delle pile di alcuni ponti.

Si sono registrati alcuni fenomeni di esondazione in determinate zone (Campertogno, Pila, Scopello e Varallo) note per essere più vulnerabili da tempo in quanto rappresentano una occupazione antropica di aree di pertinenza del corso d'acqua non sufficientemente protette da interventi di difesa. Una casa isolata è stata danneggiata, in località Valmaggia

del Comune di Varallo, per processi di erosione della sponda e un'area turistico-ricettiva in Località Doccia del Comune di Quarona. Il danno più grave è dovuto al crollo di due campate del ponte ferroviario tra Gattinara e Romagnano Sesia, la cui distruzione è imputabile al fatto che erano in corso lavori di sostituzione delle vecchie campate con quelle nuove impostate, al momento della piena, su un impalcato provvisorio poggiante in alveo senza fondazioni.

La figura 33 sintetizza i principali processi ed effetti lungo l'asta del F. Sesia.

Nel tratto di pianura la piena è sostanzialmente defluita occupando quasi ovunque tutta l'area tra i due argini maestri causando danni leggeri, essenzialmente allagamenti dei coltivi condotti entro tale fascia e alcune erosioni ed infiltrazioni di argini senza peraltro determinarne la rotta.

Gli effetti della piena nel tratto Alagna Valsesia - Riva Valdobbia, come conseguenza di processi di canalizzazione antropica dell'alveo.

Il Sesia, nel tratto che va da Alagna Valsesia a Isolello, frazione del Comune di Riva Valdobbia, scorre per una lunghezza di circa 4 km, in una piana alluvionale larga e poco pendente. Essa è il risultato di un importante antico alluvionamento probabilmente imputabile al repentino smantellamento, per erosione e ridistribuzione a valle, di alcuni grandi accumuli di materiali sciolti disposti a sbarramento del fondovalle, la cui provenienza è di non facile interpretazione in quanto gli agenti di trasporto potrebbero avere avuto una componente mista attribuibile sia al ghiacciaio che alla gravità.

Il Sesia dopo essere uscito dalla strettoia imposta da questi accumuli forma, in corrispondenza all'abitato di Alagna, un conoide stretto ed allungato sul cui fianco destro si innesta il conoide del Torrente Otro; scorre successivamente in una larga piana alluvionale fino allo sbarramento formato dal conoide del Torrente Vogna che a sua volta la costringe contro il versante sinistro da dove poi torna

ad allargarsi in una seconda piana alluvionale che termina nella strettoia di Isolello.

Gli effetti della piena del settembre 1993, pur considerando che precipitazioni e deflussi liquidi non hanno rivestito il carattere dell'eccezionalità, sono tuttavia stati rilevanti sia in termini di mobilitazione di materiali in alveo, quindi di modificazioni plano-altimetriche dello stesso conseguenti a processi erosivi e deposizionali, sia in termini di danni prodotti a infrastrutture e opere edificate dall'uomo soprattutto nel tratto montano del bacino.

Ciò è giustificato dal fatto che le precipitazioni, pur non essendo state importanti in generale su tutto il bacino, sono tuttavia state caratterizzate da una certa intensità soprattutto nelle prime 12 ore del giorno 24, localizzandosi nel settore occidentale del bacino fino a quote elevate (zero termico oltre i 3000 m), per cui i deflussi hanno usufruito di apporti dovuti anche alla fusione di neve e ghiaccio su almeno quattro importanti fronti glaciali che, in quest'area, scendono fino a circa 2500 m di quota. A riprova di quanto detto la portata di piena al colmo, registrata alla sezione di Borgosesia è stata di poco superiore ai 2000 m³/s, mentre la massima storica del settembre 1948 ebbe una portata di 3070 m³/s.

Questa strana coincidenza: evento

idrometeorologico non rilevante - gravi effetti e danni prodotti, trova una sua spiegazione essenzialmente anche nella interazione tra deflusso della piena e interventi sistematori e di difesa realizzati dall'uomo lungo questo tratto di corso d'acqua.

Le modificazioni dell'alveo del Sesia negli ultimi 40 anni, nel tratto da Alagna alla strettoia di Isolello, sono ben documentate da due rilievi aereofotografici che mostrano gli effetti di due piene significative di questo corso d'acqua (settembre 1948 e agosto 1978), nonché dal rilevamento degli effetti della recente piena del settembre 1993.

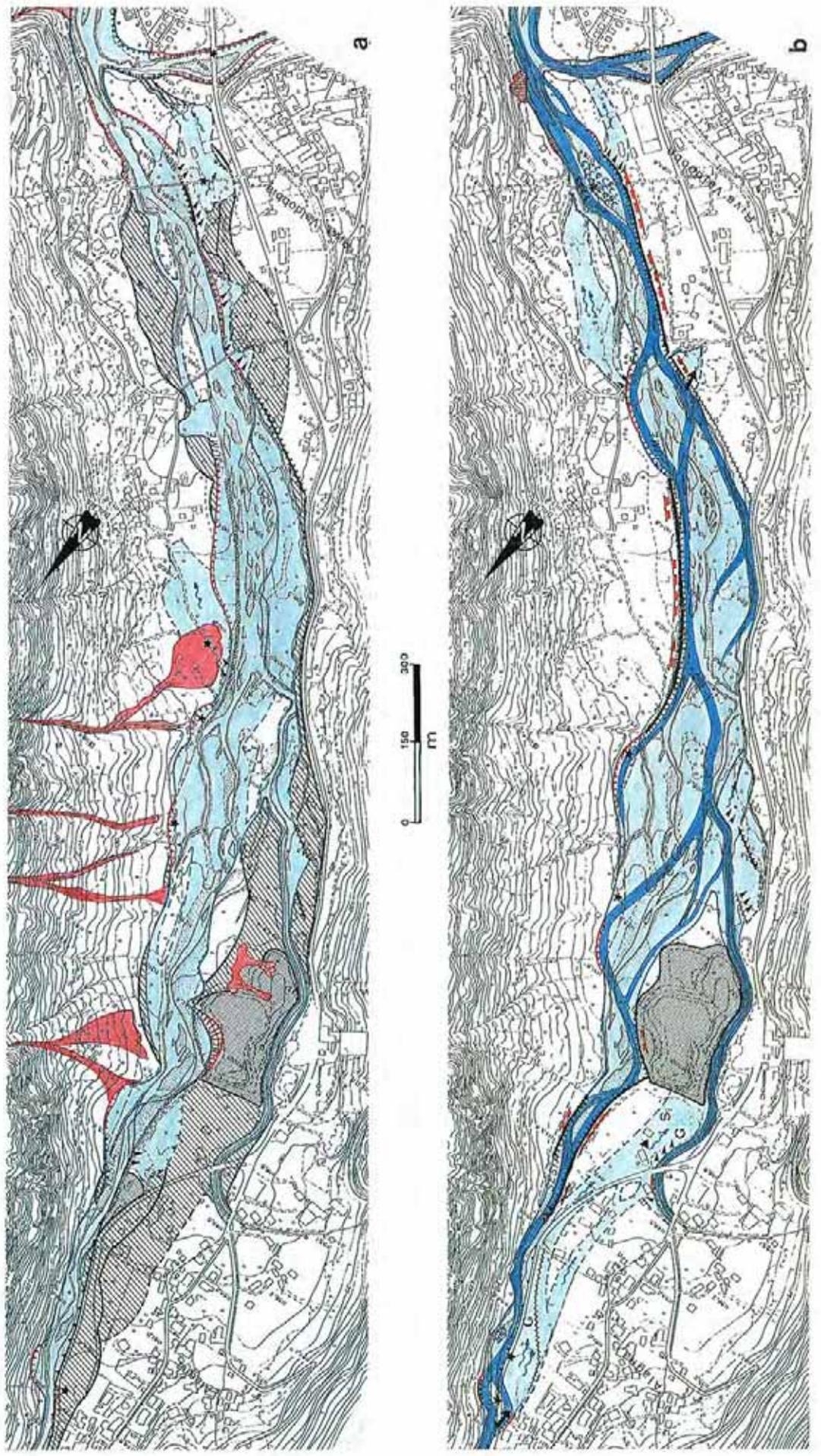
Le fotografie aeree del 1954 mostrano ancora ben scolpite le tracce lasciate dalla piena del 1948 (figura 34). Questo evento sembra interessare tutto l'alto bacino del Sesia e in particolare il bacino del Torrente Mud. A partire dalla confluenza Sesia-Mud si osservano i processi più significativi con profonde erosioni delle sponde e mobilitazione di tutto l'alveo.

Notizie d'archivio ricordano che in frazione Ponte di Alagna furono asportate dalla piena due case in sinistra idrografica e il ponte di accesso alla frazione, nonché un lungo tratto della strada che collega Alagna alla frazione Merletti. Il Torrente Mud invase e alluvionò le frazioni S. Nicolao e Pedemonte. A valle di



Foto 8 - Alagna (VC), vecchia riproduzione, riferibile al periodo prebellico, dalla quale si osserva come l'alveo del Sesia fosse in quegli anni molto più largo dell'attuale.

FIGURA 34 - Evoluzione morfologica dell'alveo del Sesia ed effetti indotti nel corso degli eventi alluvionali del settembre 1948, settembre 1993. Tratto Alagna-Riva Valdobbia.



LEGENDA



1989 Alveo ordinario (tipo braided) antecedente la piena del settembre 1993 (da base topografica; fotorestituzione del rilievo 1989).



1978 Alveo occupato dalla piena. Da aereofotografie del 1954 (evento del settembre 1948) e del settembre 1978 (evento dell'agosto 1978).



1993 Alveo occupato dalla piena del settembre 1993. Da rilevamenti eseguiti alcune settimane dopo la piena.



Principale canale di deflusso attivo rilevato alcuni giorni dopo l'evento di piena del settembre 1993.



Scarpa di erosione fluviale/torrentizia.



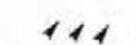
Tratto di sponda soggetta ad accentuato processo di erosione.



Tratto di alveo soggetto ad accentuata erosione del fondo.



Consistente localizzato deposito alluvionale in alveo (cordatura, deposito in massa).



Principali luoghi di tracimazione.



Rottura di argine o di difesa laterale.



Direzione principale di deflusso delle acque di esondazione.



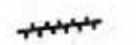
Campo di inondazione con deposito prevalentemente sabbioso (S) o ghiaioso (G).



Franamento in alveo per erosione al piede del versante.



Colata di detrito e sua area di espansione.



Argine



Difesa spondale



Muro argine della circonvallazione



Terrapieno

Danni a:



- campeggio



- viabilità



- ponte



- difesa spondale

Alagna i danni furono limitati a terreni e colture agricole.

Il letto del Torrente a valle della strettoia di Alagna mostra nel 1954 e anni precedenti (foto 8) una sezione molto larga (50-100 m), almeno 2-3 volte superiore a quella attuale e, procedendo verso valle, l'alveo si allarga ulteriormente ramificandosi con possibilità di divagare sul conoide utilizzando sia canali attivi tra barre instabili, sia canali momentaneamente abbandonati tra isole vegetate secondo un modello morfologico del tipo *nonsinuuous braided* (Brice, 1993)

Da questo punto in avanti il corso d'acqua differenziatosi in canali meglio definiti, separati da un minor numero di barre e isole vegetate, si sviluppa su pendenze che scendono sotto il 30‰ secondo il modello morfologico del *sinuous braided*, fino alla confluenza da destra del Torrente Vogna il cui conoide costituisce uno sbarramento naturale del fondovalle. In questa zona infatti l'alveo ritorna ad essere un canale unico molto stretto ed in erosione caratterizzato da pendenze che si dispongono su valori più alti intorno al 35‰ per poi riprendere le caratteristiche di un alveo largo (200-250 m) a canali multipli tipo *sinuous braided*, disposto su pendenze inferiori al 20‰ fino alla strettoia di Isolello.

Gli argini esistenti prima del 1954 sono pochi e limitati alla difesa dell'abitato di Alagna, della strada di accesso e di alcuni terreni e fabbricati rurali.

La piena del settembre 1948 utilizzò tutto l'alveo a canale di deflusso unico innescando anche forti processi erosivi delle sponde e del fondo e ridistribuì i materiali mobilizzati nelle aree di maggiore espansione a più canali di deflusso, occupando tutte le aree disponibili.

Gli effetti della piena furono più sensibili in termini di danni a monte di Alagna in quanto a valle questa ebbe appunto modo di dissipare la propria energia su un alveo sufficientemente largo e adatto ad accoglierne gli effetti.

Dopo questo evento, molto sentito, ed alcuni altri eventi successivi meno importanti furono iniziati dei lavori di difesa e di sistemazione tesi, da

una parte, a cercare condizioni di sempre maggiore sicurezza e protezione, ma dall'altra, per questioni di sviluppo, a recuperare sempre più spazi sottraendoli al corso d'acqua. Le fotografie aeree scattate 24 anni dopo, nel settembre 1978, documentano bene gli effetti della piena dell'agosto 1978 ed evidenziano due massicci interventi di occupazione dell'alveo che avranno una grande influenza nella futura dinamica fluviale (figura 34):

- la costruzione della strada statale di circonvallazione dell'abitato di Alagna che riduce a meno della metà la sezione dell'alveo in questo tratto (foto 9, 10);
- la enorme discarica di inerti e di prodotti di lavaggio dell'attività mineraria della zona che occupa buona

parte del vecchio alveo del Sesia a monte della confluenza con il Torrente Otro.

Il deflusso della piena dell'agosto 1978, dagli effetti contenuti a monte di Alagna, dopo essersi incanalato nella strettoia formatasi tra nuova circonvallazione e opposto versante montuoso, venne convogliato con violenza contro la discarica mineraria localizzata appena a valle. Da questo punto in avanti si innescarono forti processi erosivi e deposizionali che si ripercossero lungo tutto l'alveo fino a Isoello, alimentati da forti apporti laterali, sia dei piccoli bacini del versante sinistro, sia del bacino del Torrente Vogna che asportò addirittura un tratto della nuova statale costruita sul suo conoide.

Dopo questo evento, i cui effetti (erosioni, esondazioni ed allagamenti) si risentirono soprattutto a valle di Alagna a danno di terreni e infrastrutture agricole ivi compresa la distruzione di un edificio rurale in località Piè d'Alzarella, vennero realizzati consistenti interventi di difesa delle sponde aventi come obiettivo la difesa dei terreni circostanti l'alveo individuato, ma che in realtà portarono ad una ulteriore riduzione di sezione e canalizzazione del corso d'acqua.

Questo tipo di trasformazione morfologica dell'alveo avrà come diretta conseguenza un forte incremento di velocità nel deflusso delle successive piene caratterizzate da sviluppo di intensi processi erosivi nei tratti canalizzati e di espansione della pie-

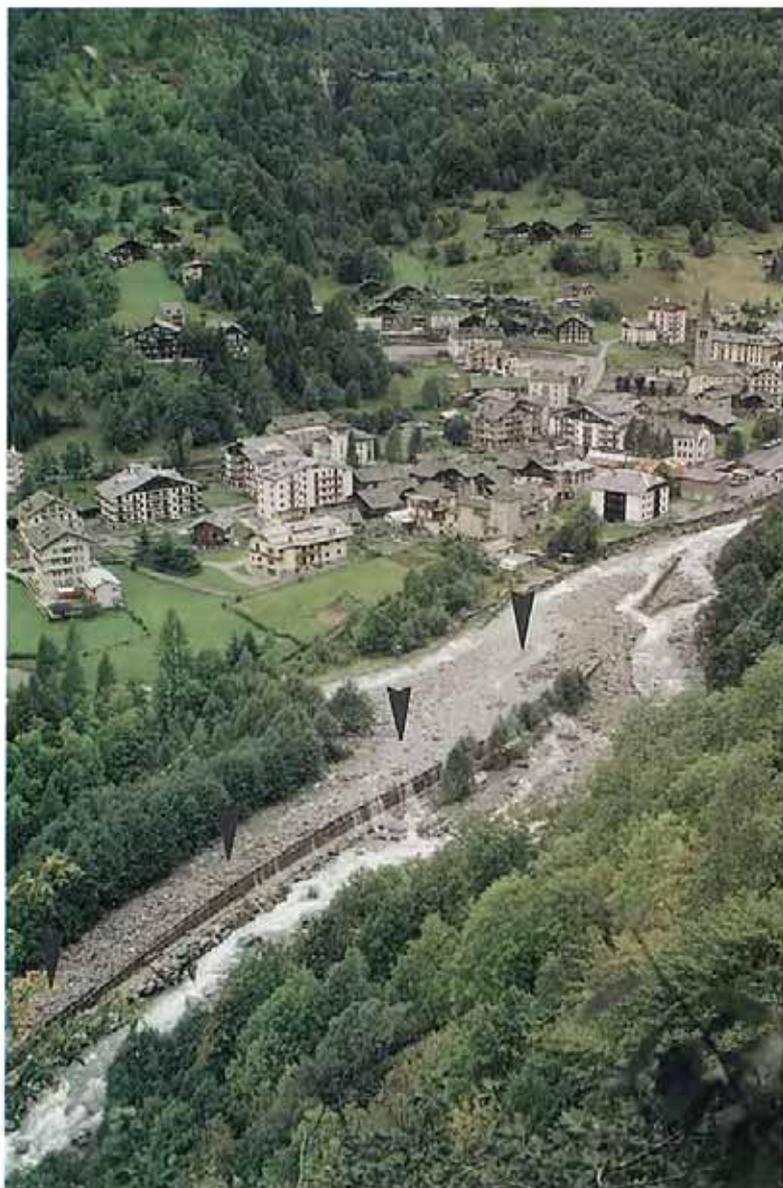


Foto 9 - Vista dall'alto dell'alveo del Sesia poco dopo la piena, in corrispondenza di Alagna. Si noti il forte restringimento causato dalla costruzione della Strada Statale di circonvallazione dell'abitato (indicata dalle frecce). Per confronto con la fotografia precedente si evidenzia come l'attuale alveo si sia configurato, nonostante il condizionamento, in modo del tutto simile a quello di cinquanta anni prima.

Foto 10 - Vista da monte del tratto di circonvallazione asportato.



na (erosioni laterali, alluvionamenti, esondazioni) nei tratti rimasti liberi dalle difese.

L'insieme di questi processi infatti si manifestò in modo grave nel corso della piena del settembre 1993 (figura 34). L'alveo occupato dalla piena, nonostante le opere di contenimento realizzate, ha cercato di configurarsi il più possibile alla morfologia del più antico alveo del 1948 causando ovviamente gravi danni in quelle aree successivamente occupate dall'uomo.

I muri d'argine della circonvallazione di Alagna, già precedentemente danneggiati per erosione al piede e non ripristinati, hanno ceduto sotto l'impatto dell'onda di piena ribaltandosi in alveo e determinandone la deviazione in destra (foto10). Ciò ha causato l'asportazione di un tratto della circonvallazione e l'alluvionamento della stessa per una lunghezza di circa 300 metri (foto 11). Parte delle acque fuoriuscite sono defluite lungo la circonvallazione e parte, seguendo un paleoalveo, in quelle del Torrente Otro a sua volta in piena causandone la fuoriuscita appena dopo il ponte sulla sinistra. L'insieme di questi deflussi, gravati da un elevato trascinarsi di materiali alluvionali, hanno invaso il campeggio ivi esistente devastandolo (foto 12). A valle della discarica mineraria il deflusso della piena ebbe modo di allargarsi dissipando energia in intensi processi di mobilitazione dell'alveo ed erosioni laterali, asportando sulla sinistra terreni e un lungo tratto di strada campestre, per poi tornare a restringersi condizionato dalle difese laterali e dal conoide del Torrente Vogna, innescando, in quest'ultimo tratto, intensi processi erosivi e di trascinarsi di materiali. Si registrano in questo settore danni più o meno gravi a tutte le difese laterali con fenomeni generalizzati di sottoescavazione, alcune tracimazioni e una rottura arginale con esondazione delle aree circostanti; gravemente danneggiato il ponte per Gabbio (foto 13).

Superato il conoide il deflusso della piena, secondo una tendenza già manifestatasi nell'evento del 1978, si è ulteriormente spostato sulla parte



FOTO 11 - Particolare della fotografia 9, che mostra la ristretta e non adeguata sezione dell'alveo. Sulla destra il muro-argine della Strada Statale di circonvallazione invasa dai detriti.



FOTO 12 - Vista da monte del campeggio localizzato tra Otro e Sesia. La fotografia mostra l'entità dell'alluvionamento e la granulometria dei materiali mobilizzati.



FOTO 13 - Vista da valle del ponte per Gabbio che ha sopportato l'impeto della piena funzionando da sbarramento in destra e consentendo il maggior deflusso delle acque in sinistra, che hanno causato l'abbassamento di una pila per erosione delle fondazioni.

destra dell'ampio alveo esistente, accumulando grosse quantità di materiali in sinistra ed innescando profonde erosioni della sponda destra che hanno portato alla distruzione di due tralicci per il trasporto dell'energia elettrica, di un edificio rurale, di un impianto di betonaggio e di parecchi ettari di terreno causando danni alla strada statale e minacciando una casa di civile abitazione. In sintesi i gravi danni verificatisi nel tratto di corso d'acqua di 4 km, nei Comuni di Alagna e Riva Valdobbia, più che all'entità dell'evento idrometeorologico, sono essenzialmente imputabili agli interventi di occupazione antropica ed infrastrutturale dell'alveo ai quali ultimi si devono sommare gli effetti indotti dai significativi interventi di difesa spondale eseguiti.

L'effetto cumulato di questi interventi ha infatti portato ad una canalizzazione dell'alveo in sezioni di deflusso inferiori a quelle proprie del corso d'acqua definite dalle caratteristiche idrodinamiche dello stesso, per cui, a parità di volumi idrici affluiti, ne è conseguito un notevole incremento della velocità dei deflussi e dei relativi processi erosivi e deposizionali, oltre che un'esaltazione del colmo di piena cui si devono le esondazioni verificatesi.

Il crollo del ponte viadotto sul Torrente Cervo della statale n. 142 «dei laghi»

La sera del 24 settembre 1993, alle ore 18,30 circa, due piloni e tre campate del ponte viadotto della statale n. 142 crollarono con un forte boato nell'alveo del Torrente Cervo in piena.

Si ritiene che la causa prima del crollo del ponte sia stata non già l'entità della piena ma la mancata adeguata difesa delle fondazioni di alcune delle pile poggianti in alveo.

Due di esse infatti crollarono in seguito ad intensi e rapidi processi erosivi del fondo verificatisi nel corso di quella piena, imputabili a fenomeni di canalizzazione dell'alveo conseguenti a una tendenza evolutiva manifestatasi già da tempo su tutta l'asta. Questo processo di metamorfosi flu-

viale del Cervo fu oggetto di uno studio (Ramasco & Rossanigo, 1988) nel quale già allora si evidenziò lo sviluppo di quei processi che saranno poi responsabili del collasso della struttura; alcuni brani tratti dalle conclusioni di questo lavoro testualmente citano:

«...Le modificazioni morfologiche più significative che si sono prodotte nel Torrente Cervo, dal 1954 ad oggi, consistono nel passaggio da un corso d'acqua essenzialmente pluricursale, in cui l'energia veniva in parte dissipata nella mobilitazione e nel trasporto dei depositi ghiaiosi dell'alveo, ad un corso d'acqua tendenzialmente unicursale, in fase erosiva, talora inciso nei depositi più coerenti del substrato, che esplica la sua attività essenzialmente sul fondo dell'alveo, causando un continuo approfondimento ed un restringimento della sezione trasversale del canale di deflusso. Lungo l'alveo incanalato, l'aumentata velocità di deflusso consentirà alla massa d'acqua in movimento di raggiungere livelli di energia cinetica molto elevati, che verranno dissipati in intensi processi di erosione del fondo alveo o delle sponde, là dove non sono costituite dai sedimenti coerenti del substrato, con ripercussioni gravissime su tutte le opere di sistemazione fluviale e di attraversamento. ... La nuova morfologia assunta dall'alveo del Torrente Cervo in questi ultimi

anni, le mutate condizioni di sviluppo dei processi di dinamica fluviale durante le piene e l'evoluzione nel tempo di questi fenomeni secondo il modello indicato, costituiscono gli elementi fondamentali di cui tener conto in futuro per tutti gli interventi che si vorranno eseguire lungo questo corso d'acqua. ...».

Le modificazioni morfologiche subite dal corso d'acqua in questi anni ed i processi che vi hanno operato si sono attestati alla base della soglia di stabilizzazione costruita a difesa del ponte-viadotto (foto 14). Quest'ultima fu infatti oggetto di più interventi di consolidamento in quanto generatrice essa stessa, in un sistema tipo *feedback*, di intensi processi erosivi del fondo ad ogni nuovo intervento di consolidamento tramite costruzione di controbriglie al piede.

Se si osserva la foto 15, scattata nell'inverno 1992-93 successivamente alla piena del giugno 1992 si vede che il corso d'acqua è in fase di erosione attiva con processi di abbassamento del fondo importanti che collocano il livello di base dell'alveo a tre metri sotto la briglia più bassa e ne determinano anche forti lesioni per sottoescavazione. La differenza di livello tra alveo a monte e a valle della soglia misurava, alla data del sopralluogo, oltre 10 m. Nel corso della piena del giugno 1992 la maggior parte delle acque di piena defluis-



FOTO 14 - Vista da valle della soglia di stabilizzazione costruita a difesa del ponte-viadotto della S.S. 142 e delle varie fasi di consolidamento con controbriglie in conseguenza degli intensi processi erosivi attestati ai suoi piedi.

attraverso la soglia, mentre una parte si incanalò sulla destra lungo una preesistente derivazione per scopi irrigui, dove innescò i primi processi erosivi lungo il canale, visibili nella foto 15, in corrispondenza delle pile che poi crolleranno. Gli elementi emersi a questo momento dell'evoluzione dell'alveo evidenziano la vulnerabilità del sistema ponte-viadotto-soglia di stabilizzazione: consistente nell'aver considerato come alveo solo la parte attiva in sinistra, corrispondentemente alla soglia, e non anche quella in destra, inerbita e boscata e nell'aver lasciato, a monte, un varco aperto al deflusso in quest'ultima direzione, il tutto in presenza dell'esistenza di un salto di quota, in corrispondenza del ponte, di oltre 10 metri.

Durante la piena del settembre 1993, parte delle acque si incanalarono sulla destra ed innescarono intensi processi erosivi e di mobilitazione dei materiali alluvionali aprendo un grosso varco al deflusso della piena in questa direzione. Il risultato fu l'asportazione in poco tempo, fino all'erosione del substrato Villafranchiano, dei materiali d'alveo su cui poggiavano le fondazioni delle pile del ponte e quindi il collasso di parte della struttura: complessivamente due pile e tre campate (foto 16).



FOTO 15 - Vista dell'alveo del Torrente Cervo a valle del ponte-viadotto sulla S.S. 142 l'anno precedente la piena. La fotografia mostra con chiara evidenza i forti processi erosivi in atto che si arrestano ai piedi della soglia di stabilizzazione a difesa del ponte-viadotto. Il dislivello tra l'alveo poco a monte della soglia e quello visibile a valle misura in questo periodo circa 10 metri. In primo piano in basso il canale in erosione attivo in corrispondenza delle pile che poi verranno abbattute nel corso della piena del 1993.



FOTO 16 - Vista da valle del ponte-viadotto sulla S.S. 142. In primo piano il canale, inciso fino al substrato Villafranchiano dalla piena, che ha determinato il convogliamento di gran parte dei deflussi in questo settore causando, per erosione delle fondazioni, il crollo dei due piloni. Tale canale si è inciso in pochi minuti, nel corso della piena, riprendendo il canale visibile sulla foto precedente. Sulla destra dell'immagine la soglia di stabilizzazione non più sede di deflussi.

5.4. Bacino della Dora Baltea

(G. Bellardone, F. Forlati con la collaborazione di S. Raffone & F. Tamberlani)

Processi ed effetti associati alla piena del fiume Dora Baltea. Tratto Carema - Ivrea.

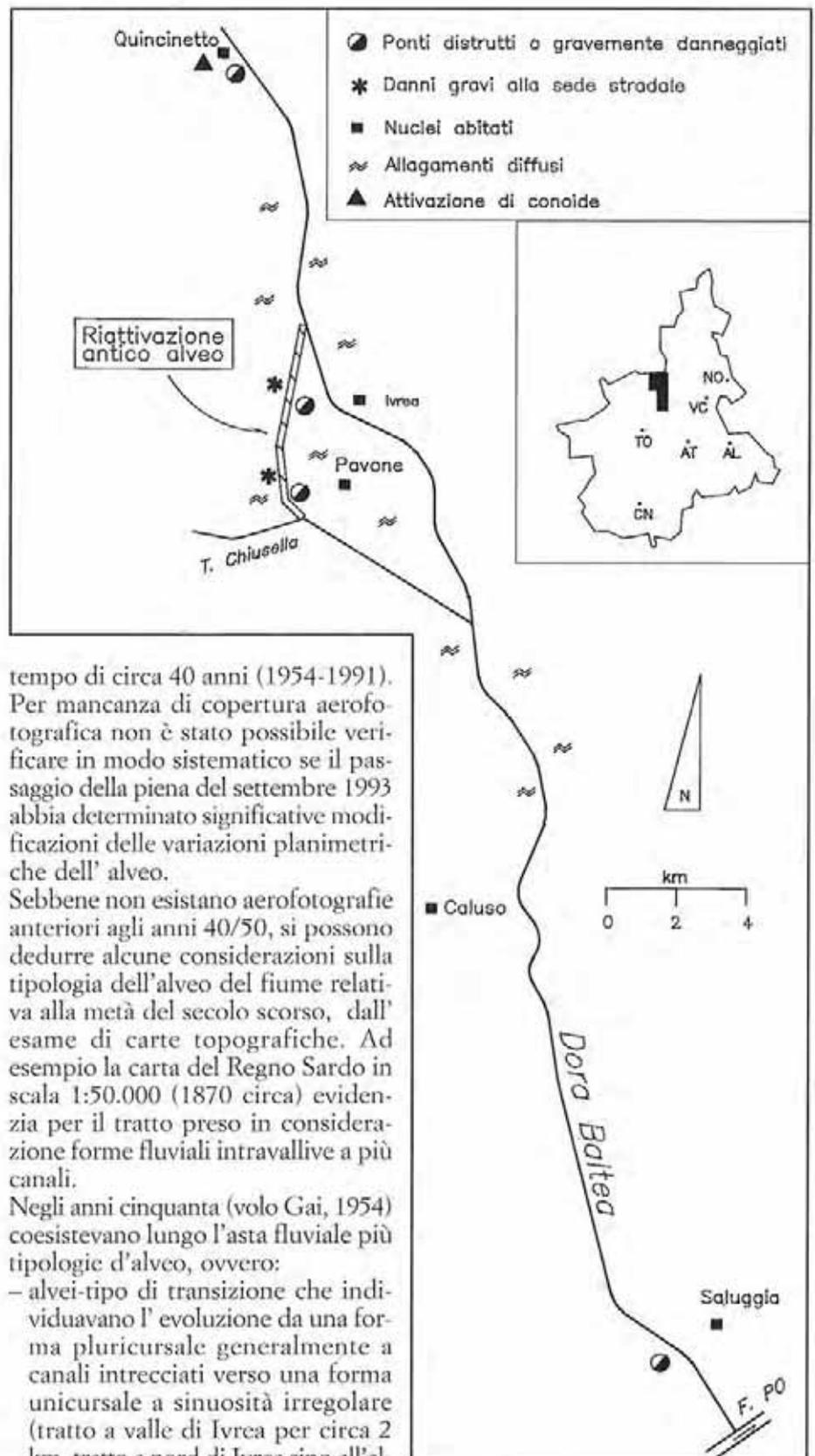
La piena della Dora Baltea del 23-24 settembre 1993 è stata sicuramente una delle più importanti di questo secolo.

La portata massima registrata a Tavagnasco è stata di 2300 m³/s, superata solo nel 1920 (2670 m³/s). A Mazzé sono defluiti 2900 m³/s, corrispondenti ad un esubero di circa 230 m³/s rispetto al valore della portata massima storica della piena dell'anno 1977.

Nella zona di Ivrea (Fiorano, Banquette, T. Ribes) il colmo si è verificato tra le ore 24.00 di venerdì 23 settembre e le ore 0:30-1:00 di sabato 24 settembre 1993.

La piena ha causato danni diffusi, già a partire dal confine regionale; estese inondazioni hanno interessato soprattutto la piana a nord di Ivrea, che è stata sommersa pressoché completamente, a partire dalle cave, poste al confine tra i comuni di Lessolo e Montalto Dora. Gli allagamenti sono stati favoriti anche dalla presenza della strettoia in roccia, in corrispondenza del Ponte Vecchio di Ivrea che rappresenta un naturale impedimento al deflusso per piene eccezionali. In prossimità di essa le acque hanno raggiunto, sul piano campagna, altezze notevoli, livellandosi, in modo pressoché continuo, a quota m 246 ca sul livello del mare. La figura 35 riassume i principali processi ed effetti rilevati lungo l'asta.

Nel tratto compreso tra Carema e la confluenza con il torrente Chiusella il fiume è stato oggetto negli ultimi decenni di intense regimazioni ed interventi antropici che ne hanno pesantemente trasformato l'alveo. Al fine di valutare la metamorfosi fluviale indotta è stata effettuata un'analisi temporale del modello fluviale facendo riferimento ad indagini fotointerpretative che hanno preso in considerazione un intervallo di



tempo di circa 40 anni (1954-1991). Per mancanza di copertura aerofotografica non è stato possibile verificare in modo sistematico se il passaggio della piena del settembre 1993 abbia determinato significative modificazioni delle variazioni planimetriche dell'alveo.

Sebbene non esistano aerofotografie anteriori agli anni 40/50, si possono dedurre alcune considerazioni sulla tipologia dell'alveo del fiume relativa alla metà del secolo scorso, dall'esame di carte topografiche. Ad esempio la carta del Regno Sardo in scala 1:50.000 (1870 circa) evidenzia per il tratto preso in considerazione forme fluviali intravallive a più canali.

Negli anni cinquanta (volo Gai, 1954) coesistevano lungo l'asta fluviale più tipologie d'alveo, ovvero:

- alvei-tipo di transizione che individuavano l'evoluzione da una forma pluricursale generalmente a canali intrecciati verso una forma unicursale a sinuosità irregolare (tratto a valle di Ivrea per circa 2 km, tratto a nord di Ivrea sino all'altezza di Montalto Dora, tratto a valle del ponte di Quassolo per circa 1 km, breve tratto a monte di Quassolo, breve tratto a valle ed a monte di Quincinetto);
- alvei-tipo unicursali ad andamento a tratti sinuoso ed a tratti retti-

Figura 35 - Fiume Dora Baltea. Principali disastri a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

neo perchè regimati (tratti di raccordo tra quelli elencati sinteticamente al punto precedente);

- alvei-tipo pluricursali (nel tratto compreso approssimativamente tra Torre Balfredo sino circa alla confluenza con il Torrente Chiusella).

Attualmente la Dora mostra un alveo-tipo affermato unicursale ad andamento rettilineo, talora sinuoso, che risente pesantemente delle interazioni e degli interventi finalizzati alla «canalizzazione» del corso d'acqua. Dall'analisi degli effetti delle piene del 1977 e del 1993 (aerofotografie ottobre 1977 e sopralluoghi effettuati in seguito all'evento del settembre 1993) si può affermare che l'evoluzione del sistema dinamico dei deflussi avvenga ormai secondo peculiarità tipiche dell'alveo monocursale. La diminuzione della sezione di deflusso ed il maggior approfondimento dell'alveo fanno sì che le tracimazioni si verifichino in genere al termine di tratti rettilinei in corrispondenza a sinuosità del corso d'acqua o in prossimità di restrizioni o impedimenti artificiali al deflusso. In seguito all'evento del settembre 1993 si sono verificati lungo l'alveo danni a ponti, a opere idrauliche ed a difese spondali, nel settore compreso tra Carema e Quassolo. In particolare a Quincinetto (foto 17) è da segnalare il crollo del ponte posto poco a monte di quello sulla S.P. n 70, mentre a Quassolo, per erosione concentrata al fondo-alveo è stata scalzata e ruotata verso valle la pila centrale del ponte (foto 18), con conseguente cedimento del piano viario. La presenza di una soglia idraulica realizzata con massi da scogliera, immediatamente a valle del ponte, ha sicuramente amplificato gli effetti della piena, favorendo, a monte, l'innalzamento delle acque e, a valle, l'insorgere di accentuati fenomeni erosivi al fondo. L'erosione rimontante che ne è derivata ha provocato, in un primo tempo, lo smantellamento della soglia nel suo tratto centrale a cui è seguito un approfondimento dell'alveo a monte che ha determinato la sottoescavazione e lo scalzamento della seconda pila a partire dalla sponda sinistra.

I danni maggiori sono stati però cau-



FOTO 17 - Quincinetto (TO): in secondo piano si osserva (indicata dalle frecce) la struttura restante del ponte crollato durante la piena.



FOTO 18 - Ponte di Quassolo (TO): pila scalzata per accentuata erosione di fondo.

sati da esondazioni, con coinvolgimento di molti edifici, soprattutto nel tratto terminale della valle, a nord di Ivrea, ma anche nel settore compreso tra Quincinetto e Tavagnasco ed a Quassolo. A nord di Quincinetto l'alveo della Dora, originariamente pluricursale è stato modificato in monocursale per regimazione del deflusso dei canali laterali. In occasione della piena del settembre 1993, la Dora ha inondato, in sponda destra, aree comprese tra l'alveo attuale ed i canali regimati, coinvolgendo edifici, distruggendo opere idrauliche, riattivando parte dell'an-

tico corso pluricursale. I rilevati autostradale e ferroviario che attraversano l'area, hanno condizionato pesantemente la distribuzione degli allagamenti; il rilevato ferroviario in particolar modo ha impedito alle acque di inondazione di rifluire verso la Dora. Nella zona dove i due rilevati convergono si sono registrate altezze delle acque sul piano campagna prossime ai 4 m. Il rilevato ferroviario è stato prima tracimato e successivamente demolito per un tratto di un centinaio di metri (foto 19). Immediatamente a valle di quest'area il fondo valle è stretto dagli impo-

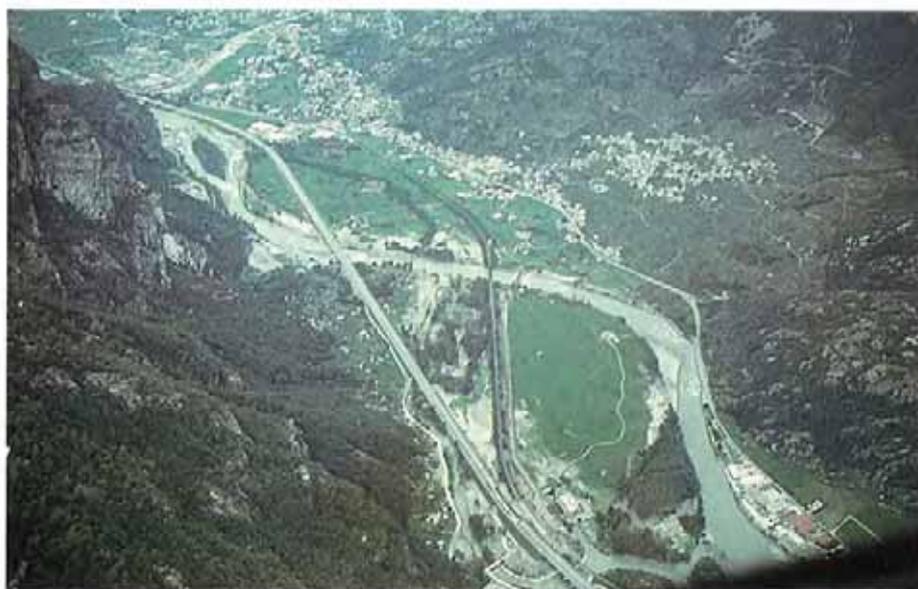


FOTO 19 - Fiume Dora Baltea a nord di Quincinetto: canale laterale attualmente regimato attraversato dal rilevato autostradale. In primo piano si osserva il tratto di rilevato ferroviario asportato.



FOTO 20 - Comune di Montalto (TO): zone di esondazione delle acque che hanno estesamente inondato la piana a nord di Ivrea. Il punto A indica la zona di brusca variazione dell'andamento dell'alveo, in corrispondenza della quale si sono manifestati processi erosivi ed accentuate esondazioni. Il punto B indica il setto tracimato e sifonato che separava alcuni bacini artificiali dal corso d'acqua.



FOTO 21 - Particolare del punto B della Foto 20.

nenti conoidi appartenenti ai torrenti Granero e Renanchio in destra e dal rio di Torre San Daniele, in sinistra. In questo settore l'alveo della Dora è approssimativamente rettilineo, sino alla località Cesnola, dove piega bruscamente verso la sponda destra, deviato da un altro conoide. Lungo il tratto rettilineo, a Quincinetto, oltre al crollo del ponte segnalato in precedenza, si sono verificati allagamenti ed alluvionamenti sabbiosi coinvolgenti l'area industriale. Da Quincinetto, fino a Montestrutto, l'area in destra compresa tra la Dora ed il rilevato ferroviario è stata sommersa. In questa zona sono presenti sul piano campagna forme fluviali relitte, più o meno incise, che hanno condizionato la distribuzione dei deflussi fuori le sponde incise. Allagamenti significativi in sinistra, talora con coinvolgimento di edifici, si sono verificati a Quincinetto (sino al rilevato della statale 26) ed a scapito degli impianti sportivi, presenti sulla sponda opposta a Quassolo.

Gli allagamenti più estesi si sono registrati nelle aree immediatamente a monte della «forra» su cui è ubicato il «ponte vecchio» di Ivrea. Numerosi centri abitati sono stati interessati da inondazioni: Lessolo, Montalto Dora, Fiorano Canavese, Banchette, Ivrea.

Nel tratto approssimativamente compreso tra la zona a monte del ponte per Baio Dora e l'impianto di estrazione in sinistra idrografica, ubicato in prossimità del confine tra Lessolo e Montalto Dora, il fiume scorre verso sud con andamento pressochè rettilineo, con pendenza pari a circa lo 0.25%, entro argini e difese spondali. Il corso d'acqua all'altezza del-

la confluenza con il torrente Asso (sponda destra), non più arginato, ha un alveo con sezione più ampia del tratto a monte. L'analisi delle foto-aeree ha posto in evidenza come la Dora lambisse, negli anni cinquanta, la sponda destra, descrivendo una accentuata sinuosità, sottolineata da una variazione di direzione verso est. Nel corso degli anni questo breve tratto, è stato oggetto di estrazioni in alveo che ne hanno modificato la morfologia originale. È proprio a valle di tale tratto che si sono verificati i principali allagamenti (foto 20). In destra si sono manifestati in un primo momento accentuati processi erosivi a danno della sponda concava. Con l'evolversi della piena le acque tracimate hanno inondato la piana alluvionale che in questo settore ha una quota media di circa 244/245 m s.l.m.m. In sinistra le acque hanno invece tracimato il sottile diaframma che separa il corso d'acqua da alcuni bacini artificiali derivati dall'attività estrattiva di un'ampia cava per inerti ivi, presente (foto 21).

Superato il setto, le acque defluendo in cascata per alcuni metri, lo hanno demolito completamente per erosione rimontante. Non è da escludere che si siano anche verificati simultaneamente processi di sifonamento per infiltrazione delle acque alla base.

Le acque tracimate successivamente dai bacini e dal corso d'acqua stesso, hanno allagato una vasta area, in sponda sinistra, fino a lambire parte dell'abitato di Montalto Dora.

In genere, pur raggiungendo in molti punti altezze superiori ai tre metri, sono laminate lentamente sul piano campagna, limitando i danni che sarebbero stati estremamente più gravi nel caso di correnti veloci. È presumibile che la modesta pendenza del fiume (0.16%) in questo tratto abbia favorito la lenta propagazione dei deflussi.

A Montalto Dora, le acque esondate hanno raggiunto il rilevato ferroviario ed, a sud del centro urbano la statale, con allagamento di numerosi edifici.

L'agglomerato urbano costituito da Banchette e da Ivrea è stato interes-



Foto 22 - Banchette (TO): altezze delle acque di inondazione durante gli eventi del 1977 e del 1993.



Foto 23 - Strada Provinciale Banchette-Lessolo: foto scattata il 26/9/1993 in fase di ritiro delle acque di inondazione. Sullo sfondo si osserva il sottopasso dove si sono registrate due vittime (foto Tinetti).

sato da estesi allagamenti, con altezze d'acqua, dedotte da tracce lasciate sugli edifici, anche superiori ai 3 m (Banchette). A Banchette, il livello delle acque nell'edificato è stato superiore a quello rilevato durante le piene del 10/1977 e del 9/1948, tra le maggiori dell'ultimo secolo (foto 22).

A Banchette, è avvenuta la morte di due coniugi che, non rispettando il divieto di transito, hanno imboccato il sottopasso della provinciale Banchette Lessolo, dove l'acqua ha superato i 4 metri d'altezza (foto 23).

Il tratto in cui la provinciale sottopassa l'Autostrada Torino-Aosta, alla periferia di Banchette, è soggetto a frequenti allagamenti. Nel settembre 1948 un'altra persona perse la vita in quel medesimo punto: «Purtroppo si deve registrare anche una vittima. Questi doveva recarsi sabato da Banchette a Fiorano. Dopo Banchette (zona del sottopasso ndr) la strada presenta un certo avvallamento che l'acqua non tardò a riempire, formando un laghetto. Il Marselli, ignorandone la profondità, tentò di attraversarlo, ma non vi riuscì» (da: La Sentinella



FOTO 24 - Ivrea (TO): le frecce indicano il livello raggiunto delle acque in corrispondenza degli edifici a monte del ponte Vecchio.



FOTO 25 - Ivrea: depositi sabbiosi nei giardinetti, prossimi al fiume, presso il piazzale dell'Unità Sanitaria Locale.

del Canavese, 10/9/1948). Esiste una profonda analogia tra la meccanica dei due incidenti: anche le due vittime dell'alluvione del settembre 1993 hanno imboccato la strada a Banchette, senza rendersi conto dell'elevato livello raggiunto dalle acque e, dopo aver galleggiato per qualche istante con l'autovettura, sono affondati perdendo la vita.

Gli edifici di Ivrea, posti lungo il Fiume, a monte del "ponte Vecchio", in destra (via delle Rocchette) sono stati allagati in prossimità del ponte, fino ai primi piani, mentre in spon-

da sinistra, il settore compreso tra il fiume ed il piazzale dell'Unità Sanitaria Locale è stato alluvionato, con deposizione, sulle superfici terrazzate più basse, di notevoli quantità di sabbie (foto 24 e 25). Anche lungo questa sponda molti edifici sono stati raggiunti dalle acque.

L'area urbana costituita da parte dell'edificato di Banchette, Ivrea, Salerano Samone è stata, infine, anche allagata per l'insufficiente capacità di smaltimento della rete idrica e fognaria. Nella zona di Fiorano Canavese, centro abitato che si svi-

luppa in destra Dora, al limite della piana alluvionale attuale, le acque hanno dapprima raggiunto alcune antiche forme fluviali che incidono l'orlo del terrazzo sul quale si estende il comune, successivamente si sono concentrate in un unico alveo ancora ben inciso, attualmente occupato da un piccolo corso d'acqua, il Rio Ribes avente pendenza media pari al 0,28%.

Tale forma fluviale può essere considerata un antico ramo della Dora Baltea che defluiva in corrispondenza dell'orlo di terrazzo prossimo a Fiorano verso Pavone Canavese, dove riceveva le acque del Torrente Chiusella. Quest'ultimo, a sua volta scorre in un antico letto della Dora Baltea.

In occasione della piena del 24 settembre 1993, parte delle acque della Dora Baltea, che inondavano la piana a nord di Ivrea, raggiunsero e riattivarono questa antica forma fluviale, occupandone completamente la sezione (figura 36). L'attraversamento in rilevato del paleo-alveo (provinciale tra Samone e Lorzanzè), a causa del sottodimensionamento delle opere idrauliche ha determinato un momentaneo impedimento al deflusso, inducendo un innalzamento del livello idrico a monte e, successivo incremento della velocità in conseguenza dello sfondamento del rilevato.

Più a valle, la piena, giunta in corrispondenza di Regione Sanguignolo di Pavone Canavese, ha trovato, alcuni impedimenti al deflusso costituiti, da monte verso valle, dal ponte sulla strada comunale e, poche decine di metri oltre, dall'attraversamento autostradale (A5 TO-AO). Le acque, sono pertanto laminate a monte, sommerkendo un tratto di autostrada, un laboratorio artigianale, prossimo al corso d'acqua ed edifici, posti nelle vicinanze, quindi, dopo aver parzialmente asportato il ponte e parte del rilevato autostradale, hanno allagato la zona compresa tra i due rilevati autostradali, (frazioni Molla Marchetti e Quilico), coinvolgendo numerosi edifici.

Le acque, in genere, si sono espanse sul piano campagna lentamente, depositando al loro ritiro sedimenti

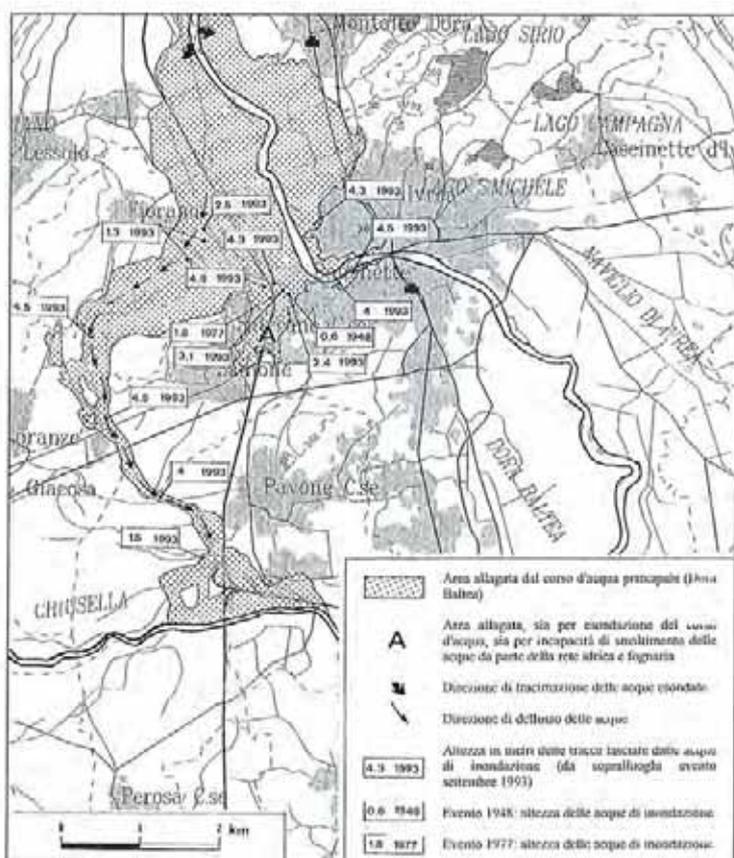


FIGURA 36 - Carta delle inondazioni associate alla piena della Dora Baltea del 23 - 25/9/1993 - tratto Montalto Dora - Pavone Canavese. Tra Fiorano e Pavone si osserva l'antico alveo del fiume, riattivato dalla piena.



FIGURA 37 - Disegno del 1900 riportante l'antico alveo della Dora Baltea attualmente occupato dal R. Ribes.

fini. Effetti morfologici associati al passaggio di correnti veloci (erosioni, deposizione di sedimenti grossolani) sono stati osservati a valle delle opere di attraversamento sfondate e dove si sono avuti repentini aumenti di velocità per caduta libera da rilevati stradali.

Dall'analisi della documentazione d'archivio è emerso che, in passato, si erano già verificate riattivazioni di questo alveo abbandonato della Dora Baltea, in occasione di piene eccezionali.

Nell'ottobre 1755 una piena causò la distruzione di cinque mulini, posti a monte del ponte Vecchio di Ivrea e la morte di tre persone. Ulteriori gravi danni alla città vennero scongiurati perchè parte delle acque esondate defluirono in questo paleo-alveo. Narra il Carandini «... (la Dora Baltea) riapertosi l'antico alveo verso Fiorano da cui scorrevano due terzi dell'acqua, si riunì ai torrenti Ribes (Rio Besso) e Chiusella, inondando tutta la pianura, atterrando ponti ed argini...» (F. Carandini, *Vecchia Ivrea*, F. Viassone

Tipografo Editore in Ivrea, 1927, pag. 374).

Si hanno notizie di una seconda riattivazione nel 1839. Anche allora venne distrutto il ponte sul Ribes, sulla Strada Provinciale collegante Castellamonte ad Ivrea. (In figura 37 L. Bruno riporta «la pozzanghera lasciata dalla Dora nel 1839» nel tratto di riattivazione dell'antico alveo - *La Sentinella del Canavese*, 15-3-1900). Nel 1977, infine, le acque esondate dalla Dora Baltea, giunsero quasi all'imbocco dei canali, riattivati in occasione della piena del 24-9-1993, lungo il terrazzo di Fiorano.

Questo antico corso della Dora Baltea ha sempre rappresentato una via di deflusso preferenziale, in occasione di piene eccezionali, contribuendo anche a mitigarne gli effetti sulla città di Ivrea e sui comuni posti immediatamente a monte.

Da analisi storiche risulta, inoltre, come il settore a nord di Ivrea sia ricorrentemente soggetto ad inondazioni (tabella 7). Escludendo le numerosissime informazioni ineren-

ti allagamenti o interruzioni stradali, si hanno informazioni su piene con coinvolgimento di abitati alle seguenti date:

- Montalto Dora
10/1755; 9/1920; 8/1987; 9/1993
- Fiorano Can.se
10/1755; 9/1920; 9/1993
- Banchette
10/1755; 9/1920; 9/1948;
11/1968; 10/1977; 9/1993
- Ivrea
10/1755; 10/1839; 7/1914;
9/1920; 9/1948; 11/1951;
12/1959; 11/1962; 10/1977;
9/1993.

Dall'elenco emergono tre date di eventi interessanti tutti i comuni: 1755; 1920; 1993; nel 1920, non viene esplicitamente segnalata la riattivazione del vecchio alveo (I. Ribes). A valle del Ponte Vecchio di Ivrea, si è registrata, infine, un'erosione spondale che ha causato l'asportazione di un centinaio di metri di una

Tabella 7 - Processi di inondazione verificatisi nell'ultimo secolo che hanno interessato i comuni posti immediatamente a monte di Ivrea (Archivi Banca Dati Geologica).

Date	Lessolo	Fiorano	Banchette	Borgofranco	Montalto	Ivrea
22/07/1914						
19/06/1918						
24/09/1920						
16/05/1926						
25/08/1935						
11/09/1938						
/06/1945						
4/09/1948						
/11/1951						
/09/1956						
13/06/1957						
/12/1959						
/11/1962						
/11/1968						
/10/1977						
12/10/1987						
/04/1989						
24/09/1993						
18/05/1994						
6/11/1994						

strada cittadina, mentre erosioni di sponda hanno interessato un lungo tratto di corso d'acqua. Danni gravi ha subito la traversa di alimentazione del Naviglio di Ivrea e le opere di derivazione.

A valle di Ivrea la Dora scorre ormai in un alveo ad un unico canale. A monte della confluenza del T. Chiusella sono ancora visibili le antiche forme del modello pluricursale abbandonato.

Gli allagamenti hanno interessato maggiormente la sponda sinistra, occupando in particolar modo aree adibite a cave e impianti di estrazione nel tratto compreso tra Torre Balfredo ed il ponte autostradale sulla Dora (A4/5). In corrispondenza del rilevato d'accesso al ponte stesso, parte delle acque esondate hanno raggiunto il piano viario della Bretella A4/5 Ivrea-Santhea, interrompendo la viabilità.

Dalla A4/5, fino alla confluenza Chiusella-Dora Baltea, la sponda destra è stata interessata da vasti allagamenti, dovuti ad entrambi i corsi d'acqua; le acque hanno lasciato sulla piana evidenti segni del loro passaggio. In sponda sinistra, sono state interessate alcune cave, mentre è stato lambito l'abitato di Tina.

Nel tratto in pianura, infine, danni più rilevanti, causati dalla piena del torrente Chiusella, si sono registrati dal punto in cui il torrente ha ricevuto gli apporti provenienti, dalla Dora Baltea, lungo l'incisione ora occupata da Rio Ribes. A monte di tale punto, le esondazioni sono state generalmente limitate, mentre a valle della confluenza del Rio Ribes, vasti allagamenti hanno interessato tutta la zona compresa tra Pavone Canavese, e la confluenza in Dora Baltea.

A Pavone Canavese tutta l'area compresa tra il terrazzo presso la località Verna ed i rilevati autostradali è stata allagata dal torrente e da acque della Dora Baltea, provenienti dal Rio Ribes. Alcuni edifici in località Chiusellaro e Verna sono stati allagati.

Le inondazioni più estese si sono verificate in Comune di Romano Canavese, ove sono stati coinvolti anche edifici, tra cui un albergo, in località Poarello.

In località Cerone di Strambino si sono verificati allagamenti in corrispondenza del campo di calcio. In questa zona le acque, esondate a monte della ferrovia hanno raggiunto quasi l'altezza del rilevato ferro-

viario, sommergendo il campo sportivo.

Il trasporto in massa lungo il Torrente Renanchio

Il bacino tributario del Torrente Renanchio

Il bacino tributario del Torrente Renanchio, avente un'estensione areale di circa 11 km², è modellato nell'unità geologica della «Serie del Sesia Lanzo», rappresentata in zona prevalentemente da micascisti gneissici, gneiss con locali intercalazioni di marmi e lenti di metabasiti ed è drenato da un'asta torrentizia di 5.7 km di sviluppo, con pendenza media pari al 29%, raccordata al corso d'acqua recipiente (F. Dora) da un'esteso ed acclive conoide.

Il trasporto solido che si verifica in occasione di fenomeni di intensa attività torrentizia è prevalentemente alimentato, nel settore medio superiore del bacino, da tributari minori che scendono dal versante destro, ove sono stati riconosciuti estesi fenomeni gravitativi aventi meccanismi di vario tipo, spesso combinati. La deposizione all'interno del bacino di volumi solidi solo parzialmente rimo-