

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 Ziliani	(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.

Torino, 1996

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*

SOMMARIO

1.	NOTE INTRODUTTIVE		
1.1	Introduzione	pag.	11
1.2	Eventi alluvionali in Piemonte nel XX° secolo	»	12
2.	ASPETTI METEOROLOGICI ED IDROLOGICI		
2.1	L'evento di precipitazione dei giorni 22-24 settembre 1993	»	15
2.2	Aspetti idrologici dell'evento dei giorni 22-24 settembre 1993	»	27
2.3	Considerazioni sulle precipitazioni di breve durata	»	31
3.	TIPOLOGIA DEI PROCESSI		
3.1.	Processi lungo i corsi d'acqua	»	33
3.2.	Processi d'instabilità dei versanti: evoluzione e cinematisimo	»	35
4.	STUDI CONDOTTI E METODOLOGIE DI LAVORO	»	37
5.	AREE COINVOLTE		
5.1.	Valli dell'Ossola (VB)	»	39
5.1.1.	Val Divedro	»	40
5.1.2.	Valle Anzasca	»	40
5.2	Innalzamento di livello dei grandi bacini lacustri (laghi Maggiore, Orta e Mergozzo) e conseguente allagamento delle zone rivierasche	»	42
5.3.	Bacino del Fiume Sesia (VC)	»	46
5.4.	Bacino della Dora Baltea (TO)	»	54
5.5.	Valli del Canavese (TO)	»	62
5.5.1.	Torrente Soana	»	62
5.5.2.	Torrente Orco: tratto alpino	»	67
5.5.3.	Torrente Orco: tratto di pianura	»	71
5.6.	Valli di Lanzo (TO)	»	80
5.6.1.	L'attivazione del conoide di Forno Alpi Graie	»	84
5.6.2.	Lavori di consolidamento sulla frana di Pessinetto	»	88
5.7.	Bacino della Dora Riparia (TO)	»	89
5.8.	Provincia di Cuneo	»	93
5.9.	Bacini dei torrenti Bormida e Belbo (AT)	»	94
5.9.1.	L'evento lungo l'asta del Torrente Tatorba e del Fiume Bormida nel tratto Bubbio - Monastero Bormida	»	95

5.9.2.	L'evento lungo l'asta del Torrente Ovrano	pag. 96
5.9.3.	Bacino del Torrente Belbo	» 96
5.10.	Bacini dei torrenti Borbera, Scrivia e Curone (AL)	» 97
5.10.1.	Eventi del settembre 1993. Valli Borbera, Scrivia e Curone	» 97
5.10.2.	Eventi dell'ottobre 1993	» 100
5.10.3.	Il movimento franoso di Montaldo di Cosola (AL)	» 103
5.11.	Considerazioni sulle aree coinvolte	» 105
6.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	» 109
7.	BIBLIOGRAFIA	» 111

ABSTRACT

North-West and South-East of Piedmont (North Italy) were affected by intense rainfall on the 22 and 23 September 1993. The rains primed strong floodwaves along minor streams and major rivers.

The paper firstly describes the analysis of rainfall data collected by the regional meteorological network. The analysis includes rainfall accumulated and intensity values, distribution patterns and a comparison with former periods of intense rainfall.

The floodwave analysis and its comparison with former peak-flood data indicate a 35-years-flood along the Stura di Lanzo and a 75/150-years-flood for the Dora Baltea at Tavagnasco.

The paper then systematically describes the flood-hit areas (Macugnaga, Val Sesia, Dora Baltea, Orco and Soana river valleys, Val Grande di Lanzo, Dora Riparia, Valle Belbo, Valle Bormida, Valli Borbera, Scrivia and Curone). In the lake area (Maggiore and Orta lakes) the rise of water level caused widespread inundations. Landslides were comparatively rare, apart from a number of earthflows over a limited Appennine area; this may well be due to the fact that the landslide rainfall triggering-thresholds were not normally exceeded. The more devastating processes were connected with streams and rivers. Heavy bottom-load, stream and river erosion and debris flow processes swept away more than a hundred bridges; a dozen buildings were destroyed and more than a hundred seriously damaged.

The surveys carried out after the event pointed out how the destructive character of the flood derives from both natural and men-related factors. The main natural factor (in the alpine area at least) seems to be the heavy bottom-load, while the commonest men-related factors seems to be due to a general insufficiency of bridge spans and to the occupation of high-risk flood plains by all type of buildings.

On the 8 and 9 of October a second, minor, flood event caused a further sharp rise in the levels of the Maggiore and Orta lakes and hit the right flank of the Scrivia Valley.

All the elements confirms, once more, how the reduction of flood risk should better be faced with carefull landuse planning, rather than by proliferating structural measures (levees, walls *etc.*) which often proved to be uneffective or even dangerous.

1. NOTE INTRODUTTIVE

1.1. Introduzione

(G. Ben, A. Lazzari)

Nei giorni 22 e 23 settembre 1993 un evento alluvionale di elevata intensità colpiva ampie aree del Piemonte centro settentrionale e sud-orientale. Il presente lavoro espone gli aspetti meteorologici ed idrologici dell'evento e riporta l'analisi dei processi attivatisi lungo i corsi d'acqua e sui versanti e dei relativi effetti indotti. Le portate lungo le aste torrentizie furono caratterizzate da un rilevante trasporto solido che è stato la causa di ingenti danni ad infrastrutture e centri abitati. In certi casi la portata è stata talmente rilevante da interessare totalmente la sezione compresa tra i fianchi vallivi, ad esempio lungo il Torrente Soana. Gran parte degli attraversamenti che univano le sponde vallive furono completamente abbattuti dalla violenza della torbida che, durante il suo percorso, ha eroso ed asportato terreni agrari e la vegetazione arborea presente lungo gli alvei. In genere all'atto dell'evento quasi tutti i corsi d'acqua hanno riconquistato spazi e sezioni che per cause umane o naturali erano stati limitati o ristretti.

Vengono esposti i risultati delle analisi condotte sui dati rilevati nei giorni 22 - 24 settembre 1993 dalla rete di acquisizione dati meteorologici del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte. L'analisi considera le quantità e le intensità di precipitazione e la loro distribuzione nel tempo e nello spazio nonché il confronto con le precipitazioni di altri eventi analoghi avvenuti in Piemonte. Viene esaminata la distribuzione spaziale e temporale delle onde di piena e viene poi effettuato un confronto con le serie storiche

disponibili di valori di portata al colmo misurati presso alcune sezioni dei corsi d'acqua interessati. I calcoli eseguiti indicano tempi di ritorno che si collocano tra i 35 anni della Stura di Lanzo a Lanzo e i 75-150 anni della Dora Baltea a Tavagnasco. Vengono inoltre descritte in dettaglio le aree maggiormente colpite dall'evento (alta Valle Anzasca, alta Val Sesia, Dora Baltea, Torrenti Orco e Soana, Val grande di Lanzo, Dora Riparia, Valle Belbo, Valle Bormida, Valli Borbera, Scrivia e Curone; innalzamento dei laghi Maggiore, Orta e Mergozzo). I fenomeni franosi sono stati, nel complesso, limitati e con scarsa diffusione areale (fatto salvo per una certa diffusione di dissesti superficiali in area appenninica); tale elemento potrebbe essere posto in relazione con le intensità di pioggia, che non hanno in generale superato le soglie per l'innescio dei fenomeni franosi. I fenomeni più ricorrenti e distruttivi sono stati legati alle dinamiche fluviali e torrentizie: gli effetti delle piene lungo la rete idrografica principale e i fenomeni di violenta attività torrentizia hanno provocato danni ingenti. Una decina di edifici risultano distrutti e circa 120 sono stati danneggiati; oltre cento opere di attraversamento sono state distrutte o danneggiate. L'ingente apporto idrico ha inoltre provocato l'innalzamento del livello dei bacini lacustri del Piemonte Orientale, con conseguenti danni alle infrastrutture rivierasche.

I rilievi effettuati hanno evidenziato come il carattere distruttivo della piena sia stato determinato dall'interazione di fattori naturali ed antropici. Il fattore naturale più importante (quantomeno nelle aree alpine) sembra essere stato l'elevato trasporto solido di fondo, mentre i fattori

antropici che maggiormente hanno giocato un ruolo negativo sembrano essere stati una generale inadeguatezza di molte luci idrauliche e la sottrazione di spazi, a fini insediativi, alle fasce di pertinenza fluviale e torrentizia. Quanto sopra conferma, una volta di più, come la prevenzione del rischio da evento alluvionale vada affrontata più con un'attenta pianificazione del territorio che non con la proliferazione di opere di difesa che si rivelano spesso inadeguate se non addirittura inutili o pericolose se non progettate in un'ottica di bacino e per la mancanza di manutenzione preventiva.

Nei giorni 8 e 9 ottobre 1993, un secondo evento alluvionale, di entità più modesta rispetto al precedente, colpiva il versante destro della Valle Scrivia (AL) e l'areale dei Laghi Maggiore ed Orta acuitizzando i fenomeni di innalzamento di livello.

A fronte di questi fenomeni, che rivelano carattere periodico e non già eccezionale, come si evince da quanto illustrato nel paragrafo successivo, è opportuno sottolineare l'importanza che assumono, per la salvaguardia dei bacini idrografici montani, le manutenzioni sistematiche delle opere idrauliche e la necessità di interventi di difesa del suolo e di opere idraulico forestali.

1.2. Eventi alluvionali in Piemonte nel XX° secolo (G. Bellardone)

Dall'analisi delle informazioni residenti negli archivi della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte è emerso che, solo per il XX° secolo, escluso l'evento del 1993, sono circa 3000 le segnalazioni di processi di instabilità coinvolgenti centri abitati, con distruzione o danni ad edifici, il 30% dei quali per processi di instabilità dei versanti, il 64% per piene fluviali e torrentizie. Le segnalazioni di processi di instabilità che nel XX° secolo hanno provocato perdite di vite umane sono 115, con almeno 450 morti accertati.

Tra i numerosi eventi alluvionali verificatisi in Piemonte nell'ultimo seco-

lo, i seguenti sono da ricordare per i danni e per la diffusione areale.

1900 - 23-26 agosto: il Verbano-Cusio-Ossola e la Valsesia furono colpiti da un grave evento meteorologico. I danni più gravi si registrarono in Val d'Ossola: «...i danni furono enormi per lo straripamento delle acque... A Congo (Cuzzego) una frana uccise sette persone. Lo spettacolo è desolante» (Il Rocciamelone, 1-9-1900). Tra il 17-28 settembre 1900 una grande piena del F. Bormida causò ingenti danni a Sezzadio e Castellazzo Bormida.

Da segnalare anche due frane in Valle di Stura di Lanzo che, tra il 9-10 ottobre 1900, distrussero due abitazioni provocando complessivamente la morte di sei persone in comune di Pessinetto (a Laietto) ed a Mezzenile.

1903 - giugno: un evento alluvionale interessò i bacini cuneesi. Il Po a Crissolo provocò ingenti danni all'abitato.

1907 - ottobre: numerosi processi di instabilità colpirono soprattutto il Verbano-Cusio-Ossola, il Piemonte meridionale e, in misura minore il basso biellese e vercellese. Tra il 15 ed il 18 ottobre 1907 una piena del Lago Maggiore provocò danni gravi a Cannobbio, Cannero Riviera, Meina, Stresa, Pallanza, Intra, sull'Isola Bella e sull'Isola dei pescatori con abitazioni, alberghi, strade e giardini allagati. Nel Piemonte meridionale si verificarono piene del Bormida e del Tanaro, con gravi danni soprattutto in pianura. Il 16 ottobre 1907, il Bormida allagò il Rione Cristo di Alessandria, con altezza delle acque da 50-70 centimetri, fino ad un metro presso la Cascina Moisa. Il 30 ottobre 1907 il Tanaro inondò Alluvioni Cambiò ed Alessandria.

1917 - 28-31 maggio: nel Piemonte centro meridionale, tra Ceva ed Alessandria si registrarono piene di numerosi corsi d'acqua con inondazioni di abitati: la «parte bassa di Nizza Monferrato» venne inondata dal Nizza e dal Belbo, a Castelmartina di Cortemilia il torrente omonimo distrusse un'abitazione con due vittime. Diffusi furono anche i danni

per frane che lesionarono e distrussero edifici a Forte di Ceva, a San Ponzio di Ceva, a Narzole, Barolo, Cossano Belbo, Orsara Bormida e Vesime.

1920 - 23-24 settembre: evento alluvionale nei bacini compresi tra il Pellice e la Dora Baltea.

Nelle valli Chisone e Pellice numerosi furono gli edifici danneggiati per le piene dei corsi d'acqua. I danni più gravi si registrarono in comune di Bobbio Pellice dove due località (Abses e Payant) vennero pressoché distrutte da un trasporto in massa del rio Cruello. La piena improvvisa fu causata dallo svuotamento di un vaso creatosi nell'alto bacino del torrente a causa di una frana sul versante sinistro che ostruì la valle. A Payant si registrarono sei vittime. La Val di Susa fu estesamente colpita, nel tratto medio alto, soprattutto per processi associati alla piena della Dora Riparia e dei suoi tributari. I danni più rilevanti si registrarono a Mattie, Bussoleno, (in questi comuni si ebbero edifici distrutti dal T. Gerardo) Salbertrand e Bardonecchia.

La Stura di Lanzo distrusse quasi tutti i ponti, sia nel tratto vallivo che in pianura ed erose notevoli estensioni di prati, asportando migliaia di alberi.

Per la Dora Baltea la piena del 1920 fu una delle più gravi dell'ultimo secolo. I danni che essa causò, soprattutto nel tratto a monte di Ivrea, furono confrontabili con quelli della piena del 24-25 settembre 1993. La portata misurata a Tavagnasco fu di 2670 m³/s, eccedente per più di 300 m³/s quella del 1993.

1926 - 6-18 maggio: in questo periodo numerosi corsi d'acqua piemontesi, dalla Stura di Lanzo al Tanaro ebbero piene eccezionali, con vasti allagamenti nelle aree di pianura ed intensi processi erosivi nei tratti vallivi. Nelle province di Torino e Vercelli, i danni maggiori in pianura si registrarono nel territorio di Chivasso per inondazioni di Orco e Po, a Mezzi Po dove il fiume distrusse alcune abitazioni, a Vercelli, Barolo, Motta dei Conti per straripamento del Sesia. Anche nel bacino

montano del Sesia e dei suoi affluenti si ebbero danni per piene e frane. Nel Piemonte Centro Meridionale da segnalare le piene del Belbo (a Nizza crollarono alcune abitazioni) e soprattutto del Tanaro; quest'ultimo causò estesi danni lungo tutto il suo corso ed inondò Borgo Tanaro di Asti, Castello d'Annone, ed il rio-ne San Michele di Alessandria.

1935 - 12-13 agosto: nel bacino del torrente Orba si verificò un nubifragio di inaudita violenza, in meno di otto ore su alcuni pluviometri del bacino si registrarono precipitazioni superiori a 400 mm; nell'attiguo bacino del Gorzente a Lavagnina le piogge, nell'intervallo considerato superarono i 540 mm. In conseguenza a ciò la diga di Sella Zerbino, presso Molare, cedette sotto la spinta di 54 milioni di m³ d'acqua. A Ovada, il primo centro investito dalla piena vennero distrutte una sessantina di abitazioni ed i morti furono 97. A Capriata d'Orba l'onda di piena distrusse 5 cascine.

1945 - 31 ottobre - 1 novembre: quest'evento interessò soprattutto gli affluenti alpini delle valli Cuneesi, dal T. Grana al Pellice, con vaste inondazioni nelle aree di pianura: associati al Pellice si registrarono vasti allagamenti da Campiglione Fenile fino alla confluenza nel Po con l'inondazione di Garzigliana Gemerello e, dopo un taglio d'ansa, di Castellazzo Basso. Il Po inondò Casalgrasso, Pancalieri, la Loggia e parte di Moncalieri. Danni gravi si registrarono soprattutto lungo le valli Pellice e Chisone. Ad Angrogna (Torre Pellice) una piena del torrente omonimo causò la morte di due persone.

1947 - Fu un anno particolarmente nefasto per la Val di Susa, che tra maggio e settembre venne ripetutamente colpita da piene torrentizie (soprattutto i torrenti della media valle) anche molto violente. In quell'anno altre valli furono interessate da eventi alluvionali: le maggiormente colpite furono le valli Pellice, Chisone e parte delle valli di Lanzo, mentre in modo più marginale vennero interessati anche i bacini compresi tra le valli di Lanzo ed il Sesia.

1948 - 4 settembre 1948: si verificò uno degli eventi più gravi dell'ultimo secolo per la Val Sesia. Sia lungo il Sesia che lungo i suoi tributari transitarono piene di notevole portata. Molte località vennero gravemente colpite per fenomeni di trasporto in massa (Pedemonte, Ponte e San Nicolao furono travolte dalla piena del Torrente Moud; Alagna e Campertogno furono inondate dal Sesia, per citare i centri maggiormente colpiti). In pianura il Sesia inondò aree estese coinvolgendo molti comuni rivieraschi. Nel Piemonte meridionale i danni più gravi si registrarono nei bacini del Tanaro e, in particolare, del Belbo. Per il tratto compreso tra Canelli ed Oviglio i danni indotti dal torrente rappresentano per questo secolo il massimo storico. Si registrarono anche delle vittime. Alba fu inondata dal Tanaro e dai suoi affluenti. Il Cherasca distrusse alcune abitazioni e causò la morte di tre persone; Asti fu inondata dal Tanaro e dal Bobore che provocò anche la morte di 13 persone. Inondata anche parte di Alessandria, dal Tanaro e dal Bormida.

1949 - 3-5 maggio 1949: si verificò una grande piena del fiume Po, con imponenti fenomeni di sovralluvionamento al suo sbocco in pianura. Vennero inondate vaste aree: tra la cascina Cessole di Revello e la confluenza del Pellice; tra gli abitati di Lombriasco Pancalieri Casalgrasso e Borgo Mercato di Moncalieri. A Carignano si ebbe il taglio di un ampio meandro con riduzione della lunghezza dell'alveo del Po di circa 6 km. Si registrarono danni anche lungo Grana, Maira e Varaita, quest'ultimo a Scarnafigi causò il crollo di un edificio. In area alpina, infine, le valli più colpite dall'evento furono soprattutto la Val Pellice e Chisone (a Prarostino una frana uccise due persone).

1951 - 10-12 novembre: questo evento colpì estesamente tutta la pianura Padana, a partire dal Piemonte centro orientale. Il Po, a valle della confluenza con il Ticino, superò tutte le altezze idrometriche, nonostante

le numerose rotte arginali. Il primo corso d'acqua che dette un sostanziale contributo alla piena del Po fu il Sesia che, con i suoi affluenti, inondò vaste aree della pianura vercellese. Danni si registrarono in Val Sesia, in valle Cervo e Sessera, nelle valli ossolane sia per processi associati ai corsi d'acqua che per frane. Per frana ci furono anche delle vittime: a Cellio per il crollo di un'abitazione (2 morti), a Borgosesia (una vittima), a Crevoladossola (distrutte alcune case, 4 vittime). In provincia di Torino le piene della Stura di Lanzo, del Malone e dell'Orco causarono danni soprattutto in pianura, mentre nel bacino della Dora Baltea danni si segnalavano già a partire da Carema, fino alla confluenza in Po. Tutto il Piemonte centro meridionale fu interessato dall'evento alluvionale. Lungo i rilievi collinari si innescarono numerose frane (due vittime a Santo Stefano Belbo per una frana che coinvolse l'ospedale), mentre i corsi d'acqua (in particolare Belbo, Tanaro e Scrivia) esondarono in molti punti.

1957 - 13-16 giugno: quest'evento colpì soprattutto l'area compresa tra la Dora Baltea e la valle Gesso. I danni più gravi si ebbero nei bacini montani delle province di Cuneo e Torino. Per le valli Susa, Stura di Demonte, Maira e Varaita, questo episodio rappresenta a tutt'oggi, a quasi quarant'anni di distanza, il più grave verificatosi in questo secolo. I corsi d'acqua sia maggiori che minori alluvionarono interi abitati, con vistosi processi di trasporto in massa e di modellamento fluviale lungo i fondo valle. Molti comuni della Val di Susa furono colpiti, alcuni gravemente: Cesana Torinese (piena torrente Ripa); Oulx, invaso dalla Dora Riparia e dai detriti trasportati da molti tributari minori; Chianocco, per alluvionamento del Prebech e della Dora. Nelle altre valli, tra i comuni più colpiti sono da segnalare: Acceglio, alluvionato per la quasi totalità dal Maira; Argentera, alluvionato dalla Stura di Demonte; Pontechianale, per il torrente Varaita di Chianale e per alcuni suoi tributari minori; Sampeyre dal Varaita; Borgata Sestriere dal Chisonetto. Anche i bacini compre-

si tra la Stura di Lanzo e la Dora Baltea vennero interessati dall'evento, ma più marginalmente.

1968 - 2 novembre 1968: questo evento colpì le province di Vercelli, Biella, Novara, del Verbano-Cusio-Ossola ed il Piemonte centrale (parte delle province di Cuneo-Asti-Alessandria). Per il Biellese, in particolare per la Valle Strona e la Val Sessera si trattò di un evento catastrofico. Esso fu provocato da precipitazioni a carattere temporalesco succedutesi a precipitazioni prolungate. Ciò determinò l'innescarsi di migliaia di frane per colata e di violenti fenomeni di trasporto in massa lungo i corsi d'acqua. I danni furono terribili, soprattutto per la Valle Mosso. I morti furono quasi un centinaio, la maggior parte dei quali si contò in Valle Mosso.

L'ossolano venne diffusamente colpito ed anche a Piedimulera per un trasporto in massa venne distrutta un'abitazione e si registrarono 8 morti. Il Lago Maggiore inondò parte degli abitati di Arona, Meina, Intra, Verbania e Pallanza. Il Lago d'Orta inondò parte degli abitati di Orta San Giulio e Omegna. Nelle pianure vercellese e novarese le inondazioni furono estese. Per il Vercellese questo è stato sicuramente il più grave evento di quest'ultimo secolo. La seconda area colpita fu il Piemonte centro meridionale, dove esondarono molti dei corsi d'acqua compresi tra il Tanaro ed il Bormida. Il bacino più colpito fu quello del torrente Belbo. Danni gravi si registrarono soprattutto nel tratto medio basso della valle.

1972 - Tra febbraio e marzo i rilievi collinari del Bacino Terziario Ligure Piemontese furono interessati da notevoli precipitazioni con l'innescarsi di numerose frane sia di tipo colata nei terreni di copertura, sia coinvolgenti le serie sedimentarie del substrato. L'area maggiormente colpita da movimenti gravitativi fu la Langa. Interi versanti vennero interessati da frane di tipo scivolamento planare: Il movimento più vasto

si verificò sul versante su cui sorge la frazione Altavilla di Somano (circa 10.000.000 m³). Si registrarono anche piene lungo numerosi corsi d'acqua collinari: la Stura di Val Cerrina, il Meletta, il Tepice, il Banna di Santena, il Bobore, il Versa, il Tinella e molti corsi d'acqua minori.

1977 - Tra il 18-20 maggio il bacino del Pellice-Chisone e, in misura minore l'alto Po, furono colpiti da un grave evento alluvionale. In pianura per il torrente Pellice l'estensione delle aree inondate coincide con la massima riportata nella Carta delle Aree Inondate (Banca Dati Geologica della Regione Piemonte). L'alveo del torrente dopo l'evento, a valle della confluenza con il Chisone, risultava notevolmente ampliato. Nelle Valli Chisone, Pellice, Germanasca molti torrenti dettero luogo a processi di trasporto in massa, con danni a numerosi edifici. Durante questo evento il vasto movimento gravitativo di Perrero si riattivò lesionando numerosi edifici. Infine da segnalare il taglio di meandro verificatosi lungo il fiume Po, nei pressi di La Loggia, in località Ceretto.

1977 - 11 ottobre: vennero interessate da quest'evento le valli del bacino del Sesia e ossolane ed il Piemonte sud orientale. Particolarmente colpita fu tutta la pianura alessandrina: oltre ventimila ettari di terreno vennero inondati dalle acque di Bormida Orba e Scrivia. I Comuni maggiormente colpiti furono Tortona (dove si registrarono anche 4 vittime per la piena del T. Ossoa) ed Ovada. La zona tra Alessandria e Spinetta Marengo venne inondata dal Bormida, mentre a Bassignana si registrarono allagamenti associati al Po. Nei bacini compresi tra il Bormida ed il Torrente Scrivia molti dissesti furono causati da frane.

Danni ingenti si registrarono anche lungo tutta la valle Scrivia. A Serravalle Scrivia per una frana crollarono degli edifici (3 morti). Ad Incisa Scapaccino per la piena di un tributario minore del Belbo si registrò un morto.

1978 - I giorni 7 ed 8 agosto si verificò uno dei più gravi eventi alluvionali di questo secolo per l'ossolano ed, in particolare per i bacini del Melezzo Orientale ed Occidentale, dell'Anza, del Toce tra le confluenze dell'Anza e del Melezzo Occidentale. In misura minore, ma con danni diffusi, venne interessato il bacino del Sesia e dei suoi affluenti: il bacino del Mastallone; del Sermenza e dell'Alto Sesia, a monte del comune di Scopello. I danni maggiori vennero causati da processi associati ai corsi d'acqua, piene torrentizie e trasporti in massa. Si segnalano tuttavia anche numerosi movimenti gravitativi per colata e crollo. A Cosasca di Trontano una frana causò la distruzione di un edificio e la morte di due persone. Molti edifici vennero distrutti anche dall'attività dei corsi d'acqua. In Località Pontegrande di Bannio Anzino, per un trasporto in massa lungo un affluente sinistro dell'Anza, si registrò una vittima; Altre vittime per trasporti in massa furono segnalate a Toceno (tre morti), a Orcesco (2 morti).

1981 - 31 marzo - 1 aprile: fu un evento alluvionale che colpì soprattutto i corsi d'acqua alpini della provincia di Torino, tra il bacino del torrente Pellice e della Dora Baltea. La valle più estesamente colpita fu la Val Susa, dove i danni furono causati soprattutto dai corsi d'acqua, per inondazione e alluvionamento, e da frane nei terreni di copertura. Nell'area compresa tra la Dora Baltea e Riparia vennero interessati soprattutto i bacini «prealpini» del Malone, Fandaglia, Viana, Tesso.

1987 - Tra il 13 e il 26 agosto una serie di violenti nubifragi colpì le valli alpine comprese tra la Valle Orco e le valli ossolane, determinando l'innescarsi di ingenti piene torrentizie lungo i corsi d'acqua. Tra i comuni più colpiti è da segnalare il comune di Crodo. Venne anche colpita la porzione sud occidentale della provincia di Alessandria (bacino del T. Bormida).

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

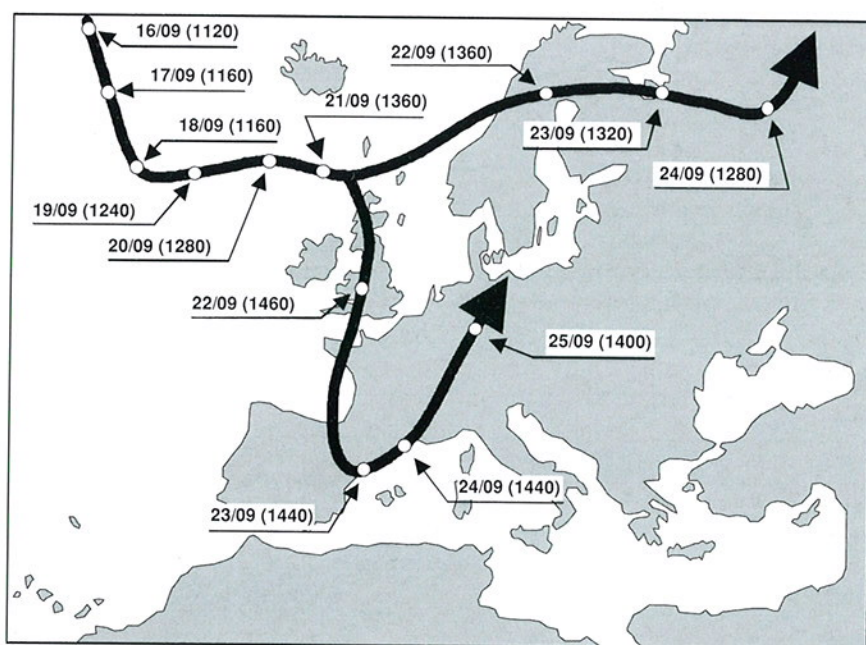


FIGURA 1 - Traccia dei centri depressionari nei giorni dal 16 al 25 settembre 1993 (tra parentesi la quota della superficie a 850 hPa).

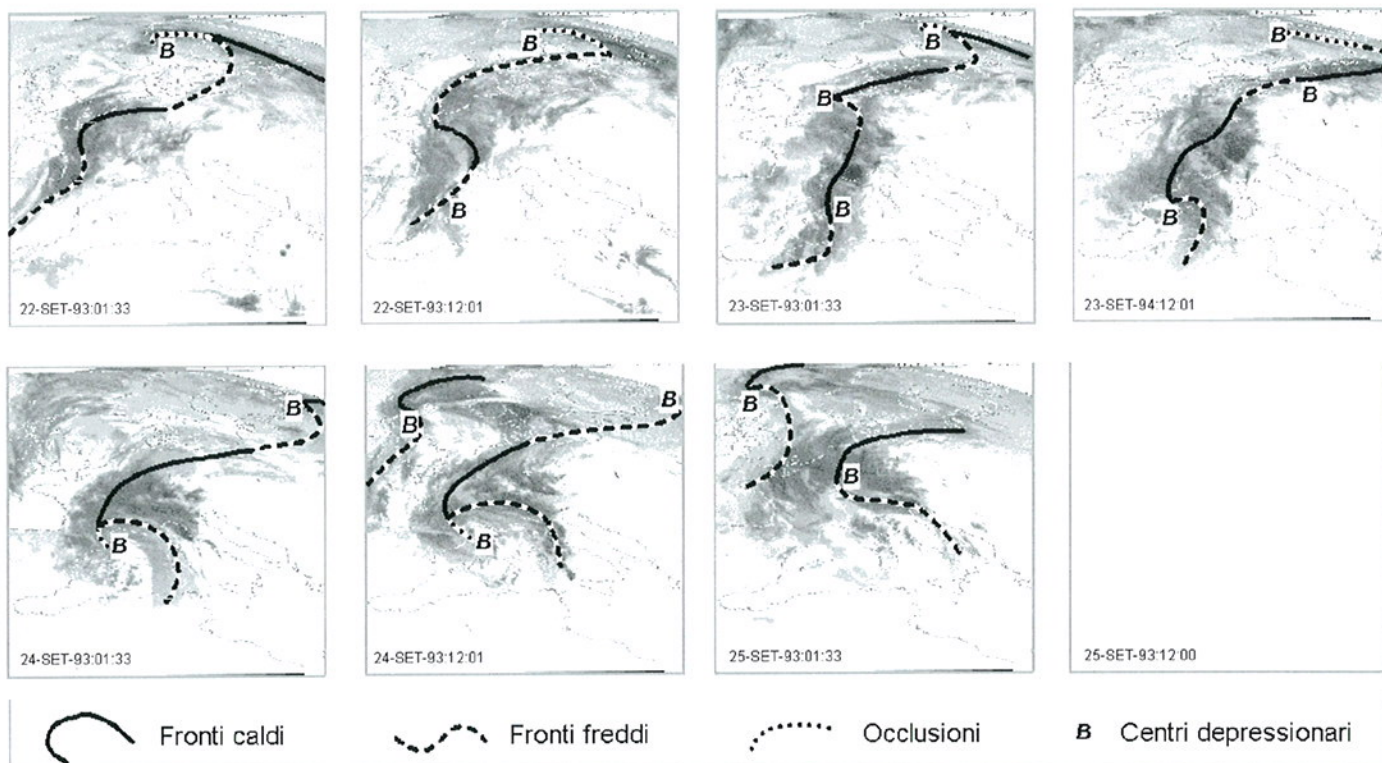


FIGURA 2 - Mappe meteosat dei giorni 22, 23 e 24 settembre 1993.

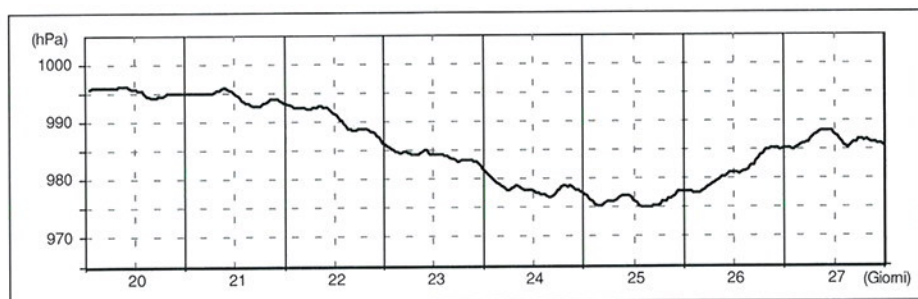


FIGURA 3 - Pressione atmosferica nei giorni 20-27 settembre 1993 a Torino.

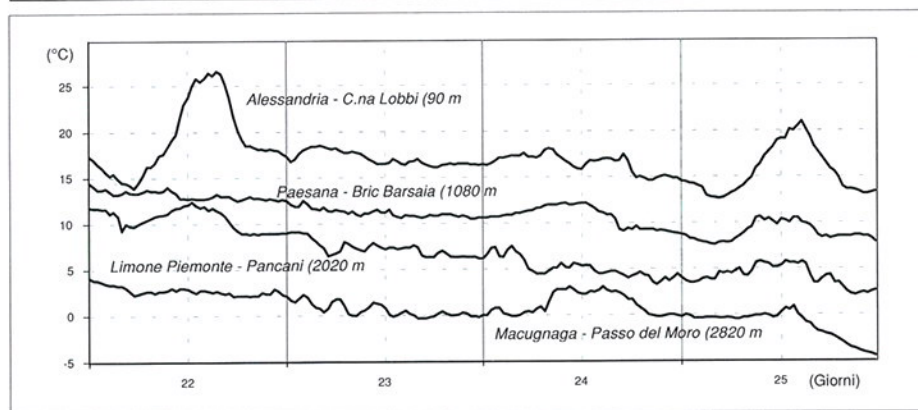


FIGURA 4 - Temperatura dell'aria a differenti altitudini nei giorni 22-25 settembre 1993.

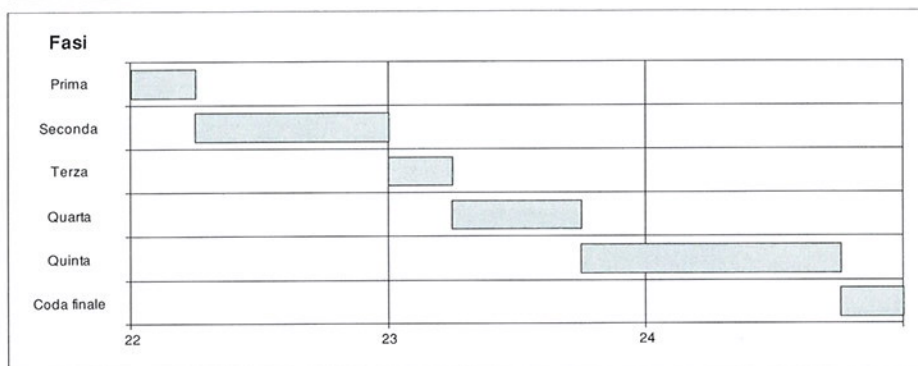


FIGURA 5 - Sequenza delle fasi dell'evento nei giorni 22-24 settembre 1993.

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 Ruggerina (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 Frejus (1800 m slm)	0.0	0.0	45.0	32.4	11.8	0.6	0.0	89.8
BARDONECCHIA - Prerichard (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 Borgnia (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 Berton (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

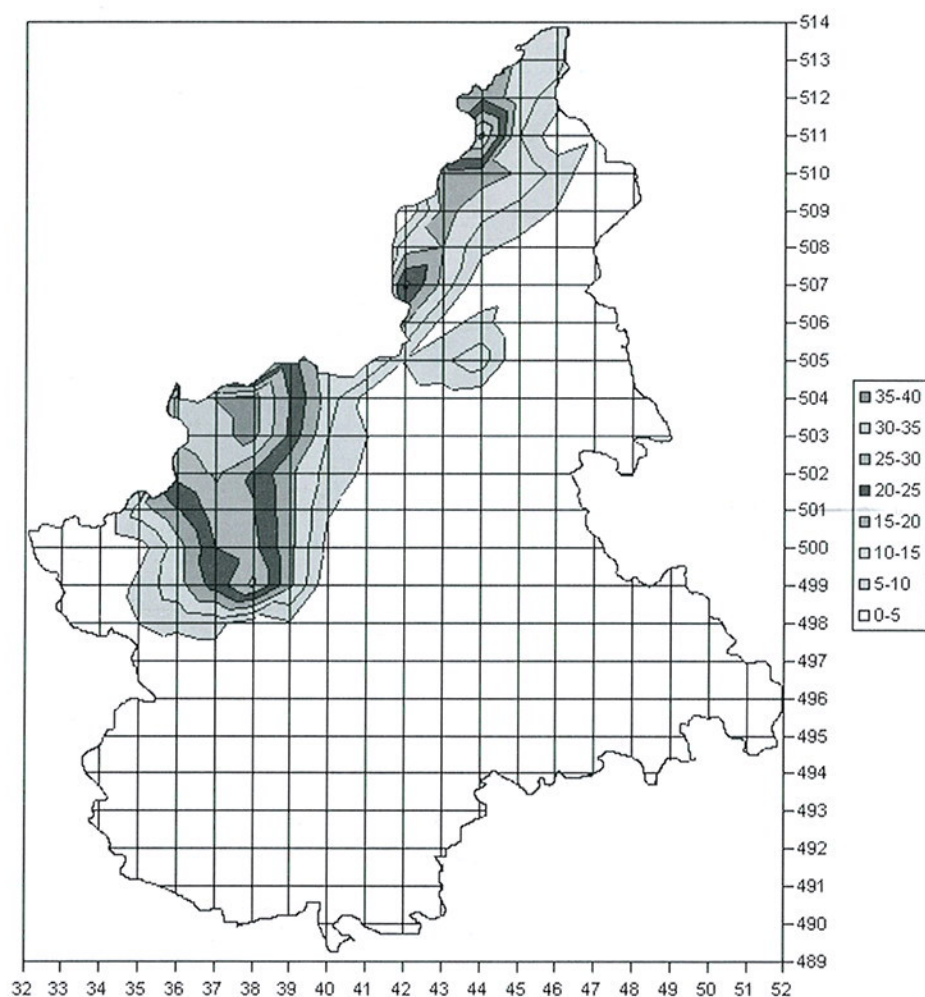


FIGURA 6 - Isoiete dalle ore 0:00 del 22/9/1993 alle ore 6:00 del 22/9/1993.

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).

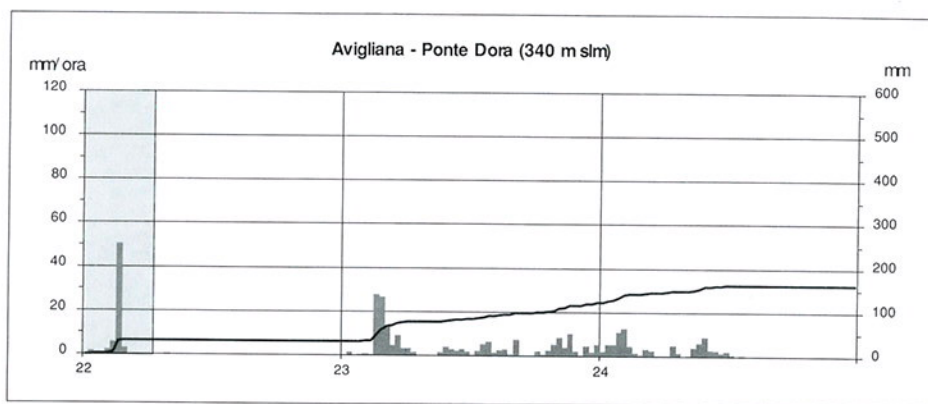


FIGURA 7 - Precipitazioni cumulative e intensità orarie nei giorni 22-24 a Avigliana - Ponte Dora (340 m s.l.m.m.). L'area evidenziata è quella corrispondente alla prima fase dell'evento.

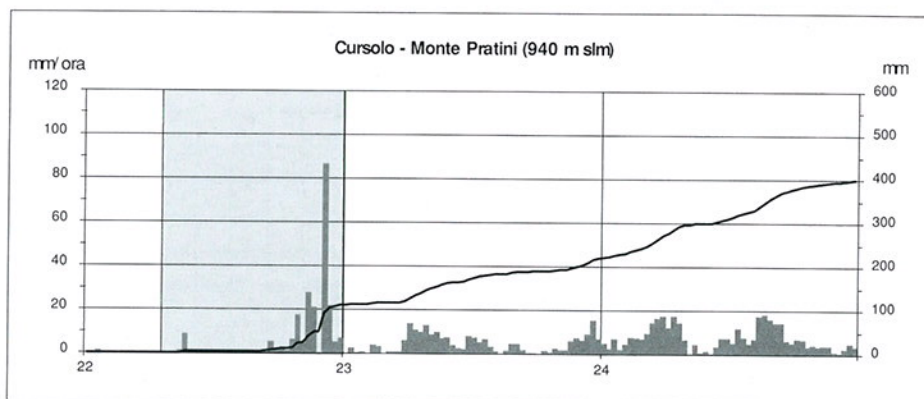
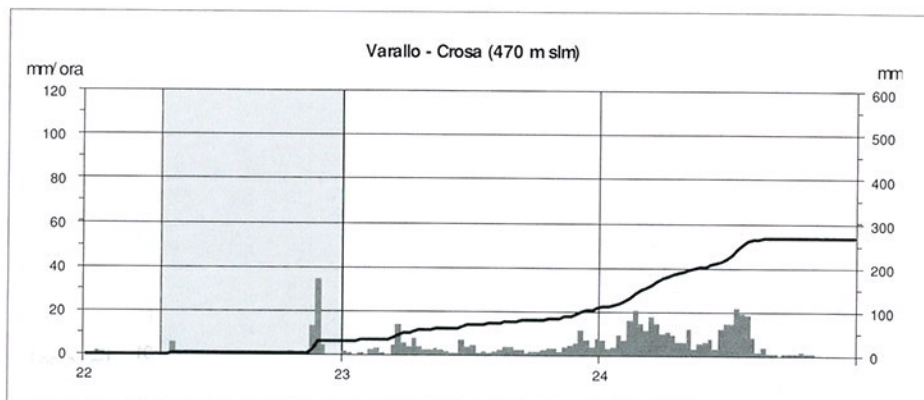
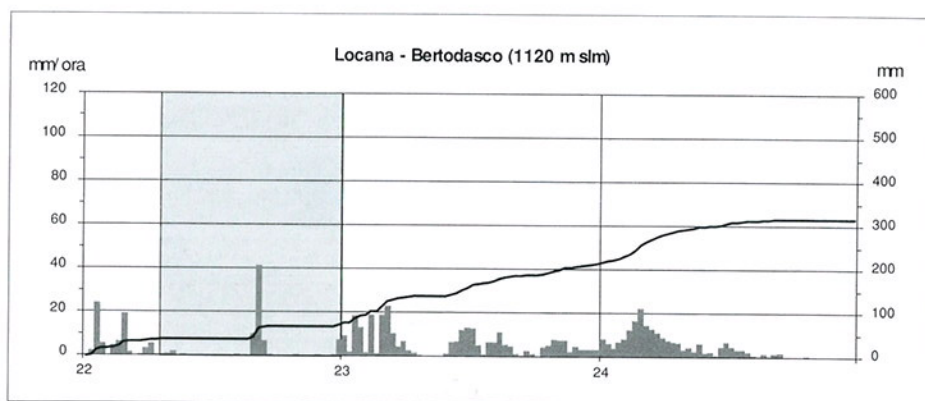


FIGURA 8 - Precipitazioni cumulative e intensità orarie nei giorni 22 - 24 settembre 1993 in stazioni della Valle Orco (Bertodasco), della Valle Sesia (Varallo) e dell'Ossola (Cursolo). L'area evidenziata è quella corrispondente alla seconda fase dell'evento.

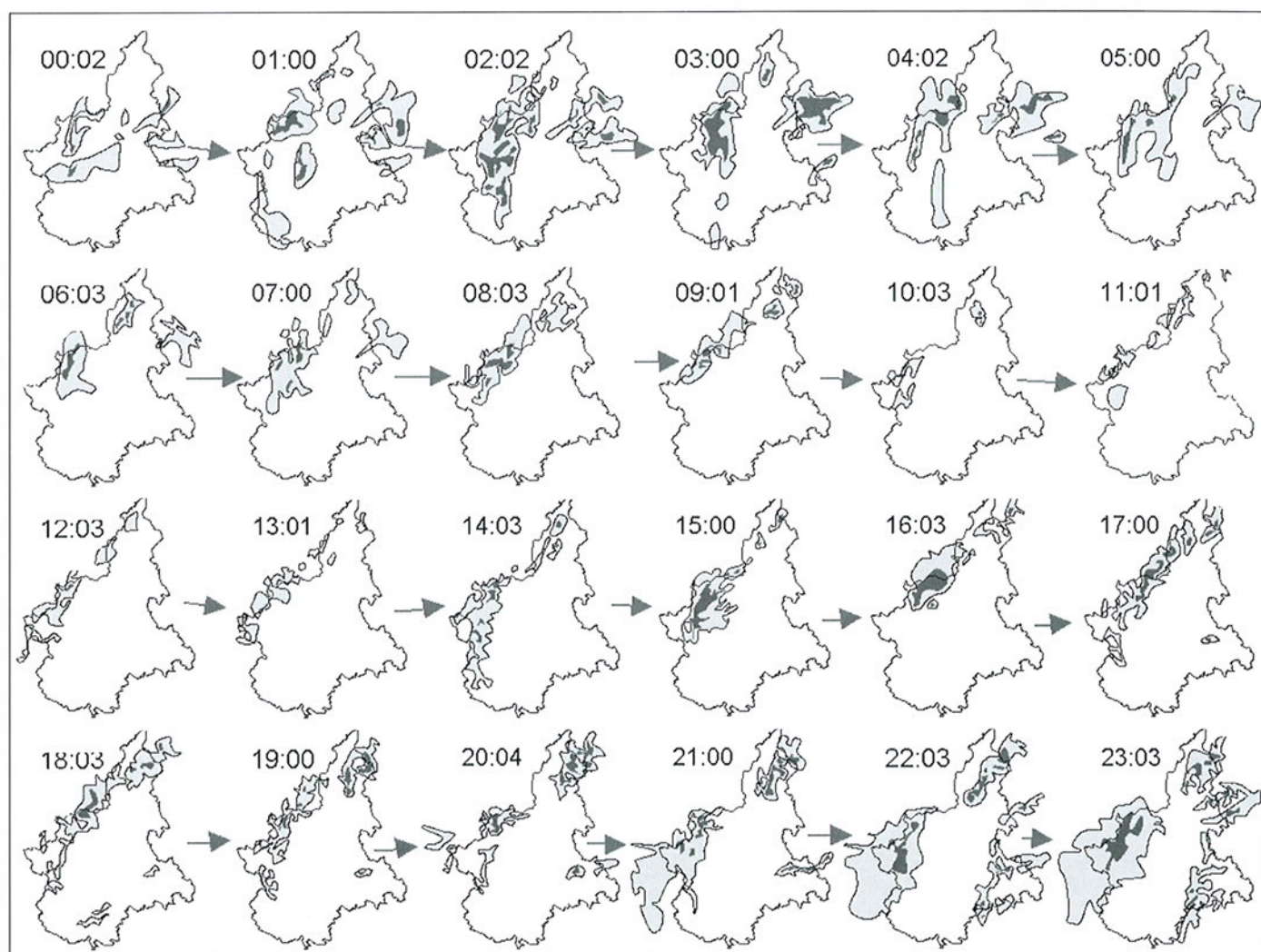


FIGURA 9 - Immagini radar del giorno 22 settembre 1993.

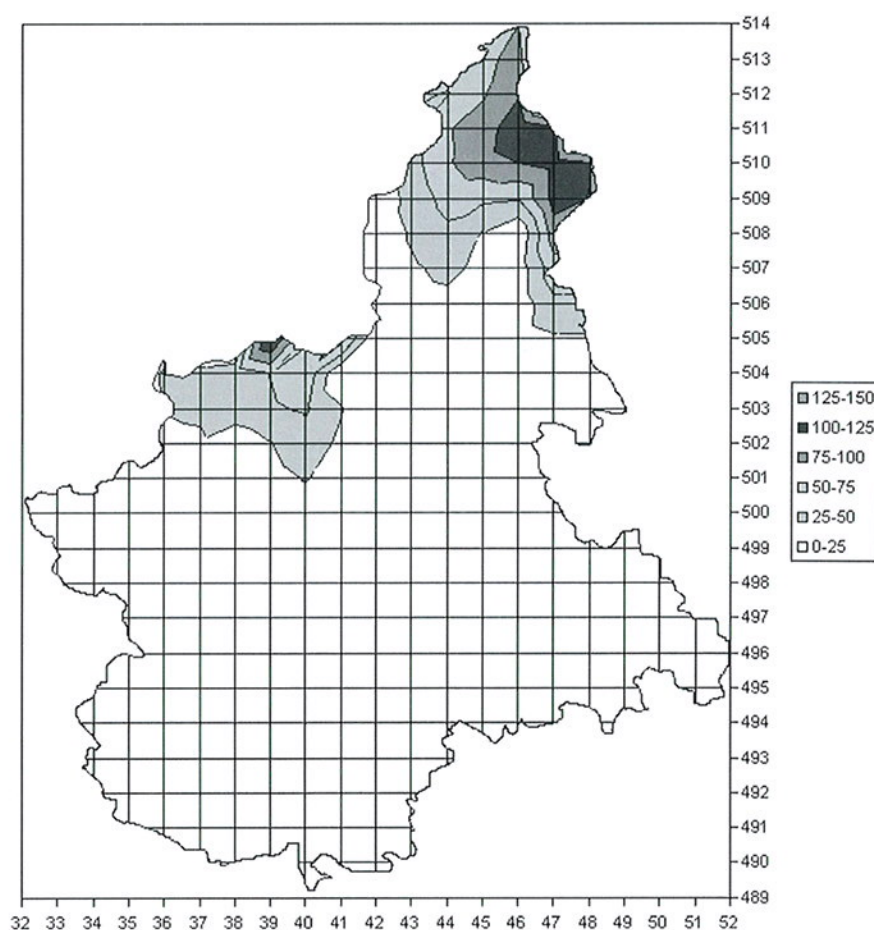


FIGURA 10 - Isoiete dalle ore 6:00 del 22 settembre 1993 alle ore 0:00 del 23 settembre 1993.

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.

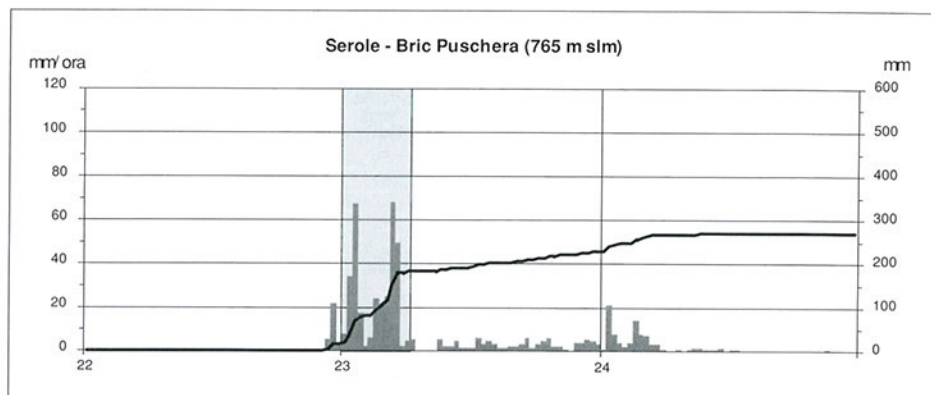
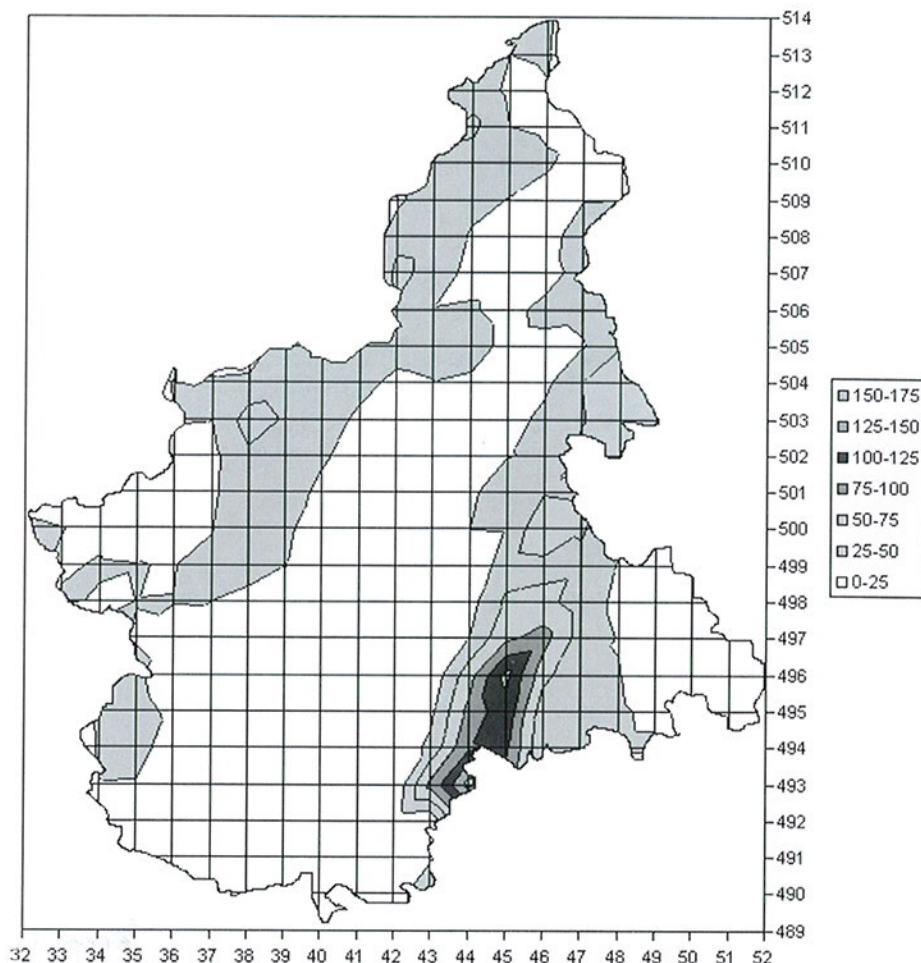


FIGURA 12 - Isoiete dalle ore 0:00 del 23 settembre 1993 alle ore 6:00 del 23 settembre 1993.



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'Ossola (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:

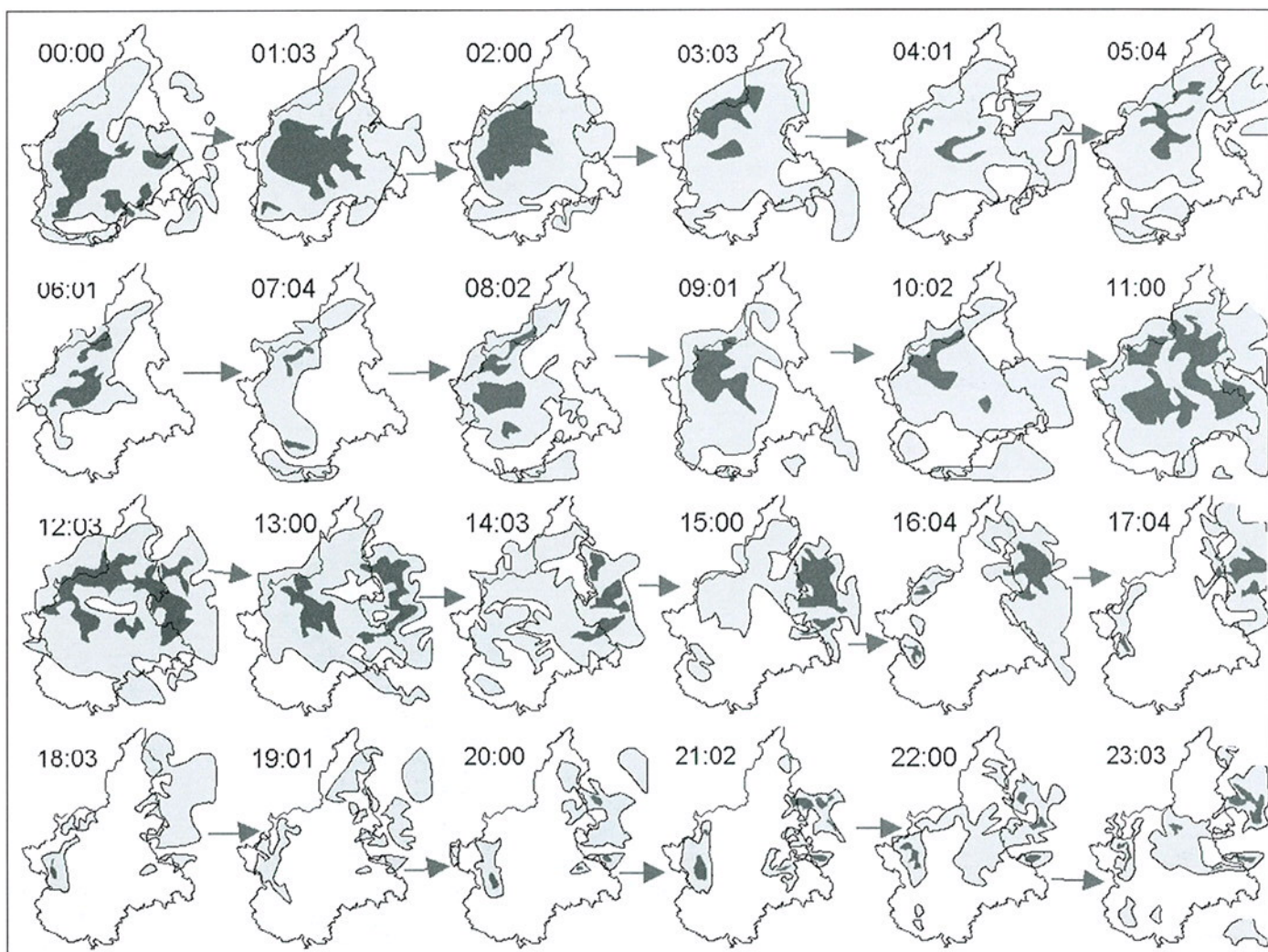


FIGURA 13 - Immagini radar del giorno 23 settembre 1993.

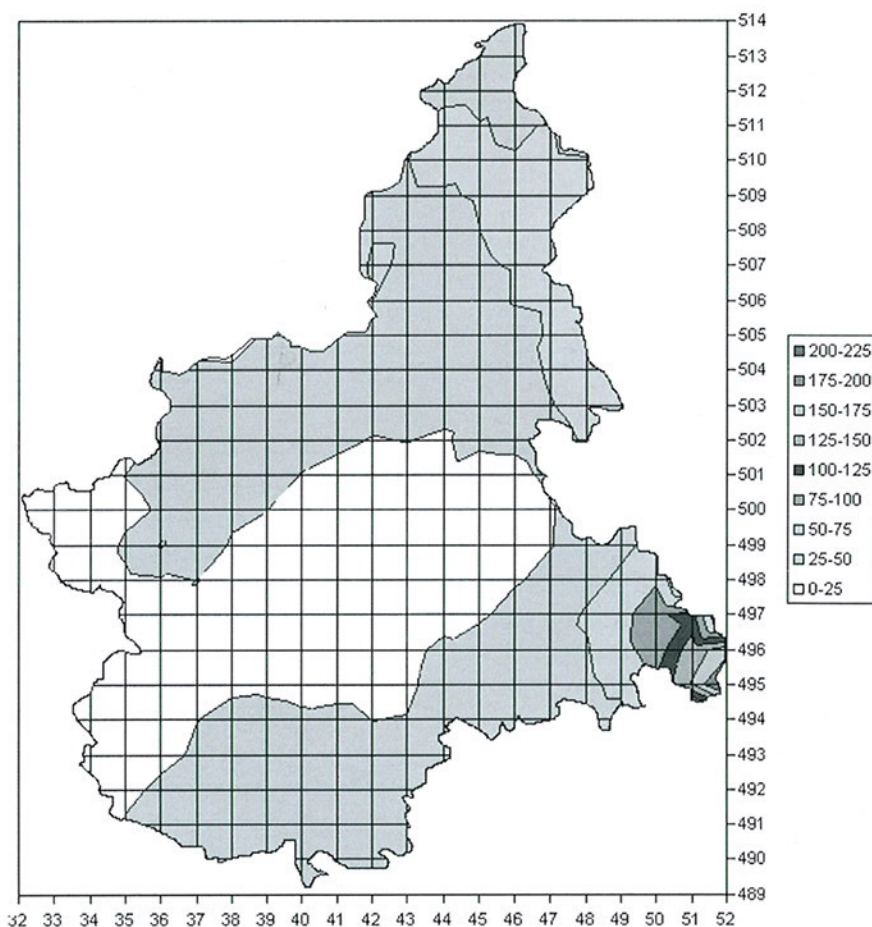


FIGURA 14 - Isoiete dalle ore 6:00 del 23 settembre 1993 alle ore 18:00 del 23 settembre 1993.

- 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 Ponzzone - 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-

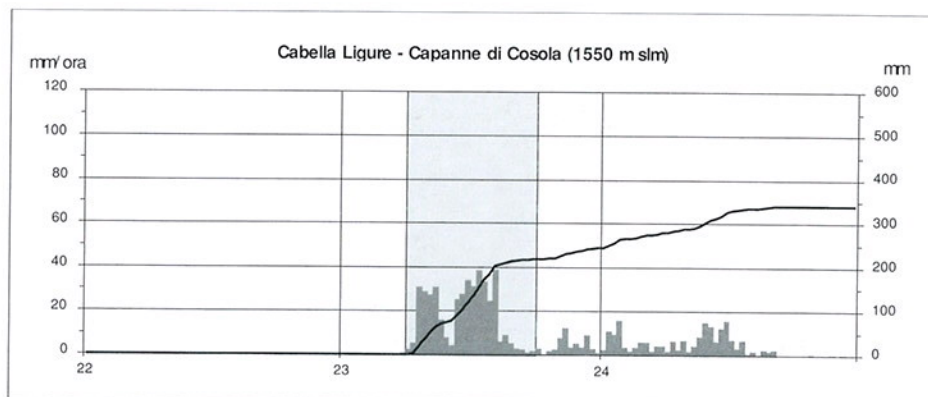


FIGURA 15 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22 - 24 settembre 1993 a Capanne di Cosola, in Valle Borbera. L'area evidenziata è quella corrispondente alla quarta fase dell'evento.

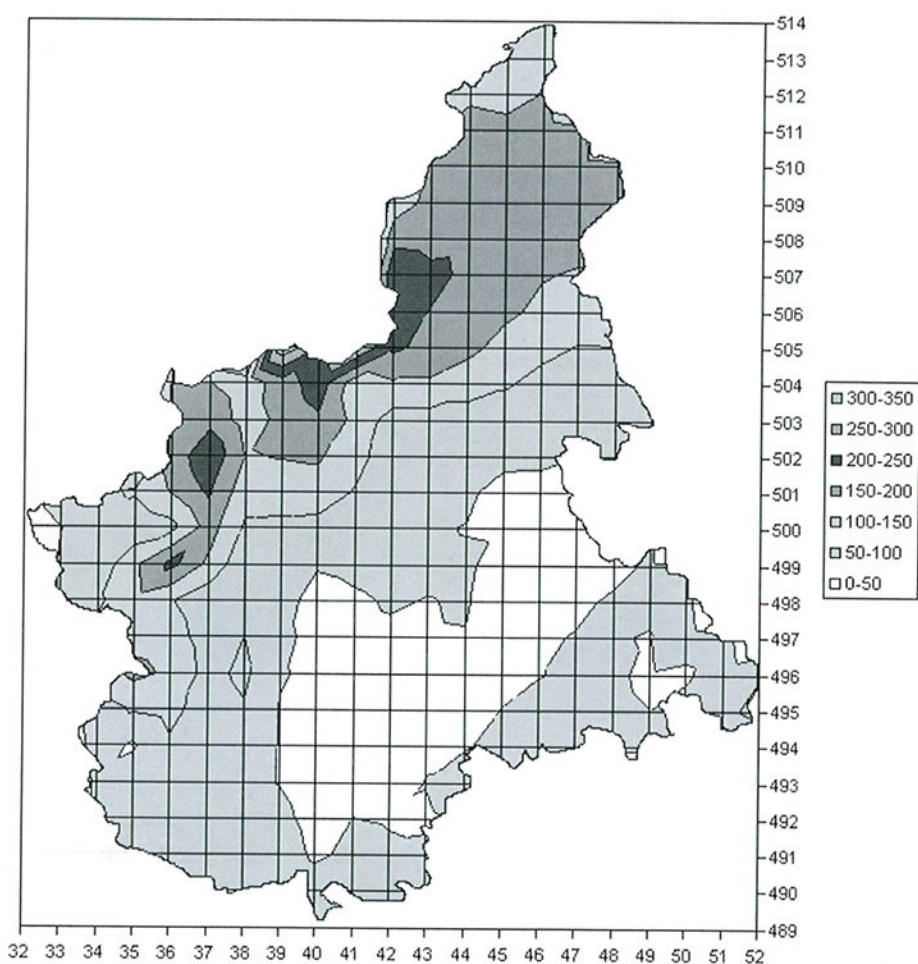


FIGURA 16 - Isoiete dalle ore 18:00 del 23/9/1993 alle ore 18:00 del 24/9/1993.

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-

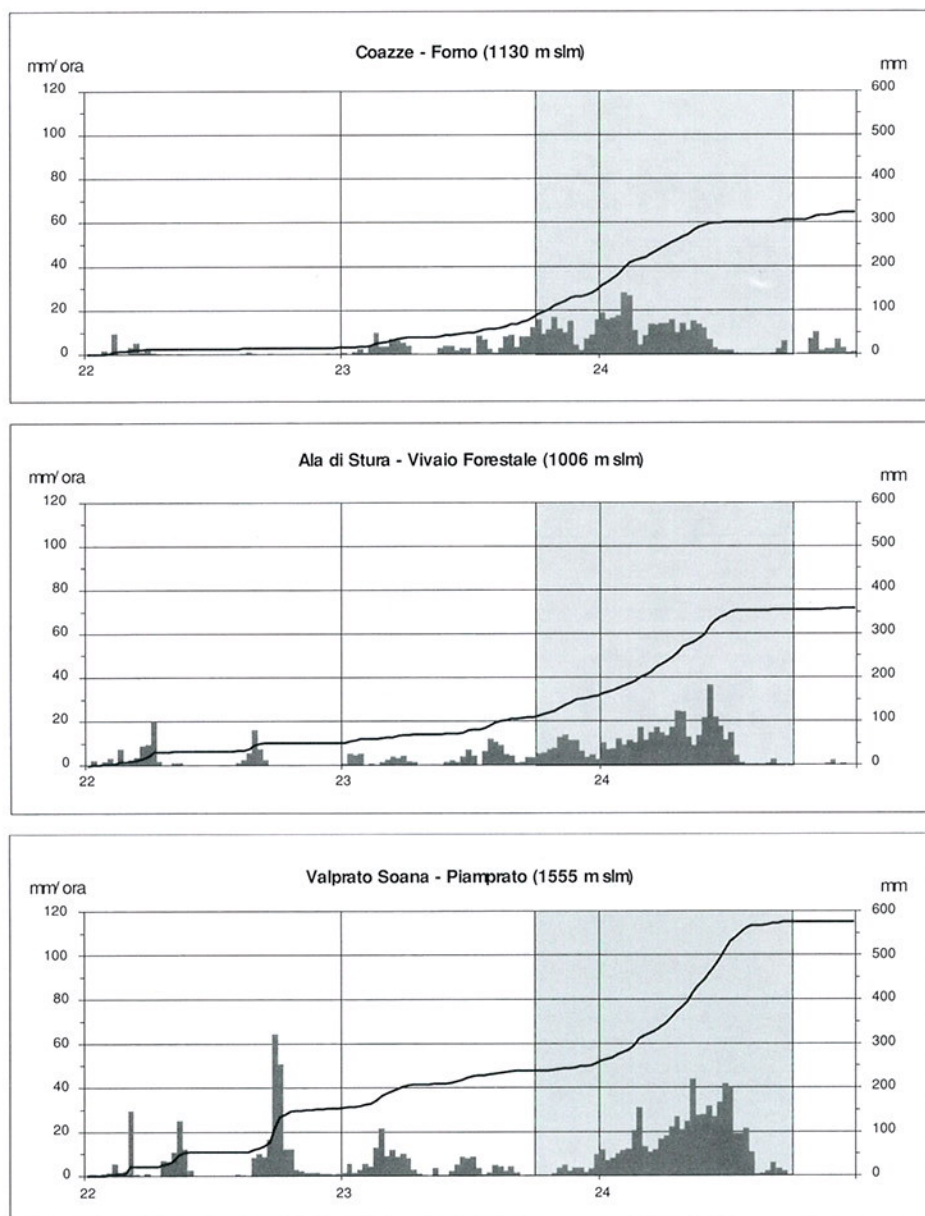


FIGURA 17 - Precipitazioni cumulate e intensità orarie nei giorni 22-24 in Val Sangone (Coazze), in Val d'Ala (Ala di Stura) e in Val Soana (Piamprato). L'area evidenziata è quella relativa alla quinta fase dell'evento.

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

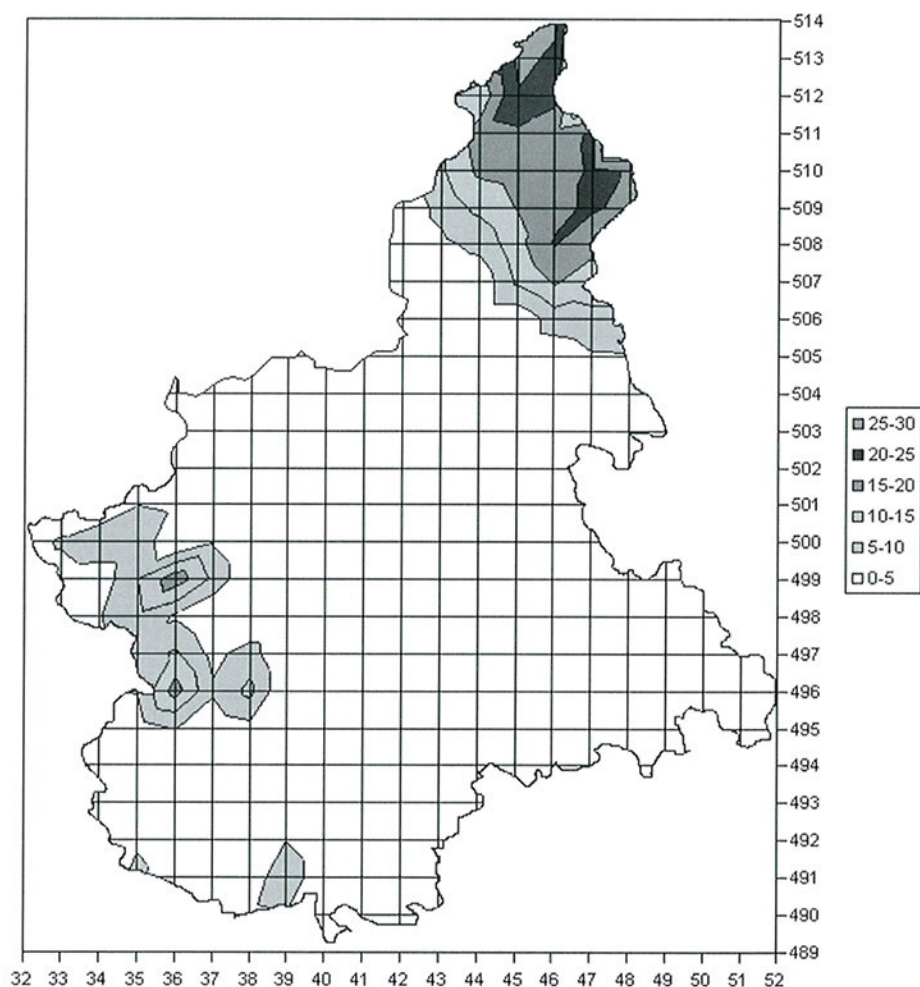


FIGURA 18 - Isoiete dalle ore 18:00 del 24 settembre 1993 alle ore 0:00 del 25 settembre 1993.

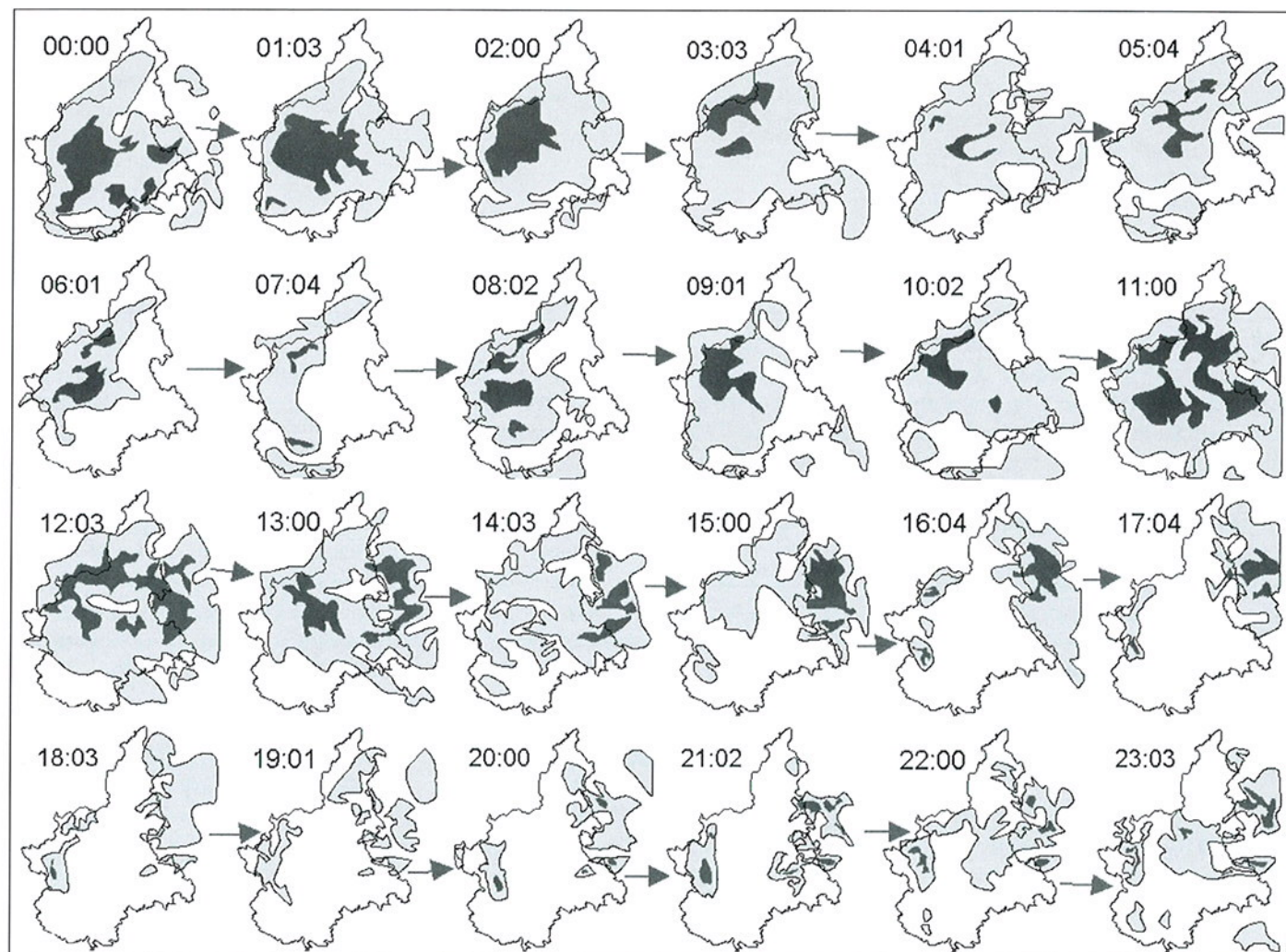


FIGURA 19 - Immagini radar del giorno 24 settembre 1993.

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.

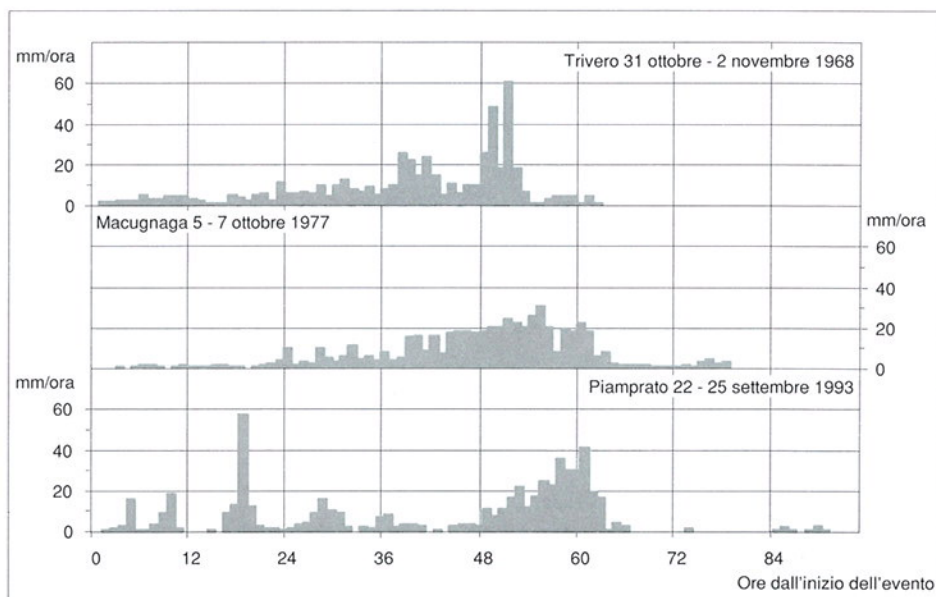
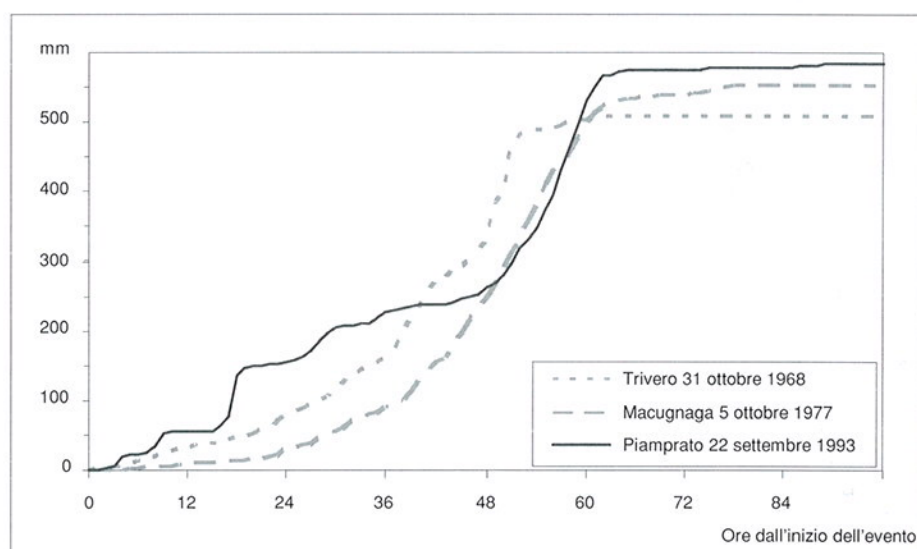


FIGURA 21 - Precipitazioni cumulate a Trivero nei giorni 31 ottobre - 2 novembre 1968, a Macugnaga nei giorni 5 - ottobre 1977 e a Piamprato nei giorni 22 - 24 settembre 1993.



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 scrosci 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 Melezza 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 Cardè	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
Melezza 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 Casalcemelli	773	3.0	16.0
Curone a Volpedo	206	0.2	11.0
Scrivia a Serravalle	605	4.5	17.0

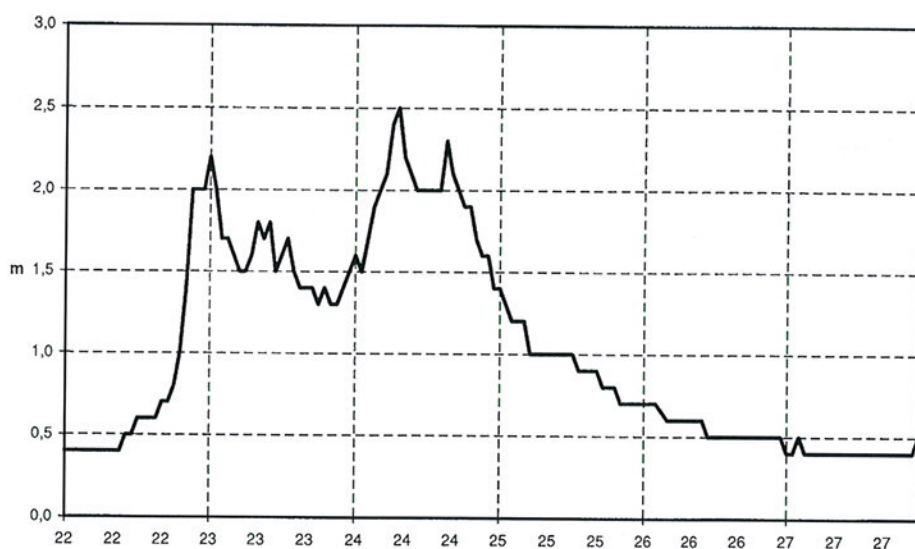


FIGURA 22 - Livello idrometrico del T. Melezza a Masera nei giorni 22-27 settembre 1993.

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.

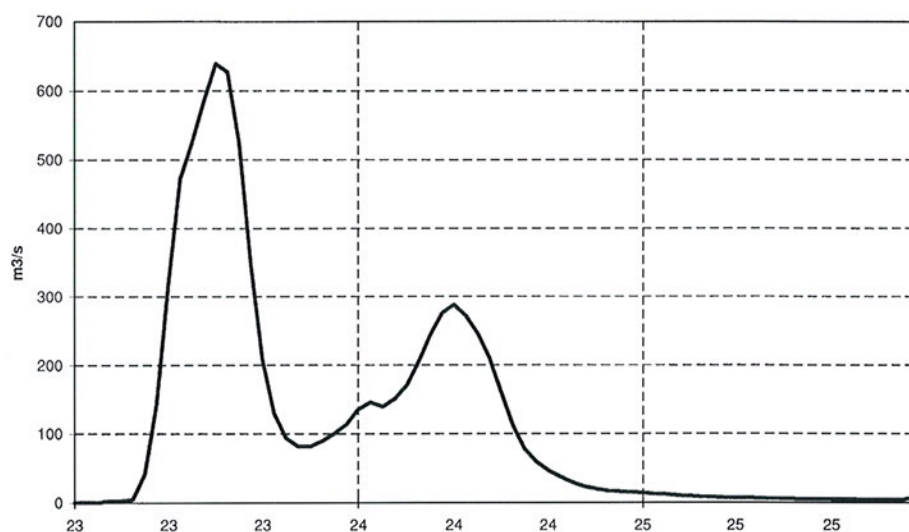


FIGURA 23 - Andamento delle portate del F. Belbo a Castelnuovo nei giorni 23-25 settembre 1993.

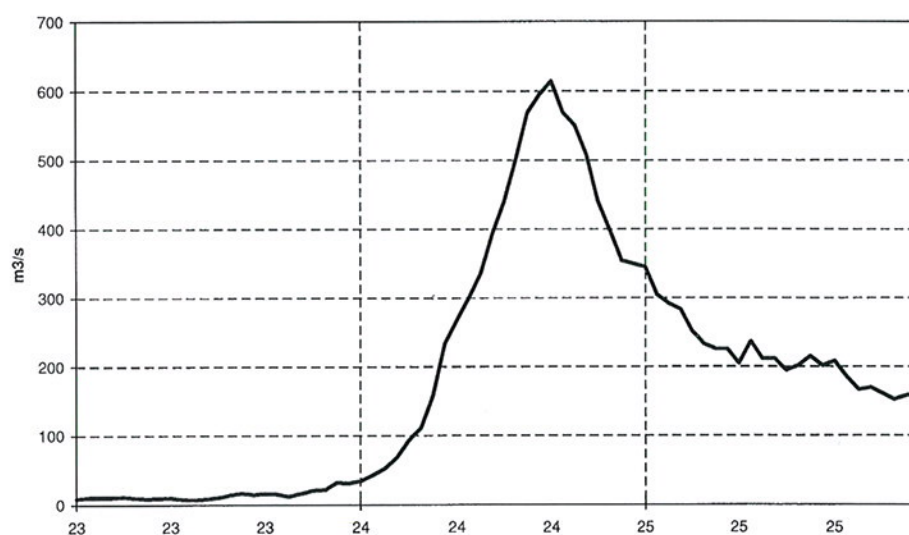


FIGURA 24 - Andamento delle portate del F. Tanaro ad Alba nei giorni 23-25 settembre 1993.

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-

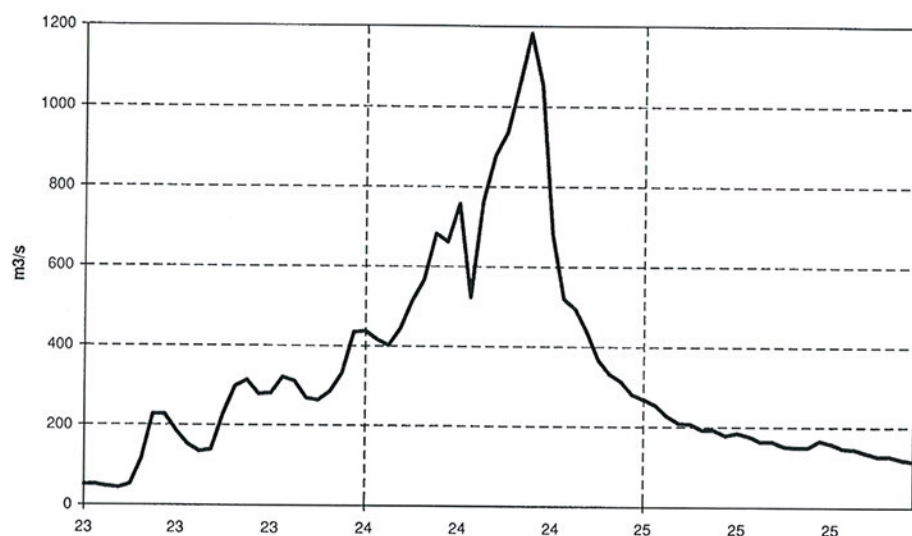


FIGURA 25 - Andamento delle portate del F. Stura di Lanzo a Lanzo nei giorni 23-25 settembre 1993.

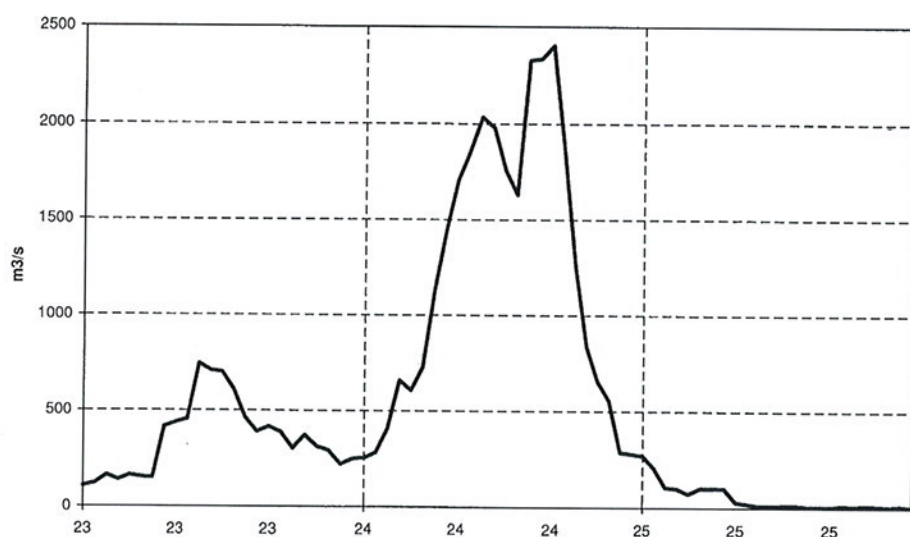


FIGURA 26 - Andamento delle portate del F. Sesia a Borgosesia nei giorni 23-25 settembre 1993.

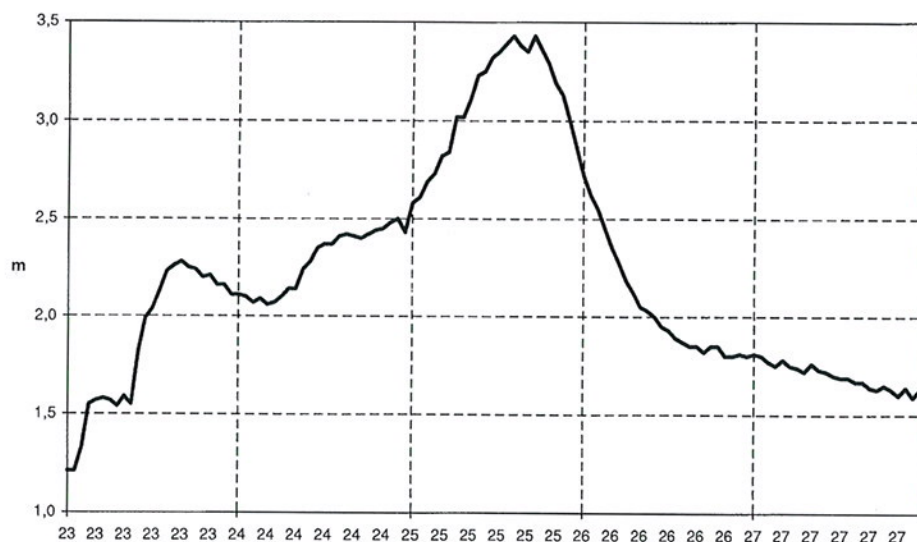


FIGURA 27 - Livello idrometrico del F. Dora Baltea a Borgo Revel nei giorni 23-27 settembre 1993.

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-

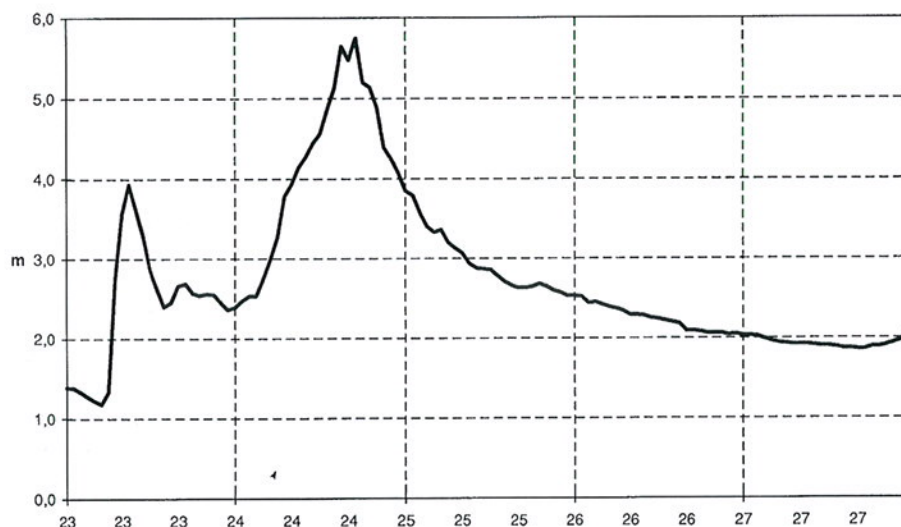


FIGURA 28 - Livello idrometrico del T. Orco a San Benigno nei giorni 23-27 settembre 1993.

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, 197⁷). Nel Belbo è stata misurata a Castelnovo 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 allorché 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 proposto 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 sottozone 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 sottozone allorché 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:

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

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 invenendo 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 corruzione;
- 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 conici 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 plano-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 urbanistiche 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 Cuorgnè, è stato rilevato alla scala 1/5000; il tratto di pianura, tra Cuorgnè 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 Castelnovo 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 Castelnovo 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

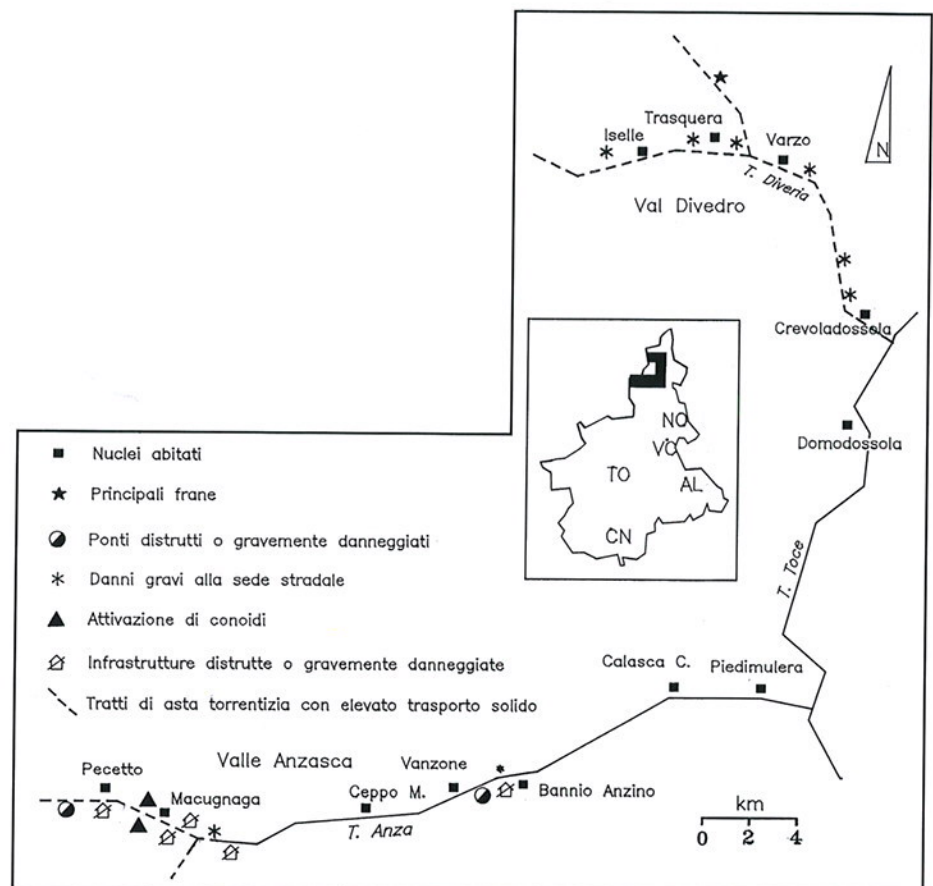


FIGURA 30 - Valli Divedro e Anzasca. Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.



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 sottoscarpa 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 concentratore 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 piede.

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.

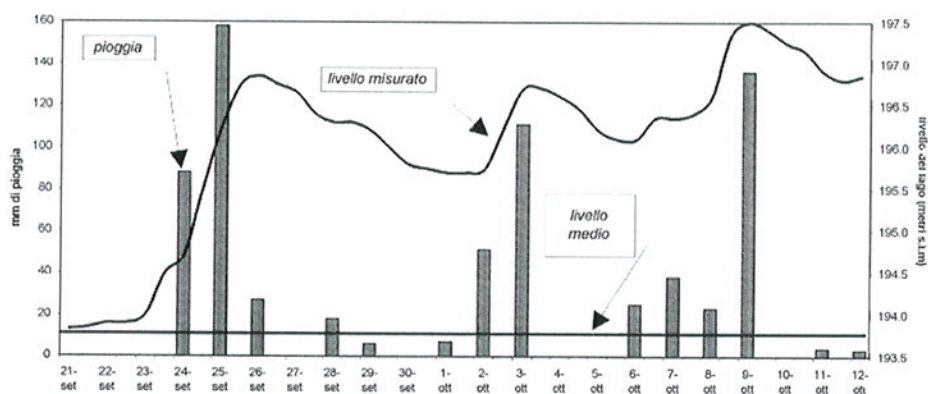


FIGURA 31 - Livello del Lago Maggiore e precipitazioni a Pallanza nel periodo settembre-ottobre.

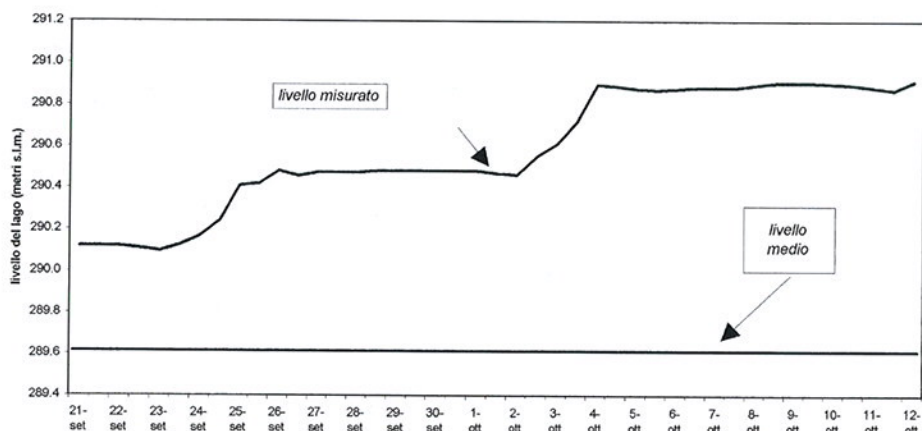


FIGURA 32 - Livello del Lago d'Orta nei mesi di settembre-ottobre.

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 tratteneva 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 imbrifera 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).

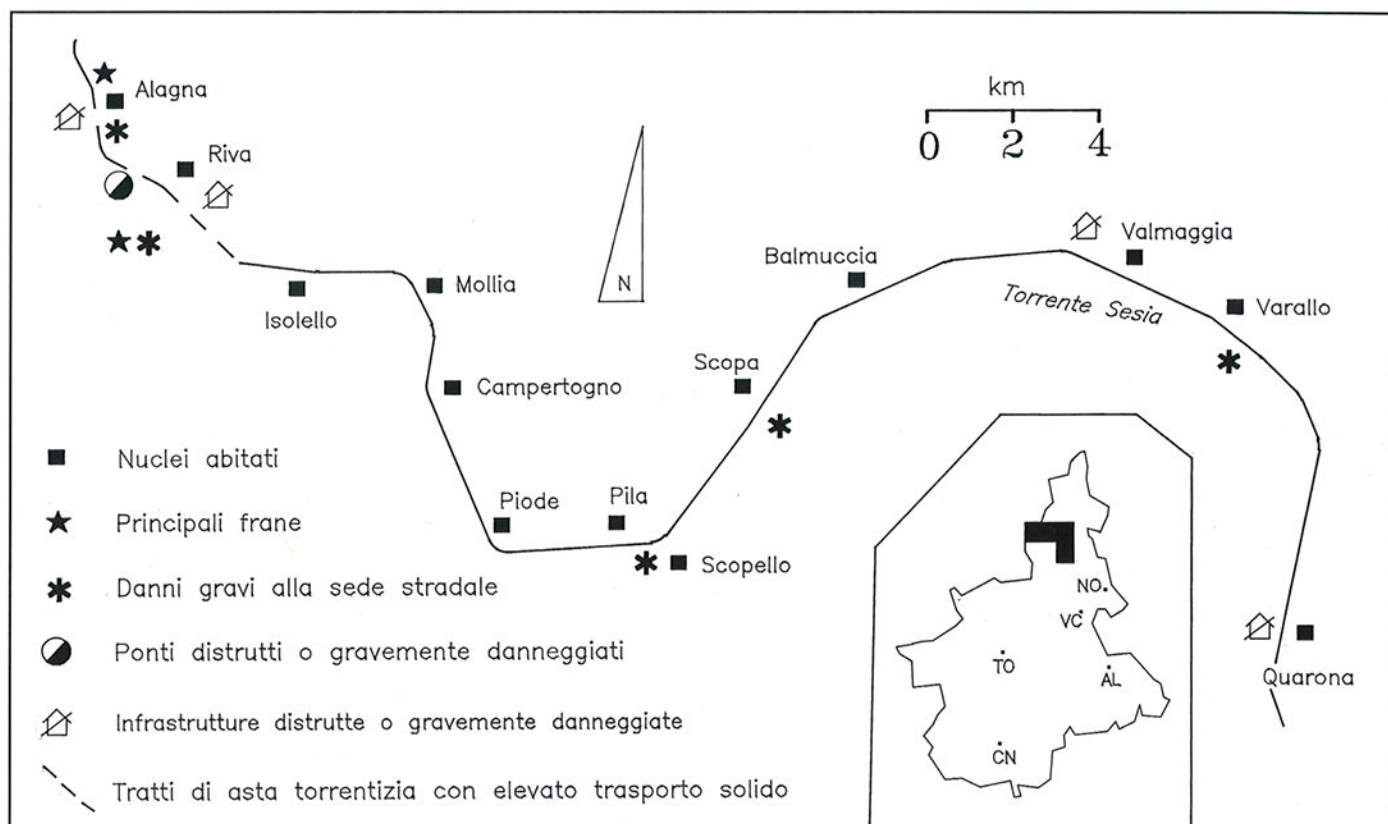


FIGURA 33 - Valle Sesia. Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

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 piano-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

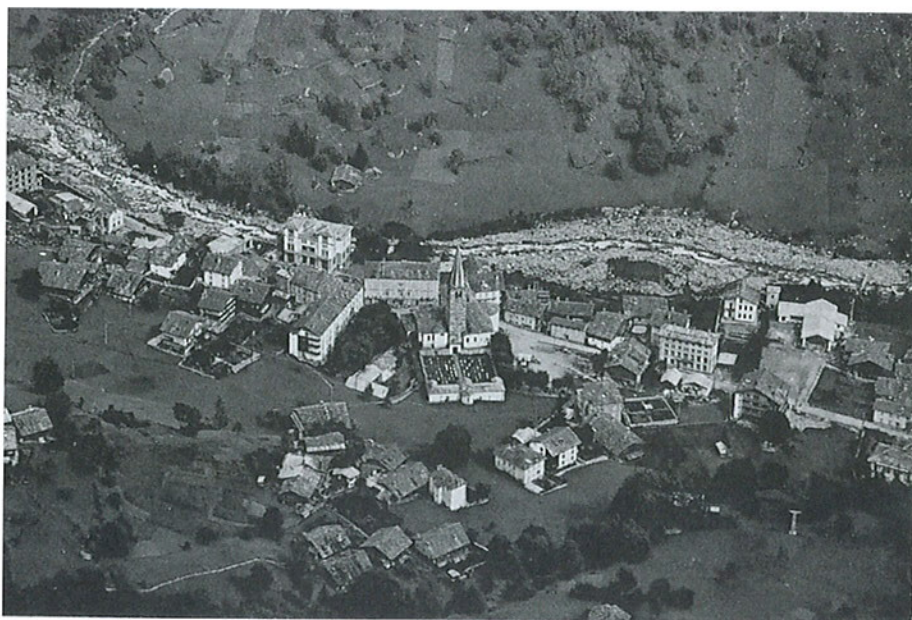
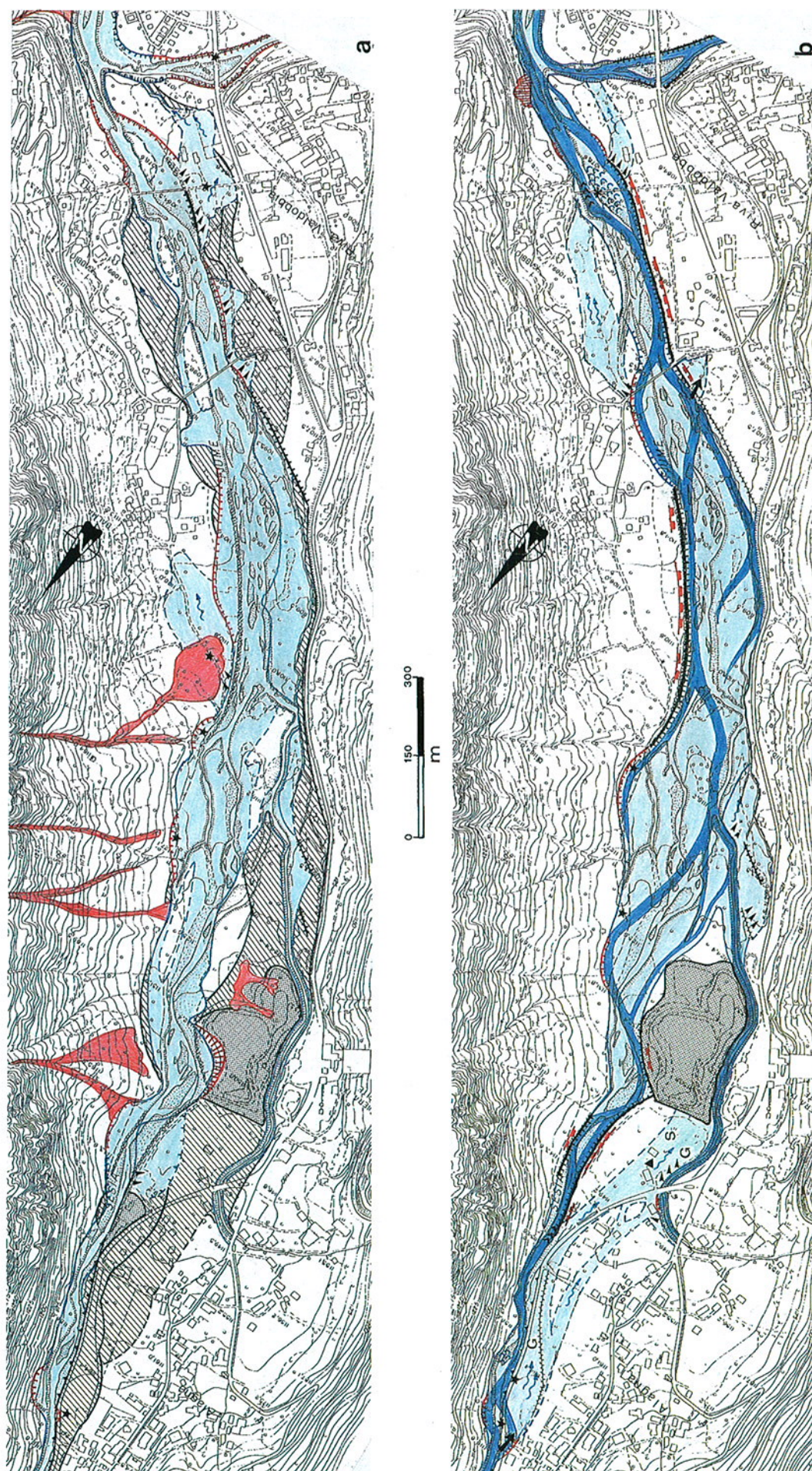


FOTO 8 - Alagna (VC), vecchia riproduzione, riferibile al periodo prebellico, dalla quale si osserva come l'alveo del Sesia fosse in quegli anni molto più largo dell'attuale.

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



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



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



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.



Scarpata 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).



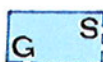
Principali luoghi di tracimazione.



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 differenziandosi 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 ridistribui 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 Isolello, 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 trascinamento 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 trascinamento 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.

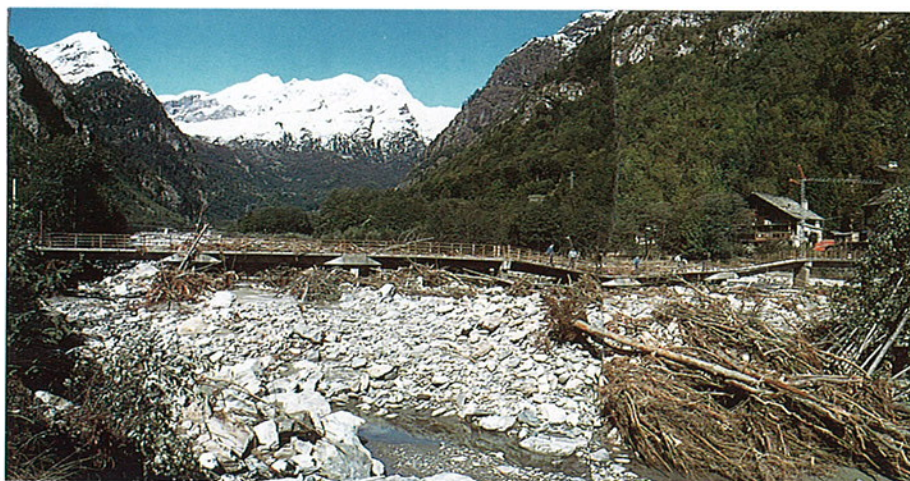


FOTO 13 - Vista da valle del ponte per Gabbio che ha sopportato l'impeto della piena funzionando da sbarramento in destra e consentendo il maggior deflusso delle acque in sinistra, che hanno causato l'abbassamento di una pila per erosione delle fondazioni.

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 deflui-



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.

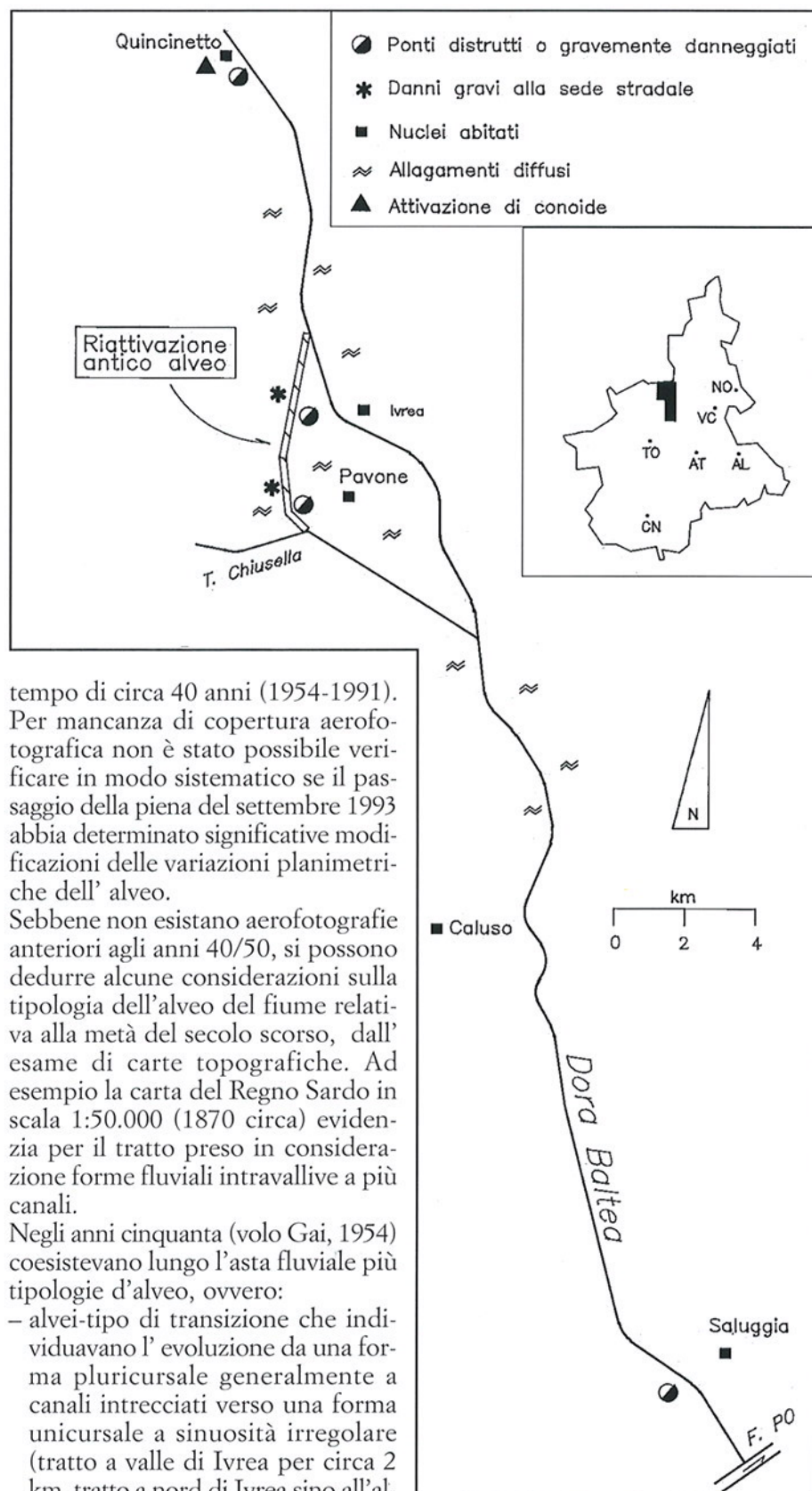
La piena della Dora Baltea del 23-24 settembre 1993 è stata sicuramente una delle più importanti di questo secolo.

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.

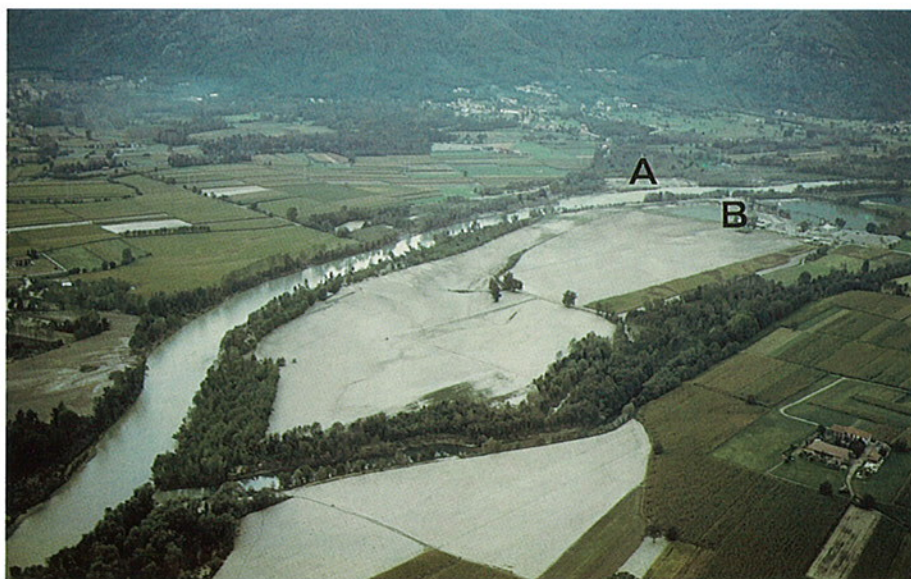


FOTO 20 - Comune di Montalto (TO): zone di esondazione delle acque che hanno estesamente inondato la piana a nord di Ivrea. Il punto A indica la zona di brusca variazione dell'andamento dell'alveo, in corrispondenza della quale si sono manifestati processi erosivi ed accentuate esondazioni. Il punto 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 Monestrutto, 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'edificio 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 Loranze), 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, sommergendo 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

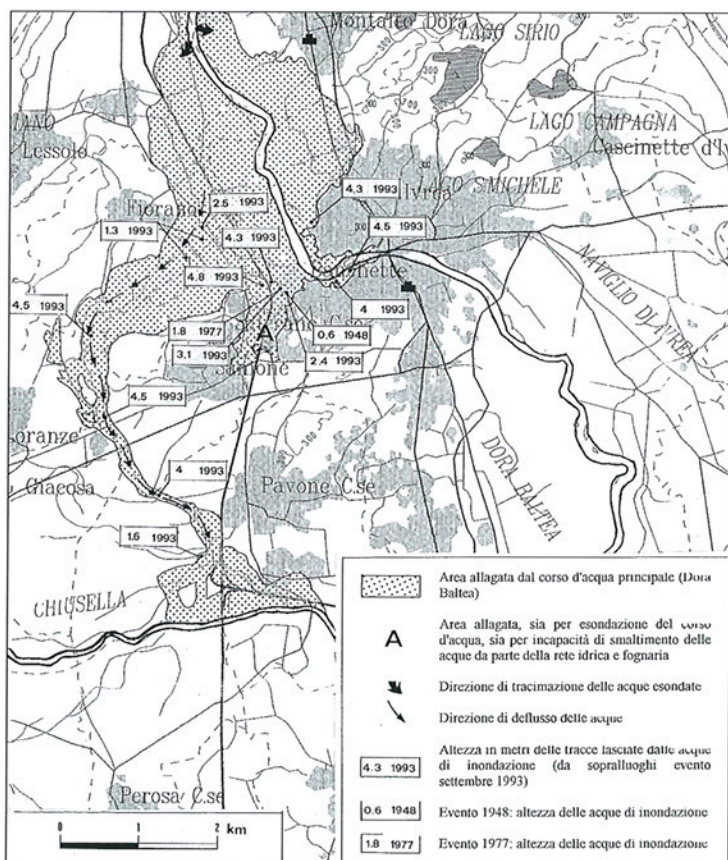


FIGURA 36 - Carta delle inondazioni associate alla piena della Dora Baltea del 23 - 25/9/1993 - tratto Montalto Dora - Pavone Canavese. Tra Fiorano e Pavone si osserva l'antico alveo del fiume, riattivato dalla piena.

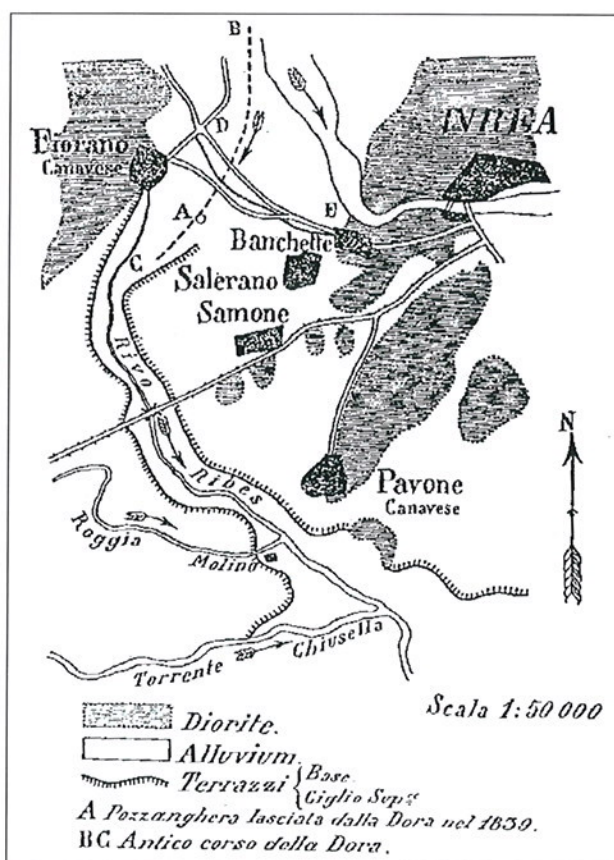


FIGURA 37 - Disegno del 1900 riportante l'antico alveo della Dora Baltea attualmente occupato dal R. Ribes.

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 (T. 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-Santhià, 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-

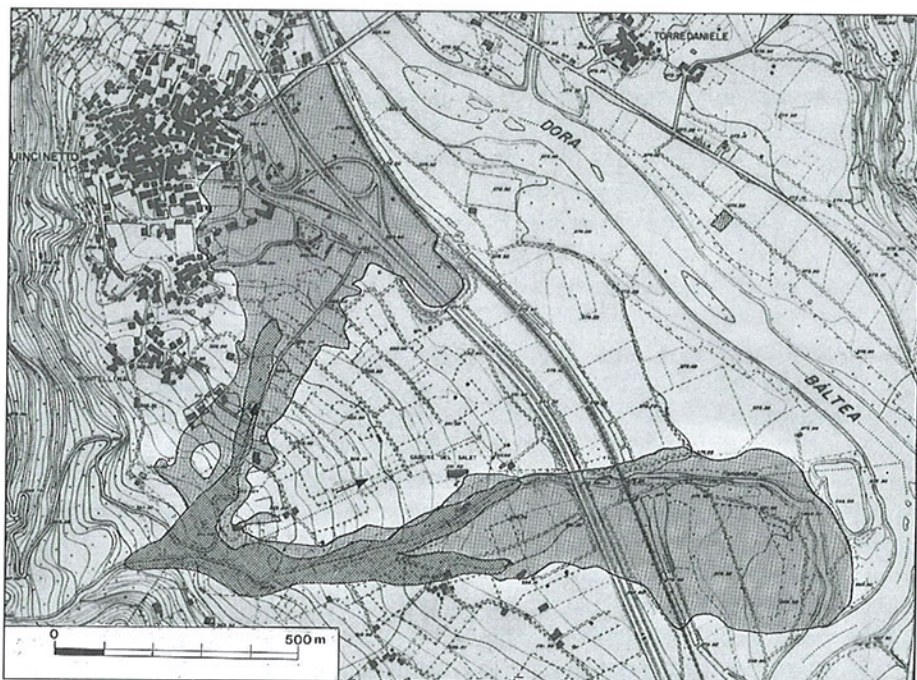


FIGURA 38 - Conoide del Torrente Renancho. Delimitazione dell'area sovralluvionata in seguito all'evento parossistico del 22 settembre 1981. Il retino più scuro rappresenta detriti grossolani e ciottoli immersi in matrice sabbiosa. Il retino più chiaro evidenzia invece la massa fluida granulometricamente più fine. Le frecce individuano due antichi canali di deflusso parzialmente o totalmente riattivati durante il processo di trasporto in massa.

bilitati durante l'evoluzione ed il progredire dei singoli eventi è favorita dalla particolare configurazione dell'asta, caratterizzata da alveo sovraelevato e pendente nel settore superiore, relativamente ampio e poco acclive nel tratto medio, molto pendente ed impostato prevalentemente in roccia nel tratto inferiore.

I materiali depositati sull'apparato di conoide provengono pertanto, in buona parte, dai settori più prossimi alla chiusura del bacino e vengono prelevati nella zona apicale, ove una brusca variazione di pendenza consente l'accumulo occasionale di materiale proveniente da monte.

Il trasporto in massa del 22 settembre 1981

L'attività parossistica del Torrente Renancho si manifestò in modo più prominente sul conoide. L'accentuata erosione del fondo e delle sponde e la conseguente rimobilizzazione di materiale ivi depositatosi durante fasi precedenti, innescò un processo di trasporto in massa che determinò la temporanea e completa ostruzione della sezione di deflusso. Ne derivò

il disallineamento del corso d'acqua su entrambe le sponde inducendo vistosi fenomeni di alluvionamento a scapito dell'abitato di Quincinetto,

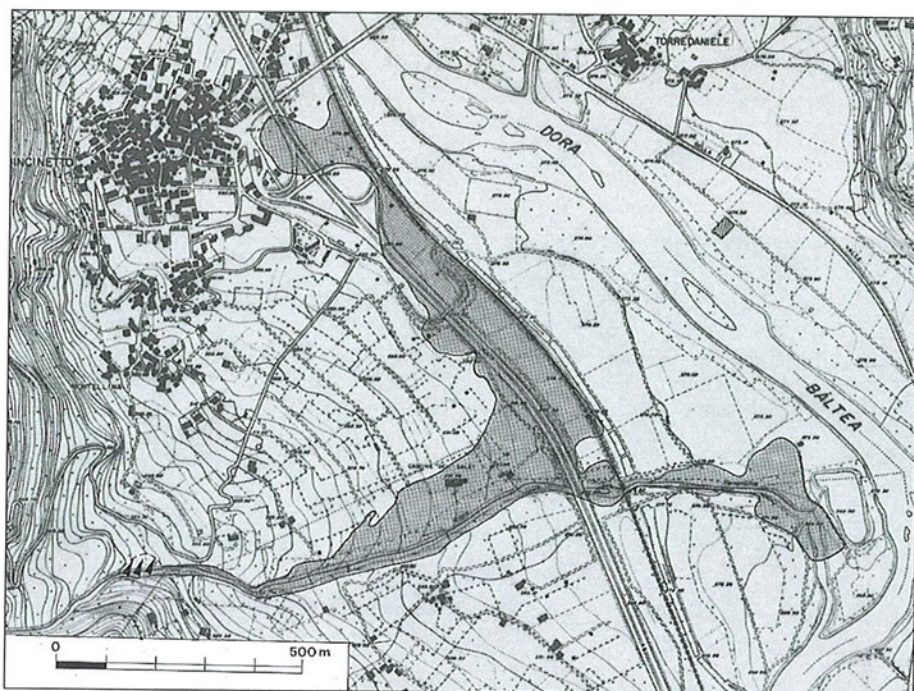


FIGURA 39 - Conoide del Torrente Renancho. Delimitazione dell'area sovralluvionata in seguito all'evento parossistico del 24 settembre 1993. Il retino rappresenta materiali prevalentemente fini inglobanti detriti più grossolani. Si noti nel tratto mediano della conoide l'espansione delle masse fluidificate verso il settore sinistro dell'asta del Torrente Renancho. L'erosione di sponda sinistra nel settore apicale della conoide (frecce nere) pone in evidenza la tendenza del corso d'acqua a riattivare il canale di deflusso ubicato sul fianco sinistro in direzione del centro abitato di Quincinetto.

lesionando diversi edifici ed asportando interi tratti stradali.

La massa caotica di sedimenti nel corso del progredire dell'evento interessò il settore destro in direzione delle regioni Mantellina, Prelle e Molino ed il settore sinistro in direzione di Tavagnasco, ove attivò un vecchio canale di deflusso. Un secondo antico canale di deflusso ubicato nelle vicinanze della zona apicale e nel settore centrale del conoide, fu solo marginalmente coinvolto (figura 38).

I materiali più grossolani vennero depositati nei settori più elevati dei due rami di espansione della massa detritica mentre la "matrice più fine" andò ad alluvionare i settori meno elevati di raccordo del conoide con il fondo valle. Il *debris flow* manifestatosi attraverso più pulsazioni ricoprì il conoide con apporti solidi di diverse migliaia di metri cubi occupando un'area di circa 0,53 km². La colata detritica ostruì parzialmente i ponti prossimi all'autostrada e della linea ferrata e sommerse in più punti lo svincolo autostradale e tratti dell'autostrada stessa.

L'espandimento della colata verso il

fianco destro, nel settore mediano del conoide, fu causato da diversi fattori, quali: la tracimazione della sponda destra del torrente, verificatasi in un primo momento, nel tratto superiore in corrispondenza di una accentuata variazione di direzione dell'originaria asta; la concomitante parziale ostruzione dei ponti prossimi all'autostrada e il fenomeno di rigurgito indotto dalla massa fluida costretta a sottopassare il rilevato stradale attraverso un cunicolo ubicato a circa 250/300 m dal ponte autostradale in direzione di Ivrea.

Il trasporto in massa del 24 settembre 1993

Nella tarda mattinata del 24 settembre si è innescato un fenomeno di trasporto in massa (figura 39) alimentato soprattutto dai processi erosivi verificatisi in apice.

Gli interventi sistematori effettuati a seguito dell'evento del settembre 1981, hanno scongiurato il pericolo di riattivazione dell'antico canale di deflusso che interessa il fianco sinistro del conoide. Pur tuttavia, parte della sponda sinistra ubicata nel tratto apicale, ha mostrato evidenti segni di erosione segnalando la naturale tendenza del corso d'acqua a riappropriarsi, in conseguenza ad ingenti

apporti idrici, dell'antica direzione di deflusso; come, per altro, si verificò nel succitato evento del 1981. Nel settore sommitale, la colata di detrito, è stata quasi interamente contenuta all'interno dell'alveo approfondito ed ampliato dall'evento precedente.

Nel tratto mediano, invece, gli interventi sistematori realizzati a difesa della sponda destra al fine di salvaguardare gli edifici ivi presenti hanno condizionato l'evoluzione del processo.

La massa fluida, infatti, ha tracimato l'argine sinistro coinvolgendo maggiormente tale settore (foto 26).

I danni maggiori al centro abitato, si sono avuti in corrispondenza di due edifici posti poco a monte del ponte autostradale. Le ingenti quantità di materiale fluidificato, aventi granulometria sufficientemente uniforme (materiali prevalentemente fini inglobanti detriti più grossolani), hanno scavalcato l'impalcato del ponte posto a ridosso dell'autostrada, a causa dell'inadeguata luce idraulica dello stesso, invadendo e sommergendo parte della strada comunale che corre ad essa parallela.

I materiali più fini e più mobili hanno raggiunto sia la sede autostradale, sia lo svincolo, provocando l'interruzione temporanea della viabilità. L'intera colata ha occupato un'area pari a circa 0.23 km².



FOTO 26 - Conoide del Torrente Renanchio, settore di raccordo con fondovalle. Sono visibili in sponda sinistra le due abitazioni lesionate, la strada comunale alluvionata e l'espansione della colata nel tratto compreso tra l'autostrada ed il canale artificiale.

5.5. Valli del Canavese (To)

I paragrafi seguenti descrivono processi ed effetti dell'evento alluvionale lungo le aste dei torrenti Orco e Soana.

I dati storici della Banca Dati Geologica segnalano che le valli alpine dei torrenti Orco e Soana sono tra quelle che, sul territorio piemontese, hanno subito con maggior frequenza pesanti effetti da parte di eventi alluvionali. I documenti a disposizione indicano eventi di piena negli anni: 1030; 1533; 1540; 1600; 1627; 1649; 1653; 1654; 1666; 1667; 1669; 1685; 1686; 1693; 1697; 1698; 1705; 1706; 1711; 1716; 1718; 1726; 1728; 1729; 1744; 1755; 1758; 1759; 1762; 1763; 1769; 1772; 1776; 1780; 1791; 1792; 1811; 1825; 1839; 1840; 1842; 1845; 1846; 1855; 1856; 1900; 1908; 1946; 1947; 1957; 1958; 1960; 1977; 1978; 1981; 1985; 1986.

La piena del 1030 avrebbe distrutto parte di Cuorgnè (Bertolotti, 1873) quella del 1540 distrusse un quarto dei coltivi (Marruchi, 1545); molte delle piene sopra citate furono disastrose (Bertolotti, 1982).

Nel complesso, sulla base dei dati disponibili, le valli Orco e Soana appaiono interessate da eventi alluvionali di un certo rilievo con cadenza media di circa 10 anni. Il paragrafo 5.5.3 riporta un'analisi di alcuni dati storici di piena relativi al T. Orco.

I paragrafi seguenti si riferiscono essenzialmente ai processi ed ai principali effetti lungo le aste torrentizie principali (figura 40). In tutta l'area le piogge prolungate hanno inoltre provocato danni, anche gravi, alle reti stradali locali ed alle reti fognarie ed acquedottistiche.

5.5.1. TORRENTE SOANA (C. Troisi)

La valle Soana si sviluppa a nord di Pont Canavese (TO). Il tratto inferiore della valle scorre profondamente inciso tra sponde in roccia. I tratti medio e superiore, includendo i rami del T. Forzo e del T. Campiglia, presentano invece sviluppo di depositi alluvionali di fondovalle, prevalentemente in destra idrografica.

fianco destro, nel settore mediano del conoide, fu causato da diversi fattori, quali: la tracimazione della sponda destra del torrente, verificatasi in un primo momento, nel tratto superiore in corrispondenza di una accentuata variazione di direzione dell'originaria asta; la concomitante parziale ostruzione dei ponti prossimi all'autostrada e il fenomeno di rigurgito indotto dalla massa fluida costretta a sottopassare il rilevato stradale attraverso un cunicolo ubicato a circa 250/300 m dal ponte autostradale in direzione di Ivrea.

Il trasporto in massa del 24 settembre 1993

Nella tarda mattinata del 24 settembre si è innescato un fenomeno di trasporto in massa (figura 39) alimentato soprattutto dai processi erosivi verificatisi in apice.

Gli interventi sistematori effettuati a seguito dell'evento del settembre 1981, hanno scongiurato il pericolo di riattivazione dell'antico canale di deflusso che interessa il fianco sinistro del conoide. Pur tuttavia, parte della sponda sinistra ubicata nel tratto apicale, ha mostrato evidenti segni di erosione segnalando la naturale tendenza del corso d'acqua a riappropriarsi, in conseguenza ad ingenti

apporti idrici, dell'antica direzione di deflusso; come, per altro, si verificò nel succitato evento del 1981. Nel settore sommitale, la colata di detrito, è stata quasi interamente contenuta all'interno dell'alveo approfondito ed ampliato dall'evento precedente.

Nel tratto mediano, invece, gli interventi sistematori realizzati a difesa della sponda destra al fine di salvaguardare gli edifici ivi presenti hanno condizionato l'evoluzione del processo.

La massa fluida, infatti, ha tracimato l'argine sinistro coinvolgendo maggiormente tale settore (foto 26).

I danni maggiori al centro abitato, si sono avuti in corrispondenza di due edifici posti poco a monte del ponte autostradale. Le ingenti quantità di materiale fluidificato, aventi granulometria sufficientemente uniforme (materiali prevalentemente fini inglobanti detriti più grossolani), hanno scavalcato l'impalcato del ponte posto a ridosso dell'autostrada, a causa dell'inadeguata luce idraulica dello stesso, invadendo e sommergendo parte della strada comunale che corre ad essa parallela.

I materiali più fini e più mobili hanno raggiunto sia la sede autostradale, sia lo svincolo, provocando l'interruzione temporanea della viabilità. L'intera colata ha occupato un'area pari a circa 0.23 km².



FOTO 26 - Conoide del Torrente Renanchio, settore di raccordo con fondovalle. Sono visibili in sponda sinistra le due abitazioni lesionate, la strada comunale alluvionata e l'espansione della colata nel tratto compreso tra l'autostrada ed il canale artificiale.

5.5. Valli del Canavese (To)

I paragrafi seguenti descrivono processi ed effetti dell'evento alluvionale lungo le aste dei torrenti Orco e Soana.

I dati storici della Banca Dati Geologica segnalano che le valli alpine dei torrenti Orco e Soana sono tra quelle che, sul territorio piemontese, hanno subito con maggior frequenza pesanti effetti da parte di eventi alluvionali. I documenti a disposizione indicano eventi di piena negli anni: 1030; 1533; 1540; 1600; 1627; 1649; 1653; 1654; 1666; 1667; 1669; 1685; 1686; 1693; 1697; 1698; 1705; 1706; 1711; 1716; 1718; 1726; 1728; 1729; 1744; 1755; 1758; 1759; 1762; 1763; 1769; 1772; 1776; 1780; 1791; 1792; 1811; 1825; 1839; 1840; 1842; 1845; 1846; 1855; 1856; 1900; 1908; 1946; 1947; 1957; 1958; 1960; 1977; 1978; 1981; 1985; 1986.

La piena del 1030 avrebbe distrutto parte di Cuorgnè (Bertolotti, 1873) quella del 1540 distrusse un quarto dei coltivi (Marruchi, 1545); molte delle piene sopra citate furono disastrose (Bertolotti, 1982).

Nel complesso, sulla base dei dati disponibili, le valli Orco e Soana appaiono interessate da eventi alluvionali di un certo rilievo con cadenza media di circa 10 anni. Il paragrafo 5.5.3 riporta un'analisi di alcuni dati storici di piena relativi al T. Orco.

I paragrafi seguenti si riferiscono essenzialmente ai processi ed ai principali effetti lungo le aste torrentizie principali (figura 40). In tutta l'area le piogge prolungate hanno inoltre provocato danni, anche gravi, alle reti stradali locali ed alle reti fognarie ed acquedottistiche.

5.5.1. TORRENTE SOANA (C. Troisi)

La valle Soana si sviluppa a nord di Pont Canavese (TO). Il tratto inferiore della valle scorre profondamente inciso tra sponde in roccia. I tratti medio e superiore, includendo i rami del T. Forzo e del T. Campiglia, presentano invece sviluppo di depositi alluvionali di fondovalle, prevalentemente in destra idrografica.

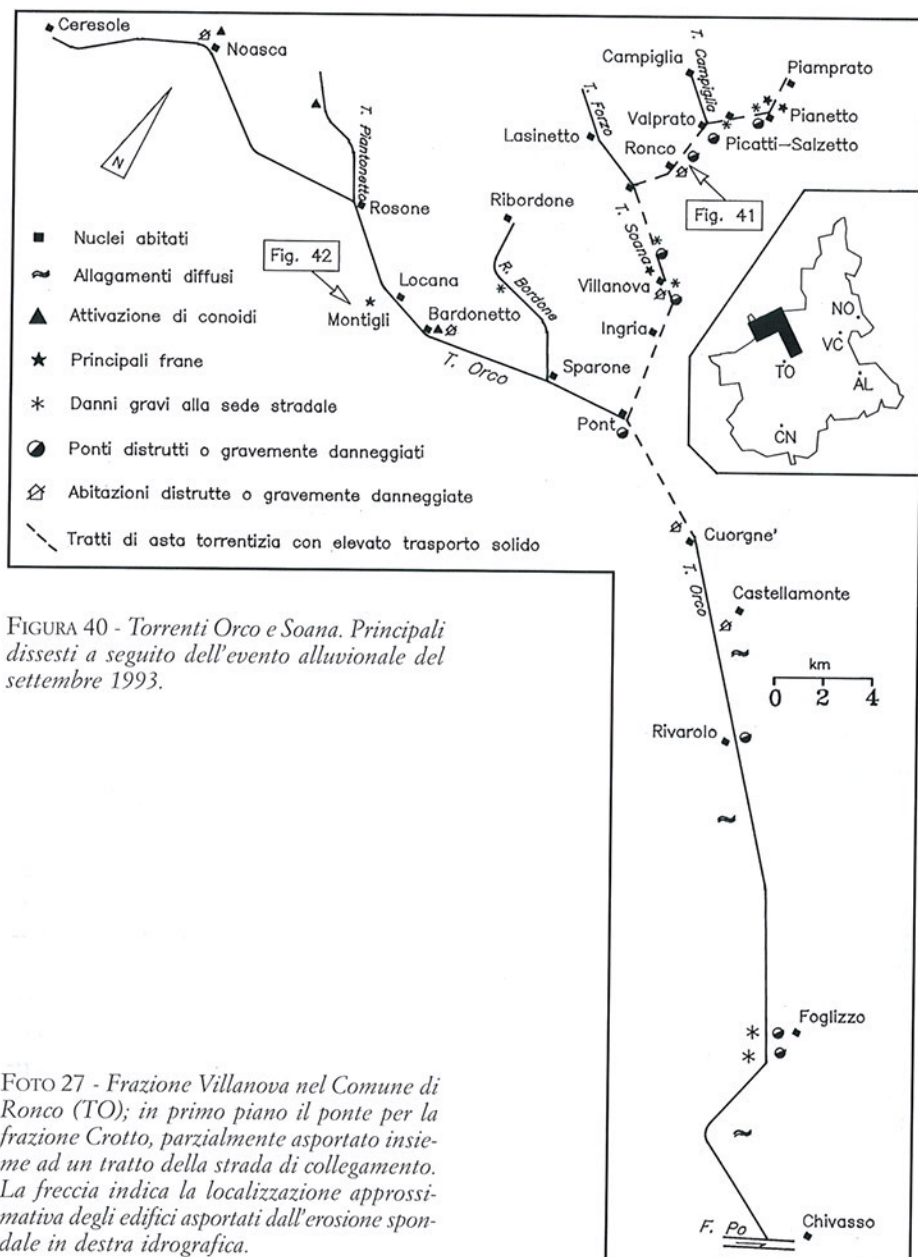


FIGURA 40 - Torrenti Orco e Soana. Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

FOTO 27 - Frazione Villanova nel Comune di Ronco (TO); in primo piano il ponte per la frazione Crotto, parzialmente asportato insieme ad un tratto della strada di collegamento. La freccia indica la localizzazione approssimativa degli edifici asportati dall'erosione spondale in destra idrografica.



La Valle Soana, nel tratto compreso tra Piamprato e Villanuova, appare essere uno dei tratti di asta valliva maggiormente colpiti dall'evento alluvionale del 23-9-1993.

Il picco di piena che ha provocato i danni maggiori ha avuto luogo intorno alle ore 13 del 23 settembre 1993. La stazione di Piamprato ha registrato una precipitazione di 572 mm nelle 72 ore (fig. 17).

I settori colpiti sono compresi nei territori dei comuni di Ronco Canavese e Valprato Soana.

L'evento alluvionale ha comportato essenzialmente:

- mobilitazione e rideposizione di un'elevato volume di solidi, in larga parte provenienti da fenomeni franosi nella zona di Pianetto;
- una spiccata e generalizzata erosione di sponda.

L'attività erosiva si è concentrata essenzialmente sulla sponda idrografica destra, ove maggiore era lo sviluppo dei depositi alluvionali e dove si concentrano gli insediamenti.

I danni principali sono così riassumibili:

- circa 1400 m di Strada Provinciale totalmente asportata o gravemente danneggiata;
- otto ponti distrutti o gravemente danneggiati;
- due abitazioni totalmente distrutte, due gravemente danneggiate ed altre danneggiate in misura variabile;
- campi sportivi di Ronco distrutti unitamente alle allegate infrastrutture.

Lungo il tratto di asta compreso nel Comune di Ingria si segnala solamente la distruzione di due passerelle pedonali.

Presso Villanuova (Comune di Ronco) l'erosione in isponda destra ha prodotto l'asportazione completa di circa 350 metri di Strada Provinciale e di una casa monofamiliare. Nello stesso punto, nel 1845, il Soana straripando abducesse un fabbricato con diversi individui (Bertotti, 1983); uno dei corpi fu recuperato a Cuorgnè. Il ponte per la Fraz. Crotto è stato danneggiato per l'asportazione totale della rampa di accesso in sinistra idrografica (foto 27).

A monte di Villanuova l'erosione in



FOTO 28 - Frazione Villanova nel Comune di Ronco, tratto asportato della Strada Provinciale. A sinistra l'ampia frana di sponda per erosione al piede.



FOTO 29 - Ronco, ponte per la frazione Montelavecchia; il rilevato di accesso alla spalla destra del ponte è stato aggirato ed asportato delle acque di piena, unitamente ad un tratto di Strada Provinciale.



FOTO 30 - Ronco, zona Bettassa. Il T. Forzo è in alto, il T. Soana scorre da destra verso sinistra. La posizione critica di alcune delle abitazioni è evidente.

isponda destra ha provocato un'ampia frana di sponda, per scalzamento al piede, a cavallo del Rio della Guardia (foto 28). Alcune antiche baite poste presso il coronamento (Case Staval) sono state gravemente lesionate e hanno dovuto essere demolite. La spalla destra del ponte per Montelavecchia è stata aggirata dalle acque e totalmente asportata unitamente a 50 m di Strada Provinciale (foto 29). Poco a valle di tale ponte un'opera di presa è stata gravemente danneggiata.

Presso la confluenza tra i T. Forzo e Soana, in località Bettassa, l'erosione in destra idrografica ha provocato il danneggiamento di alcune abitazioni di un villaggio turistico realizzate nell'immediata prossimità dell'alveo ordinario (foto 30).

Il T. Forzo presso la frazione Lasi-netto presenta alveo pluricursale. Il ponte di collegamento per la frazione, di recente fattura, scavalca non già l'intero alveo, ma solamente il canale di deflusso attivo. L'attivazione di un secondo canale ha asportato il rilevato di accesso sulla spalla destra, isolando la frazione.

Presso Ronco capoluogo sono state asportate le infrastrutture dei campi sportivi, realizzate in alveo, un distributore di carburante è stato distrutto e sono state gravemente danneggiate le difese spondali che difendono l'abitato. La riattivazione di un ramo destro del T. Soana (figura 41) ha provocato la totale distruzione di un'abitazione ed il grave danneggiamento di una seconda (foto 31, 32 e 33). La riapertura del ramo ha isolato due abitazioni che non hanno però subito danni. Le condizioni di rischio connesse con la riattivazione del ramo di cui sopra erano già state evidenziate sulla cartografia geologica allegata al Piano Regolatore del Comune di Ronco (Innocenti, 1991). Il ponte che collega le frazioni di Scandosio e Cernisio è stato distrutto (foto 34) al pari del vicino ponte sul Rio Cernisio. Presso la frazione Cernisio un'ampia frana di sponda innescatasi per erosione al piede ha minacciato un pilone dell'elettrodotto da 380 kV.

Tra Scandosio e Valprato il corso d'acqua ha, in più punti, sovrascor-

so e danneggiato la sede stradale. Presso Valprato Soana capoluogo l'erosione di sponda ha provocato la dislocazione della spalla sinistra del ponte per Zurlera, rendendolo inutilizzabile (foto 35). La riattivazione di un ramo destro dell'alveo, il cui imbocco era stato ostruito in maniera approssimativa in anni passati, ha provocato l'allagamento di un fabbricato (foto 36). Una baita ubicata, di fatto, nell'alveo è stata semidistrutta dall'erosione in isponda destra (foto 36).

Nel ramo di valle relativo al torrente Campiglia non si segnalano fenomeni di rilievo.

Tra Valprato e le frazioni Picatti e Cugnone la Strada Provinciale è stata in alcuni punti sovrascorsa e danneggiata. Presso la spalla sinistra del ponte posto a monte di Cugnone si è prodotto un franamento che ha danneggiato, non gravemente, la sede stradale.

La strada di accesso alla frazione Salzetto, sulla sponda destra, è stata totalmente asportata per circa 100 m. La spalla sinistra del ponte di accesso per la frazione Balme è stata danneggiata da un fenomeno di sifonamento. Presso la frazione Ronchietto il ponte sulla Strada Provinciale è stato semidistrutto; il torrente in piena ha sovrascorso o asportato la sede stradale per quasi 500 m (foto 37 e 38).

Presso Pianetto l'alveo di piena ha occupato l'intera larghezza del fondovalle, provocando la totale ricopertura con detriti della sede della Strada Provinciale (inclusi due ponti) per circa 200 m. La forte erosione in isponda sinistra ha provocato una ampia frana (foto 39). Il ponte posto a valle di Pianetto è stato danneggiato, non gravemente, sulla spalla sinistra.

A monte di Pianetto, presso Madonna della Neve l'erosione in sinistra ha provocato l'asportazione del ponte e di un tratto di Strada Provinciale, innescando una frana in detrito con scarpate alte sino a 20 m. Nella stessa zona l'erosione in isponda destra ha innescato un imponente franamento che ha liberato in alveo alcune decine di migliaia di metri cubi di materiale detritico. Tale frana-

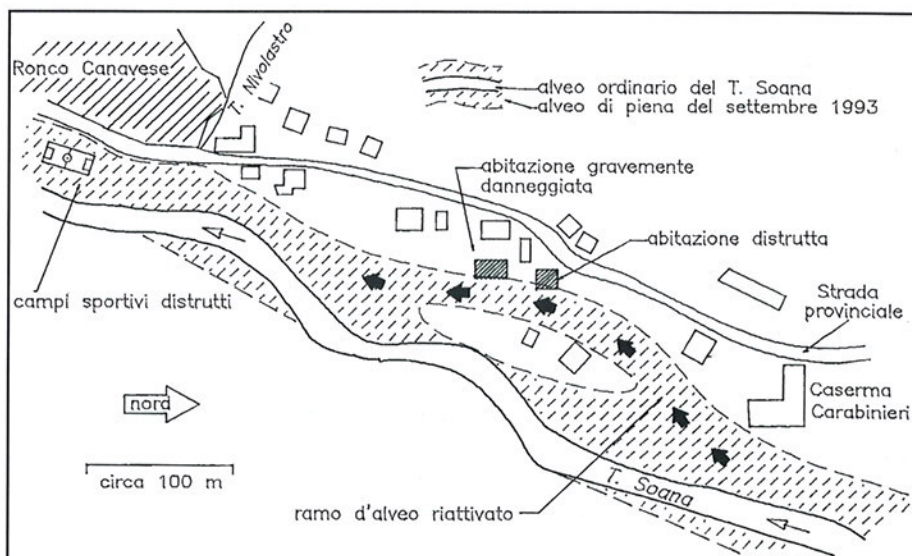


FIGURA 41 - Ronco Canavese (TO). Distruzione e danneggiamento di abitazioni a nord del capoluogo.



FOTO 31 - Ronco, veduta di borgata Chiò, presso il capoluogo. La freccia indica il ramo d'alveo la cui riattivazione, nel corso della piena, ha portato alla distruzione di un'abitazione ed al grave danneggiamento di una seconda.



FOTO 32 - Stessa area della foto precedente. La freccia nera a sinistra indica il ramo d'alveo riattivato. Le frecce bianche indicano l'abitazione distrutta (a sinistra) e quella gravemente danneggiata (a destra).



FOTO 33 - Abitazione distrutta di cui alla foto precedente.



FOTO 34 - Ronco, ponte di collegamento per la borgata Cernisio, distrutto.



FOTO 35 - Valprato Soana (TO), ponte per la frazione Zurlera, gravemente danneggiato per disarticolazione della spalla sinistra.

mento interessa il piede di un cono di detrito corrispondente ad un'ampia deformazione gravitativa profonda già segnalata dalla Banca Dati Geologica (foto 40). Tale deformazione si sviluppa su di una superficie complessiva di poco inferiore al chilometro quadrato e si estende dalla Cima Brenvetto sino al T. Soana. Presso la Cima Brenvetto sono chiaramente osservabili i fenomeni di sdoppiamento delle creste tipici dei versanti interessati da deformazioni gravitative profonde. Sul sito sono, da sempre, segnalate frane da crollo conseguenti ai fenomeni di deformazione: il Bertotti (1982) ne riporta alcune nel 1695; l'ultima, prima dell'evento alluvionale, è datata al novembre 1992.

Presso Piamprato l'erosione in sponda sinistra ha minacciato l'abitato raggiungendo, senza danneggiarli, alcuni fabbricati. Sulla stessa sponda alcune baite sono state danneggiate dal trasporto solido di affluenti sinistri (rii Giasset e Santanel).

Lungo alcuni tributari minori si sono verificati fenomeni di trasporto in massa di materiale detritico. L'entità di tali fenomeni è stata perlopiù limitata, verosimilmente a causa della citata scarsa diffusione areale di dissesti franosi nei vari bacini (vedi anche par. 5.11). Benché non abbia arrecato danni di rilievo, l'apporto di materiali da parte dei tributari minori ha comunque contribuito ad alimentare il carico solido dell'asta principale. I principali rii lungo i quali tali processi sono stati rilevati sono: il R. Canaussa, presso Crotto; il R. Della Guardia presso Villanuova; due affluenti minori sinistri presso Costabina; il R. Fattinera presso Bettassa; i rii Arcando, Lasinetto, Tressi ed alcuni tributari minori destri lungo il T. Forzo; il R. Alpetta e due tributari minori sinistri presso Ronco Capoluogo; il Rio Cernisio, che ha asportato un ponticello presso la frazione omonima; il R. Chiapetto presso Valprato capoluogo; il R. Cassetta presso Picatti; il R. Civetto presso Balme; il R. D'Arlens presso Pianetto; i già citati rii Santanel e Grassetto presso Piamprato.

Il carattere distruttivo della piena del settembre 1993 in Valle Soana appa-

re determinato dall'interazione tra fattori naturali ed antropici (vedi 5.11). Si ritiene che il fattore naturale che maggiormente ha contribuito al carattere distruttivo della piena sia in relazione non tanto ai valori, pur elevati, delle portate liquide quanto all'elevato carico solido di fondo trasportato che ha avuto la sua origine prima nelle ampie frane nella zona di Pianetto. L'aumentata capacità erosiva conseguente a tale carico ha poi innescato un processo di autoalimentazione del carico stesso. A riprova di ciò si noti come i torrenti Campiglia e Forzo, esterni all'asse principale del trasporto solido, non abbiano provocato dissesti di rilievo e come il T. Orco abbia provocato i danni maggiori a valle della confluenza con il T. Soana (vedi paragrafo successivo). Si noti, infine come tutte le infrastrutture abitative distrutte o danneggiate fossero collocate in posizione molto prossima all'alveo ordinario (se non addirittura nell'alveo stesso) e come in molti settori (Villanova, Pianetto, Ronchietto ecc.) il corso d'acqua in piena abbia occupato l'intera fascia di fondovalle, indipendentemente dalla presenza o meno di opere destinate a contenerlo.

5.5.2. TORRENTE ORCO, TRATTO ALPINO NOASCA-CUORGNÈ (M. Belfiore & C. Troisi).

L'evento alluvionale del 23-24/9/1993 ha segnalato il picco di piena, nella Valle del T. Orco, intorno alle ore 13 del 23/9/1993.

L'evento ha provocato essenzialmente l'allagamento di vasti settori della piana alluvionale. Nonostante l'intensità dell'evento meteorologico i danni sono stati, nel complesso, limitati. Il T. Orco ha causato problemi essenzialmente a Pont e Cuoragnè, mentre nel tratto a monte di Pont i danni maggiori sono dovuti all'attivazione di due tributari minori in sinistra idrografica. Tale distribuzione dei danni appare molto simile a quella segnalata da Marruchi (1545), relativamente a piene della prima metà del XVI secolo. Le righe seguenti descrivono brevemente gli effetti dell'evento, da valle verso monte.



FOTO 36 - Valprato; a destra il ponte danneggiato per Zurlera. La freccia bianca in alto indica un'abitazione danneggiata, ubicata in alveo. Le frecce in basso indicano un ramo d' alveo riattivato senza trasporto solido.



FOTO 37 - Valprato, frazione Ronchietto. Nel tratto compreso tra le due frecce la Strada Provinciale è stata sovrascorsa ed asportata quasi totalmente. Senso corrente dal basso verso l'alto.



FOTO 38 - Particolare della foto precedente. Settore precedentemente occupato dalla Strada Provinciale.



FOTO 39 (a destra) - Valprato, frazione Pianetto. Gli asterischi indicano il tracciato approssimativo della Strada Provinciale, totalmente ricoperta di detriti insieme a due ponti. In alto a destra si nota un'ampia frana di sponda.

Presso Cuorgnè la violenta attivazione di un ramo destro dell'alveo, utilizzato come canale derivatore, ha provocato il grave danneggiamento di due infrastrutture ENEL, di un capannone industriale (foto 41) e l'al-

lagamento di una vasta area parzialmente edificata. La rotta principale ha avuto luogo presso il capannone stesso, in corrispondenza di una traversa di presa, rimasta danneggiata, che ha favorito l'innalzamento del

livello idrometrico. Tale traversa è stata pure aggirata sulla sinistra, provocando una forte erosione che ha asportato la spalla di una passerella e minacciato un'abitazione (foto 41). Presso Pont un ponte stradale è stato danneggiato per sottoescavazione del pilone centrale, mentre il ponte metallico ferroviario ha sopportato senza crollare l'asportazione di un pilone; una infrastruttura dell'ENEL è stata danneggiata. Sono state danneggiate alcune difese spondali sia lungo il T. Orco che lungo il T. Soana. In località Pratidonio si è verificato un fenomeno di taglio di meandro che ha causato la distruzione di un capannone nonché una forte erosione spondale che ha minacciato un fabbricato (foto 42).

Presso Sparone sono state danneggiate le infrastrutture dei campi sportivi, ubicate in alveo. Tali strutture erano state protette realizzando una scogliera che occlude circa un terzo della luce del ponte di collegamento per la frazione Bisdonio.

Fortunatamente (per il ponte) la scogliera è piuttosto bassa ed ha potuto essere agevolmente sovrascorsa



FOTO 40 - Valprato, zona Madonna della Neve a monte della frazione Pianetto. In primo piano un tratto di strada asportato unitamente al ponte (la cui posizione è tracciata con asterischi). In secondo piano l'ampia frana innescata dall'erosione in isponda destra, al piede di un'ampia deformazione gravitativa profonda. Le frecce nere indicano un canalone soggetto a fenomeni di crollo.

dalle acque di piena.

La Strada Provinciale tra Sparone e Ribordone è stata asportata in tre punti dall'erosione spondale sinistra del Rio Bordone (foto 43). Presso l'abitato di Ribordone, per sottoescavazione e conseguente cedimento della spalla destra, è crollato il ponte che collega la Fraz. Schiaroglio con il Santuario di Prascondù. Poco a valle del centro abitato, tra le frazioni di Crosa e Rafur, la Strada Provinciale è stata totalmente sovrascorsa per circa 300 m. Nella valle di Ribordone alcuni ponti lungo la viabilità minore sono stati danneggiati.

Presso Locana il conoide del Rio Carlevria (frazione Bardonetto Inferiore), in idrografica sinistra, si è attivato mobilizzando materiali ghiaiosi che hanno danneggiato tre abitazioni, la Strada Statale (foto 44), allagato gran parte del nucleo abitato a ridosso della strada stessa e danneggiato una sottostazione elettrica della AEM. La Banca Dati Geologica segnala che tale conoide, al pari di quasi tutti gli altri conoidi della Valle Orco, ha subito varie attivazioni in epoca storica. Un documento del 1729 (AA. VV.) riporta testualmente: «*Portatisi al rittano di Carlevria proseguendo a Bardonetto, detto rittano a esportato et rovesciato il terreno et condotto sopra gran quantità di sassi et giarre, ed essendo seguito tal danno nel 1705 e 1706, asportando pratti popolati di Noce et parte delle case state di novo ricostruite nonchè parte del sitto bonificato, in tal tempo molto più devastato (...)*». Altre attivazioni sono documentate nel marzo 1959, aprile 1981, settembre 1987 e novembre del 1992.

Nel comune di Locana sono state asportate alcune passerelle sul T. Orco e sul T. Eugio. Il T. Orco ha provocato alcune erosioni di sponda ed ha esondato in più punti, senza tuttavia provocare danni di rilievo, fatto salvo per la distruzione di un tratto di difesa spondale in CLS in isponda sinistra poco a valle dell'abitato.

Presso la frazione Montigli (Locana) si è innescato, nel corso dell'evento alluvionale, un movimento franoso con meccanismi tipo *debris flow*. La colata di fango e detriti si è svi-



FOTO 41 - Cuornè (TO). Riattivazione di un ramo destro del T. Orco utilizzato come canale derivatore. Cuornè è sullo sfondo. La freccia a destra indica il punto della rotta principale, pochi metri a monte dell'opera di presa. Gli asterischi indicano le infrastrutture danneggiate. Al centro della foto in basso: l'erosione sulla sponda sinistra ha asportato la spalla della passerella e minacciato un'abitazione rurale.



Foto 42 - Pont Canavese (TO), località Pratidonio. Fenomeno di taglio del meandro, indicato dalle frecce nere. Al centro del meandro si notano i resti di un capannone distrutto. L'asterisco indica un gruppo di edifici messo a rischio dall'erosione spondale. Le frecce bianche in primo piano indicano una strettoia in roccia, che favorisce l'innalzamento idrometrico a monte.



FOTO 43 - Strada Provinciale Sparone-Ribordone, interrotta da una frana per scalzamento al piede.



FOTO 44 - Attivazione del conoide di Bardonetto Superiore (Locana). Gli asterischi indicano le abitazioni danneggiate; la freccia indica il manufatto di attraversamento della Strada Statale, completamente ostruito.

luppata in corrispondenza di una sede stradale a quota 1270 m (figura 42) e presenta due rami. La colata principale ha percorso circa 1500 m ed ha coperto un dislivello di circa 650 m, mentre il ramo minore si è arrestato alcune decine di metri a monte di Montigli. Nel tratto superiore la colata ha creato una profonda incisione a V, mobilizzando la copertura detritica del versante e prendendo in carico un volume di solidi dell'ordine dei 6000 m³. Presso Ronco due baite disabitate sono state distrutte; a valle di Ronco la colata si è divisa secondo due impluvi subparalleli. Il ramo principale ha raggiunto il Torrente Orco dopo aver sfiorato la parte alta della frazione Montigli e distrutto un chiosco. Uno sperone roccioso posto poco a monte della frazione ha leggermente deviato la colata verso nord, impedendole di investire l'abitato. Il ramo meridionale della colata, meno voluminoso, ha deposto gran parte del materiale solido trasportato in corrispondenza del salto di pendenza presso la strada a SO di Montigli, senza arrecare danni alla frazione abitata. Si ritiene che l'innesco del dissesto sia in relazione con l'assenza di opere di regimazione delle acque lungo la strada comunale. Tale elemento ha causato il convogliamento di un elevato volume idrico in corrispondenza di una modesta incisione ove si sarebbe sviluppato, inizialmente, un fenomeno di fluidificazione delle coperture superficiali, rapidamente evolutosi in una colata di fango e detriti grossolani.

Nel vallone di Piantonetto un feno-

meno di *debris flow* lungo un affluente minore in destra idrografica ha interrotto in più punti la strada per la diga e ha minacciato (nonché parzialmente allagato) un nucleo abitato presso la località Ghiglieri. Presso la frazione Gera di Noasca la presenza di un campo sportivo, parzialmente realizzato in alveo, ha provocato l'allagamento di parte del centro abitato. Tra Gera e Noasca, presso il cimitero, l'attivazione di un conoide ha comportato (come già nel 1992 e parecchie altre volte in precedenza) il danneggiamento della Strada Statale.

A Noasca l'attivazione del conoide del rio Noaschetta ha provocato la semidistruzione di un'abitazione posta ai piedi del conoide stesso (foto 45) nonché l'allagamento di parte dell'abitato. L'abitazione è poi stata totalmente distrutta, dallo stesso processo, nel settembre 1994. Nel corso della piena del settembre 1993 i danni lungo il settore alpino del T. Orco sono stati, nonostante la portata elevata, piuttosto limitati. Nel tratto compreso tra Cuornè e Noasca il T. Orco si presenta con una piana alluvionale di fondovalle piuttosto sviluppata e continua, inter-

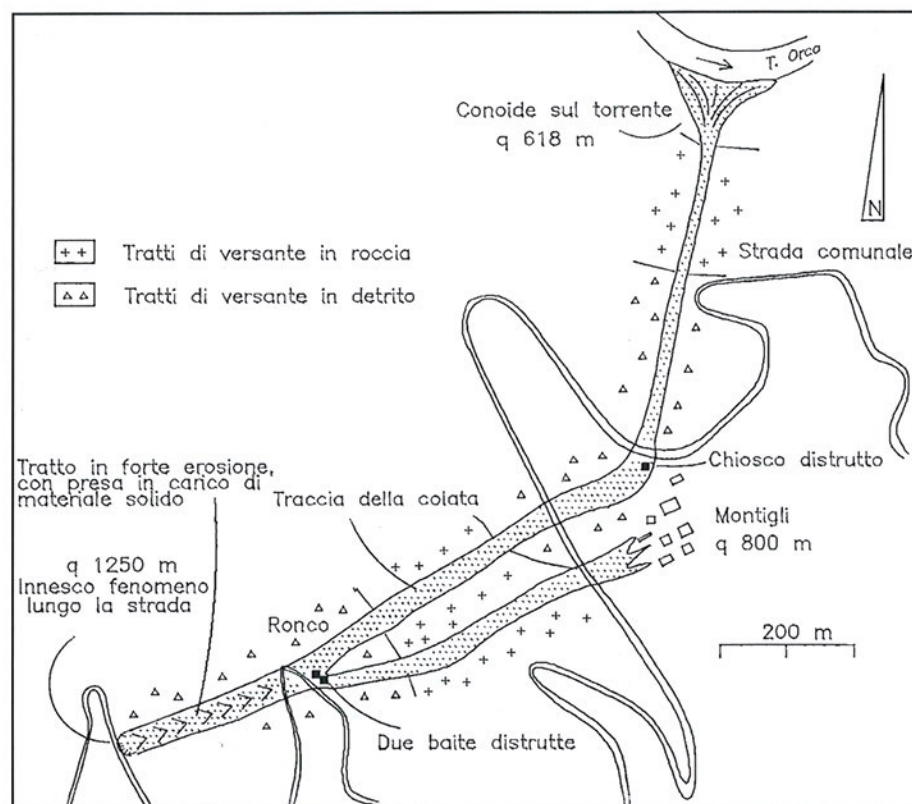


FIGURA 42 - Comune di Locana (TO). Schema del dissesto franoso presso la frazione Montigli.



Foto 45 - Noasca (TO), abitazione danneggiata per attivazione del conoide alluvionale del Rio Noaschetta. Lo stesso fenomeno ha provocato, nel settembre 1994 la completa distruzione dell'abitazione.

rotta da strozzature corrispondenti a conoidi alluvionali. I tratti di piana alluvionale di fondovalle appaiono in larga parte privi di insediamenti e mancano quindi opere di difesa spondale tese a limitare l'espansione laterale delle acque di piena. Si ritiene, sulla base dei rilievi di terreno effettuati al seguito dell'evento alluvionale, che tale fattore sia alla base della buona risposta dell'asta torrentizia all'evento di piena. Le acque di piena hanno potuto espandersi lateralmente nelle circostanti piane che hanno agito come casse di espansione laminando la piena e riducendo la velocità, e quindi l'energia, delle acque.

In alcuni punti (ad esempio tra Calasazio e Bardonecchia) l'area allagata ha raggiunto una larghezza di circa 500 m. In tali aree di espansione la bassa velocità delle acque ha impedito il trasporto e la deposizione di materiale solido, limitato a poco materiale fine ed ad alcune tasche sabbiose. La limitazione dei danni sarebbe anche stata favorita dall'effetto di ritenuta e laminazione esercitato dalla diga di Ceresole (Luino, 1993).

Nei tratti con difese spondali tese a restringere fortemente l'alveo di piena (Cuorgnè, Pont, Locana) le strutture hanno in più parti ceduto, mettendo a repentaglio la sicurezza delle retrostanti infrastrutture. Si segna-

la, in particolare l'aggiramento e quasi totale asportazione di un massiccio muro in CLS presso Locana.

5.5.3 TORRENTE ORCO, tratto di pianura Cuorgnè-Chivasso (G. Bellardone, F. Forlati, con la collaborazione di S. Raffone & F. Tamberlani)

In un corso d'acqua, le caratteristiche ed i rapporti sedimentari dei depositi, la pendenza ed il regime delle portate sono parametri che condizionano maggiormente lo sviluppo plano-altimetrico dell'alveo.

I corsi d'acqua a regime torrentizio, che scorrono in tratti di pianura costituiti da depositi grossolani, presentano, in condizioni naturali, alvei molto ampi poco incisi ed in cui il deflusso si propaga attraverso canali plurimi, separati da barre o isole, anche vegetate. Lungo molti corsi d'acqua a canali plurimi della pianura piemontese, esternamente a quello che si può definire "alveo pluricursale attuale", si riconosce una fascia caratterizzata da canali non ordinariamente attivi, che rappresenta una più

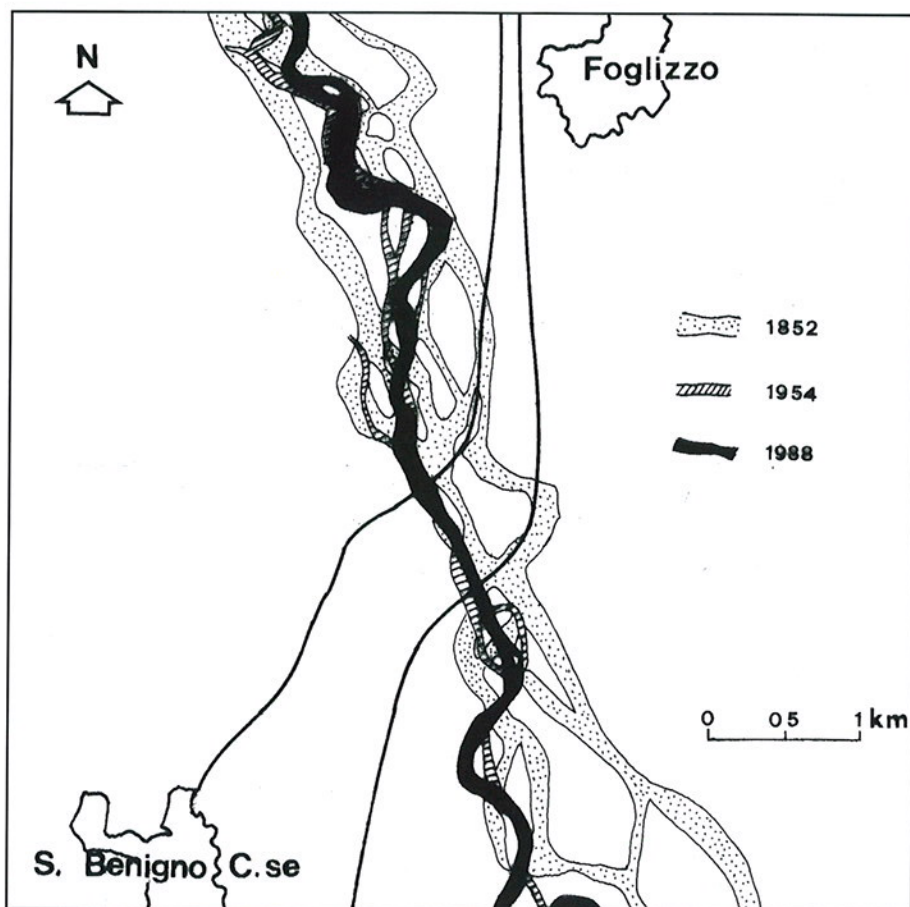


FIGURA 43 - Andamento del torrente Orco ricavato: dalla Carta degli Stati Sardi, anno 1852 (puntinato); dalle cartografie IGM 1954 (tratteggiato); da immagine Landsat del 1988 (in nero pieno). Si osservi come il ponte distrutto, collegante San Benigno a Foglizzo attraversa un tratto di torrente che presentava in passato un alveo a più canali (carta degli Stati Sardi).



FOTO 46 - T. Orco nel tratto a modellamento pluricursale (deflusso da destra verso sinistra), in corrispondenza della confluenza con il Gallenga (sponda destra). In sponda destra sono visibili alcuni canali riattivati durante la piena del 23-24 settembre, mentre in sinistra si osservano incisioni in corrispondenza di forme fluviali rimaneggiate da pratiche agricole, ma ancora individuabili da aerofotografie.

antica ed ampia forma fluviale, associata ad un differente regime idraulico (Maraga, 1989).

È questo il caso del T. Orco che presentava fino agli anni '50 un alveo ampio, a più canali, come si può osservare dalla cartografia del secolo scorso e dei primi decenni dell'attuale.

Dal confronto dell'andamento del torrente in periodi differenti (analisi di aerofotografie), risulta come una tendenza alla diminuzione dell'ampiezza dell'alveo fosse già evidente, prima degli anni '50. Successivamente la mutazione verso forme monocursali è persistita, favorita anche dall'escavazione di inerti in alveo e soprattutto dalla realizzazione di opere atte a contenere i deflussi in fasce sempre più ristrette. Alla fine degli anni settanta, il deflusso era ormai impostato in un unico canale cui erano associati ancora brevi tratti d'alveo con due o più rami, comunque caratterizzati da canali di deflusso principali, più incisi rispetto ai laterali, che stavano per essere progressivamente abbandonati. Tale tendenza è persistita nel tempo, come si osserva dalle aerofotografie del 1991, dove l'alveo "principale" contenuto entro le sponde incise è ormai quasi totalmente caratterizzato da un

unico canale di deflusso (figura 43). In seguito all'evento alluvionale del 24-25/9/1993, le peculiarità dell'alveo-tipo originario sono prevalse, con il manifestarsi dei caratteristici processi associati alle piene in corsi d'acqua pluricursali: ampliamenti della sezione dell'alveo per erosioni di sponda, neoformazione di canali, riattivazione di canali secondari non ordinariamente interessati dai deflussi, trasporto solido, ecc. (foto 46). Le inondazioni hanno interessato sia aree in cui erano ancora conservati i tratti morfologici appartenenti ad un più ampio alveo pluricursale, sia aree più esterne, in cui le forme flu-

viali ancora visibili sul piano campagna erano ormai in parte o del tutto antropicamente rimodellate. In entrambi i casi le inondazioni più significative sono state determinate da riattivazioni di canali laterali, molti dei quali ormai trasformati in canali distributori per usi agricoli.

Processi prevalenti lungo il tratto ad un unico canale a valle del ponte di Cuornè

A partire dal ponte di Cuornè, il torrente presenta un alveo ad un unico canale, a tratti impostato sul substrato roccioso e, in generale, modellato in depositi grossolani. Nelle aree esterne all'alveo sono ancora ben riconoscibili sul piano campagna forme fluviali abbandonate, anche ben incise, che hanno rappresentato, in occasione della piena del settembre 1993, vie di deflusso preferenziale per le acque di inondazione.

A Cuornè, immediatamente a valle del ponte, sono stati asportati, in sponda sinistra, un centinaio di metri di una strada di servizio di una scuola mentre in sponda destra una scarpata di erosione si è impostata in corrispondenza di un edificio.

Non meno significativi e maggiormente dannosi per edifici ed infrastrutture sono stati i processi associati al passaggio delle acque fuori dall'alveo, in particolare inondazioni con deposizione sul piano campagna di sedimenti anche grossolani. Le zone maggiormente colpite sono risultate quelle poste tra il terrazzo



FOTO 47 - Cuornè, a valle del ponte, sponda destra: in primo piano imponenti depositi prevalentemente ciottolosi del torrente. Sullo sfondo si intravede un gruppo di edifici che sono stati interessati da alluvionamenti sabbiosi.

insommergibile ed il corso d'acqua. A Cuorgnè, in sponda destra, a valle del ponte, per le aree prossime al corso d'acqua si sono registrati intensi processi di alluvionamento, con deposizione di sedimenti da ciottoloso-ghiaiosi a sabbiosi, che hanno causato danni ad edifici ed infrastrutture, mentre un'area più vasta è stata interessata da allagamenti, con coinvolgimento anche di edifici (foto 47).

Tratto geneticamente legato al sistema pluricursale (Rivarotta - Pratoregio)

Processi modellanti l'alveo

L'alveo "principale", modellato dal passaggio della piena del 23-24 settembre 1993, risulta per molti tratti più ampio di quello visibile sulle aerofotografie del 1991 e da quelle precedenti, del 1977.

Tra i processi modellanti l'alveo, associati al passaggio della recente piena, sono da segnalare soprattutto erosioni spondali e riattivazioni di canali laterali, ordinariamente non attivi, con conseguente ampliamento in più punti della sezione. Le aree poste tra l'alveo "principale" antecedente la piena ed i canali riattivati, generalmente boscate o anche coltivate, sono state interessate da processi particolarmente violenti: incisioni di canali, erosioni, alluvionamenti ghiaiosi, con abbattimento parziale o totale degli alberi.

Le difese spondali quando non sono state asportate dalle acque, hanno favorito la "migrazione" verso valle dei processi erosivi. In alcune occasioni le difese sono state scavalcate, con ampliamento della sezione per erosione delle sponde a tergo della parte protetta (foto 48).

Opere di presa di canali e rogge sono state pesantemente danneggiate per processi erosionali. Tra le principali sono da ricordare l'opera di presa della roggia di Castellamonte, quella del rio Vercellino (foto 49), quella della roggia di Montanaro oltre a numerose altre derivazioni minori. Per processi di erosione al fondo, due ponti sono stati distrutti dalla piena: quello sulla provinciale Riva-



FOTO 48 - Esempio di erosione a tergo di difese spondali.



FOTO 49 - Presa del Rio Vercellino: l'opera è stata aggirata dalla corrente ed ora si trova all'interno dell'alveo principale del torrente, modellato dalla piena del settembre 1993.

rolo-Ozegna e quello sulla provinciale S. Benigno-Fogglizzo; un terzo ponte, quello sull'autostrada Torino-Aosta è stato seriamente danneggiato con interruzione della viabilità per qualche mese. Infine, il ponte tra Feletto e Lusigliè, nei giorni dell'alluvione è stato chiuso al traffico perché messo in serio pericolo dalla parziale distruzione della soglia posta immediatamente a valle di esso.

In corrispondenza dei ponti di Rivarolo, Feletto e San Benigno, l'alveo "principale" risulta notevolmente ristretto dai rilevati d'accesso, mentre il ponte dell'Autostrada Torino-

Aosta si trova a valle di un tratto d'alveo "principale" rettilineo e molto inciso. Lungo questi tratti in cui i deflussi sono pesantemente contenuti, si sono verificate notevoli erosioni del fondo, alle quali è soprattutto imputabile la distruzione o il danneggiamento dei ponti menzionati.

Sia a monte che a valle del ponte di Rivarolo, l'alveo del torrente è molto ampio, mentre si riduce bruscamente in corrispondenza del ponte. L'aumento della velocità di deflusso dovuta alla strozzatura imposta da terrapieni (sponda destra) e dai rile-



FOTO 50 - Ponte tra Rivarolo e Ozegna (deflusso verso sinistra).

vati d'accesso, ha determinato l'innescarsi di processi erosivi al fondo, particolarmente accentuati verso la sponda destra, con conseguente sottoescavazione e cedimento di una delle pile e parziale abbattimento dell'opera (foto 50).

Anche il ponte di San Benigno è stato distrutto per intensi processi di erosione al fondo. Prima dell'evento alluvionale l'alveo a monte dell'attraversamento era molto ampio, ed era in parte costretto dai rilevati d'accesso. Il deflusso concentrato avveniva in un canale ampio un centinaio di metri e rettilineo. Oltre l'imponente soglia posta immediatamente a valle del ponte, il canale si riduceva ad una cinquantina di metri. Durante l'evento il notevole dislivello imposto dalla soglia ha favorito un aumento della turbolenza delle acque, innescando processi erosivi anche spondali, ma soprattutto concentrati al fondo. In corrispondenza della sponda destra, l'erosione al fondo ha determinato lo scalzamento della traversa, il suo cedimento e l'approfondimento del cana-



FOTO 51 - Ponte tra San Benigno e Foglizzo (deflusso verso sinistra). Il canale attivo, prima dell'evento era prossimo alla sponda sinistra; in seguito, il canale si è approfondito in corrispondenza della sponda destra per erosione rimontante, successiva allo sfondamento della soglia a valle. L'erosione di fondo ha determinato anche lo scalzamento di una delle pile, con crollo del ponte.



FOTO 52 - Foto scattata dopo la piena del 5/10/1992: la presenza della soglia a valle del ponte già allora aveva favorito l'innalzamento delle acque con conseguenti fenomeni di allagamento a monte e di innesco di fenomeni erosivi di fondo e lungo le sponde a valle.

le verso monte, per l'innescarsi di fenomeni di erosione rimontante. La pila posta in prossimità del canale inciso, ha ceduto, provocando il crollo parziale del ponte (foto 51).

Nell'ottobre 1992, in occasione di una piena dell'Orco, la traversa posta a valle del ponte aveva già favorito l'innescarsi di fenomeni erosivi di fondo e laterali (foto 52).

Circa 500 m a valle del luogo citato, dopo un tratto ad unico canale ret-

tilineo caratterizzato da notevole velocità di deflusso, si trova il ponte dell'Autostrada Torino-Aosta. La pila centrale del ponte è stata danneggiata per abbassamento a seguito di accentuati processi di erosione al fondo, con conseguente cedimento del piano viario (foto 53).

Ancora per processi modellanti l'alveo "principale" (ampliamento della sezione) è stato distrutto un edificio in comune di Castellamonte.

L'edificio, ubicato in sinistra Orco di fronte all'abitato di Rivarotta, al confine tra i comuni di Castellamonte e Salassa (figura 44), si trovava in prossimità della sponda del torrente, in corrispondenza di un alto morfologico (forse una vecchia isola fluviale), compreso tra l'alveo "principale" attuale ed una forma fluviale relitta, ancora incisa.

Il torrente, lungo questo specifico tratto presentava prima dell'evento (da fotografie aeree del 1991), un alveo "principale" ad unico canale, derivato dalla trasformazione di un precedente alveo pluricursale, come evidenziato, dalla presenza in sponda destra, di canali di deflusso appartenenti all'originario modello. Anche sulla sponda sinistra, sono tuttora ben riconoscibili forme fluviali più antiche obliterate da pratiche agricole.

In occasione dell'evento eccezionale del settembre 1993 l'Orco ha ripreso l'antico andamento pluricursale riattivando canali laterali, su entrambe le sponde, compresi quelli in corrispondenza dell'edificio segnalato, occupando tutta l'area ed ampliando l'alveo "principale" per accentuati processi erosivi.

Un altro edificio è stato lesionato a sud di Rivarolo per erosione al piede del terrazzo insommergibile (Cascina Camagnino) ed arretramento della sponda di una ventina di metri. Le fratture apertesi sul piano campagna prossimo all'orlo del terrazzo hanno lesionato le strutture (foto 54). In corrispondenza della cascina, si è osservato l'affioramento in alveo di sedimenti fini, cementati e depositati in ambienti a minor energia e verosimilmente non legati all'attività del corso d'acqua, su cui si è imposto il canale di deflusso.

La scarpata del terrazzo insommergibile che si sviluppa in modo pressoché continuo tra Cuornè e Felletto, a partire da Vesignano di Rivarolo, è da tempo soggetta ad erosioni spondali che, in occasione della piena del settembre 1993, hanno determinato anche l'asportazione di parte di una strada, in corrispondenza del Castello di Malgrà a Rivarolo.



FOTO 53 - Ponte dell'Autostrada Torino-Aosta. La pila centrale si è abbassata, provocando il cedimento del piano viario (deflusso da sinistra verso destra).

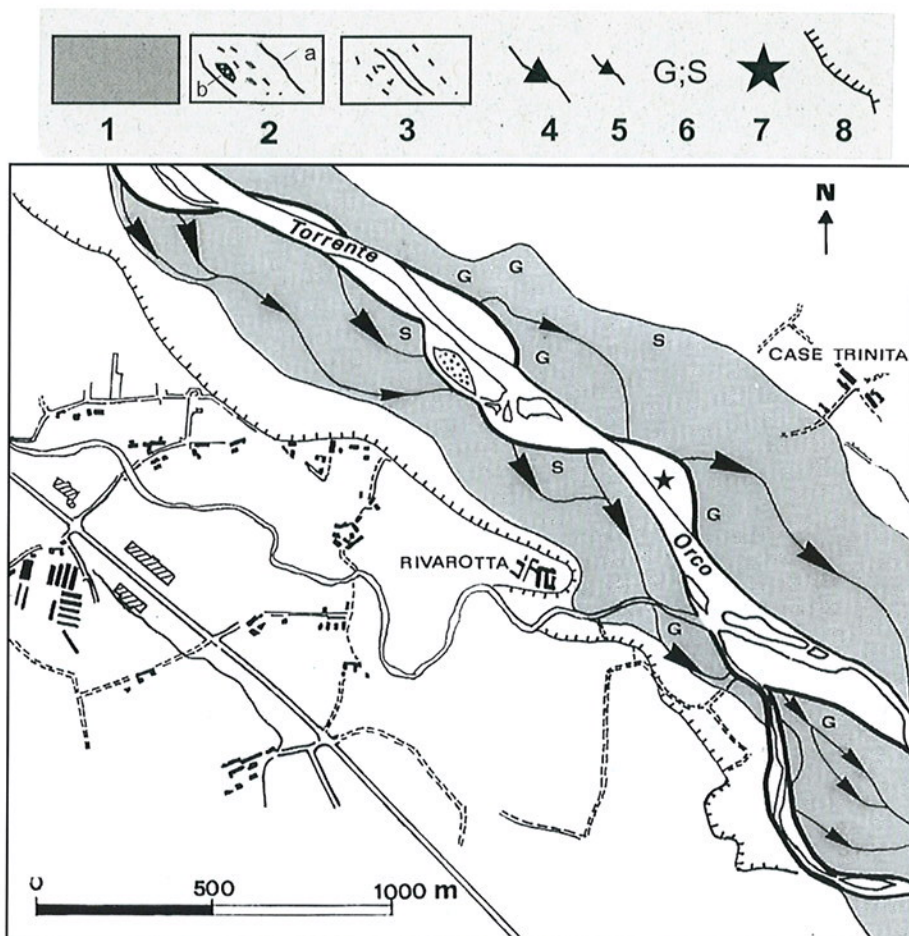


FIGURA 44 - Andamento dell'alveo principale e delle aree inondate, in corrispondenza della cascina abbattuta (ridisegno semplificato della Carta dei processi e degli effetti della piena del T. Orco del 23-24/9/1993, Regione Piemonte CSI). Legenda: 1) area inondata per esondazioni dall'alveo principale e da canali riattivati; 2) alveo principale modellato dalla piena del 23-24/9/1993, (a) tratto di sponda in erosione, (b) isola vegetata; 3) forme fluviali associate all'andamento del T. Orco da rilievi del 1975, 1978 (Carta Tecnica Provinciale, alla scala 1:5000, Provincia di Torino); 4) canale di deflusso secondario, associato al sistema pluricursale, riattivato ed ampliato; 5) canale di deflusso secondario, associato al sistema pluricursale, solo riattivato; 6) G depositi grossolani, S depositi sabbiosi; 7) ubicazione della cascina asportata dal torrente; 8) orlo di terrazzo insommergibile.



FOTO 54 - Erosione in sponda destra, in prossimità di Cascina Camagnino: in alveo, lungo il canale di deflusso affiorano depositi fini, cementati (Villafranchiano?), indicati con la lettera S.

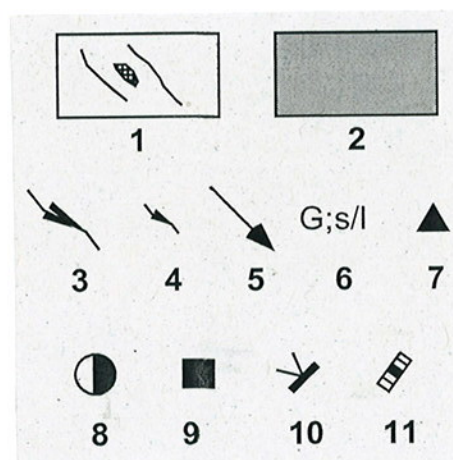
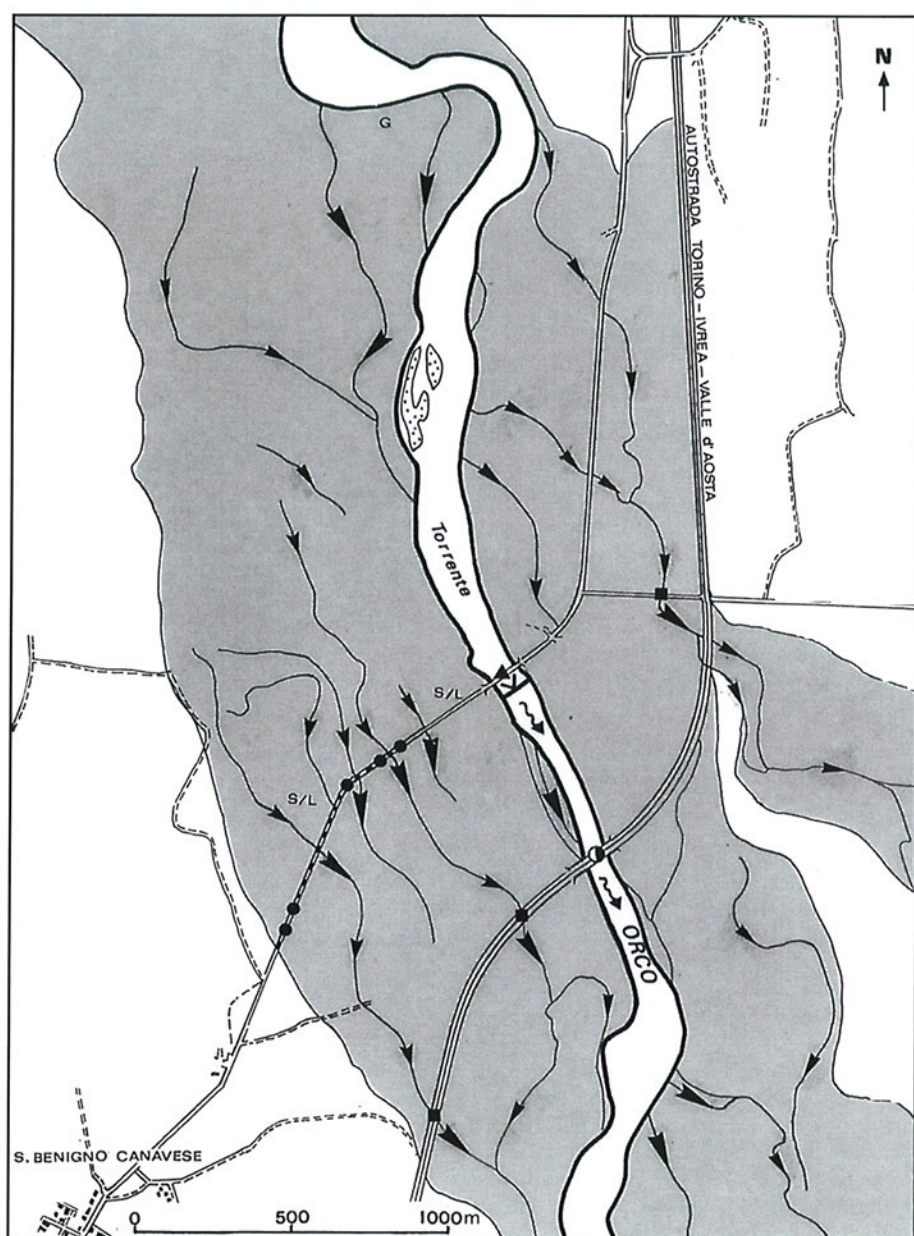


FIGURA 45 - Andamento dell'alveo principale e degli allagamenti in corrispondenza del ponte San Benigno-Fogizzo e dell' Autostrada Torino-Aosta (ridisegno semplificato della Carta dei processi e degli effetti della piena del T Orco del 23-24/9/1993, Regione Piemonte CSI).

Legenda: 1) alveo principale modellato dalla piena del 23-24/9/1993, (in puntinato le isole vegetate); 2) area inondata per esondazioni dall'alveo principale e da canali riattivati; 3) canale di deflusso secondario, associato al sistema pluricursale, riattivato ed ampliato; 4) canale di deflusso secondario, associato al sistema pluricursale, solo riattivato; 5) erosione di fondo concentrata in un canale preferenziale; 6) G depositi grossolani (ciottoli) S/L depositi sabbioso-limosi; 7) ponte distrutto; 8) ponte lesionato; 9) sottopasso idraulico lesionato; 10) soglia idraulica parzialmente asportata; 11) rilevato stradale che ha favorito a monte l'innalzamento del livello idrico e che è stato in più punti (pallini) asportato per erosione.



FOTO 55 - Strada Provinciale San Benigno-Fogizzo: parte prossima al ponte, in sponda destra. Si osservino lunghi tratti asportati del rilevato.

Processi connessi alla riattivazione di canali

La pressochè totalità della zona geneticamente legata al sistema pluricursale è stata inondata da acque provenienti da canali di deflusso, ordinariamente non attivi.

Oltre alle aree che contengono lo sviluppo massimo dei canali appartenenti al sistema pluricursale, in parte ancora attivo fino agli anni '50, sono state inondate per riattivazione di canali anche fasce più esterne, che possono essere associate ad un più antico sistema pluricursale le cui forme sono ancora visibili nella disposizione dei campi, anche se talora, fortemente rimodellate.

Opere di attraversamento sottomensionate di canali e rilevati stradali, posti ortogonalmente alla direzione di deflusso delle acque di allagamento, sono stati in più di un'occasione asportati dalle acque (strada collegante Montanaro con la provinciale Ozegna-Rivarolo; Strada Provinciale San Benigno-Fogizzo; Autostrada Torino-Aosta, in prossimità del ponte sull' Orco).

Tra le infrastrutture viarie interferenti con i canali riattivati, che hanno subito gravi danni, è esemplificativo il caso della Strada Provinciale collegante San Benigno a Foglizzo, asportata parzialmente o totalmente dalle acque tra le progressive chilometriche 10+300-11 (foto 55). Il trat-

to stradale danneggiato attraversa un'area ricca di vie di deflusso preferenziale, rappresentate da canali laterali dell'Orco, attualmente utilizzati come rogge irrigue e da incisioni minori, ormai quasi completamente obliterate dalle pratiche agricole (figura 45).

Il tratto stradale danneggiato ha svolto funzione di argine evidenziando differenti effetti associati al passaggio della piena a monte ed a valle del rilevato. A monte il livello si è innalzato ed abbassato lentamente, con deposizione di sedimenti fini. A valle dei tratti dove il rilevato è stato tracimato, si è determinata un'erosione al piede del manufatto stesso e la sua parziale o totale asportazione. In corrispondenza degli attraversamenti dei canali, l'acqua è defluita rapidamente, erodendo al piede il rilevato ed ampliando i canali stessi (foto 56).

Con meccanismi analoghi a quelli descritti, sono stati distrutti anche due sottopassi idraulici, lungo l'Autostrada Torino-Aosta (foto 57). L'innalzamento del livello delle acque di inondazione, per impedimento al deflusso dovuto a rilevati stradali, ha interessato in alcuni casi anche edifici posti a monte di essi.

Tra i canali riattivati, associati all'alveo pluricursale è da segnalare il rio Vercellino o Valassa, che ha provocato danni ed inondazioni lungo tutto il suo corso fino alla confluenza in Orco, a valle del ponte di Feletto. Questo canale laterale è attualmente utilizzato per scopi irrigui. Esso si



FOTO 56 - Particolare del rilevato della provinciale San Benigno-Fogizzo, sfondato in prossimità di un sottopasso idraulico.



Foto 57 - Autostrada Torino-Aosta: interruzione dovuta allo sfondamento di un sottopasso idraulico.

dirama dall'Orco poco a valle del ponte collegante la SS 460 alla SS 565, a sud di Castellamonte.

Poche decine di metri più a monte dell'opera di regimazione della roggia, parte dall'Orco un altro canale, ancora ben inciso e confluyente nel Vercellino poco più a valle.

In corrispondenza delle diramazioni dei canali prima citati, l'Orco ha eroso profondamente la sponda sinistra, sfondando il setto di separazione e riattivando violentemente i canali citati.

La località maggiormente interessata dagli allagamenti associati al Vercellino è stata la frazione Gave, in comune di Rivarolo Canavese. Questa frazione era già stata colpita in passato da piene del torrente Orco alle seguenti date:

10/09/1938: le acque dell'Orco, dopo aver rotto in sponda sinistra si riversarono nel rio Vercellino ed investono Le Gave; la dinamica di questo episodio pare del tutto analoga a quella della piena del 1993;

25/09/1947: allagata la frazione, isolate 25 persone;

1956: allagamenti collegati all'Orco causano l'isolamento della frazione;

1960: allagata la frazione Gave;

06/10/1977: allagata totalmente la frazione: 42 persone isolate;

01/04/1981: allagamenti presso la frazione.

Oltre alla frazione Gave, anche molte altre località sono state inondate dal rio: in comune di Castellamonte, Rivarolo, Ozegna e Lusigliè.

Processi prevalenti lungo il tratto a canale unico a valle del ponte dell'autostrada Torino-Milano

A valle del ponte autostradale gli effetti associati al passaggio della piena sono stati più contenuti; in generale le inondazioni hanno interessato principalmente aree poste entro le arginature, senza recare danni di rilievo, ad eccezione dell'inondazione di alcuni edifici a servizio di una cava a Pratoregio. Anche lungo questo tratto, benché non si siano verificate significative modificazioni della sezione per processi erosivi, tuttavia è da segnalare in corrispondenza della confluenza in Po la riattivazione di un ramo secondario da tempo abbandonato.

Analisi dei dati storici riguardanti le piene del Torrente Orco verificatesi nell'ultimo secolo

Sulla base dei dati relativi ad eventi di piena del T. Orco nel XX secolo (Banca Dati Geologica), è stata predisposta la tabella 7. Essa riporta l'elenco delle informazioni riguardanti gli effetti ed i danni indotti, suddivisi per comune coinvolto. Dalla serie viene evidenziata la pie-

na del 1993, sia per estensione delle aree colpite, sia per i danni registrati.

L'abbondanza di informazioni relative a questo evento è da ricollegarsi anche al fatto che esso è stato oggetto di rilevamenti diretti e specifici studi e, per questo motivo, risulta particolarmente documentato. Tuttavia bisogna ricordare che ad esso è associata la massima portata del torrente, 1600 m³/s, misurata a Spineto (Castellamonte).

Al contrario, alla seconda portata storica del torrente, misurata a Spineto (26/9/1947, 1410 m³/s), corrisponde una ridotta quantità di informazioni sul dissesto.

La scarsità di informazioni su dissesti associati alle piene storiche e, in particolare, a quella del 1947 può essere imputata in parte all'incompletezza delle serie raccolte, ma anche al fatto che l'analisi storica fornisce dati soprattutto inerenti eventi che hanno in qualche modo coinvolto le attività umane e pertanto non ne documenta la gravità intrinseca, ma piuttosto i danni provocati. Per questo motivo a completamento del dato storico e per una corretta valutazione degli eventi è necessario disporre sia delle portate storiche, sia di analisi dell'incidenza delle zone antropizzate sul territorio in esame. Nel caso specifico, lungo il torrente Orco, si sviluppa un'ampia fascia che, almeno fino agli anni '80, è stata scarsamente utilizzata ed in cui le acque di inondazione potevano liberamente defluire senza gravi conseguenze per le attività umane. Ne consegue che l'abbondanza delle informazioni sui danni associati alle piene verificatesi negli ultimi anni può anche essere imputabile al recente utilizzo di queste aree.

Dall'analisi dei dati della tabella 8 emergono alcune località ricorrentemente colpite: Gave di Rivarolo, Cortereggio, Pratoregio.

Cortereggio e Pratoregio in modo specifico sono ubicate a poche centinaia di metri dall'Orco e, in genere, sono interessate dai deflussi provenienti dall'alveo "principale" del torrente, mentre la località Gave, posta a distanza maggiore dal corso d'acqua viene inondata per riattiva-

Tabella 8. T. Orco: piene dell'ultimo secolo (Archivi Banca Dati Geologica) (EDIF = edifici; STR = strade; PON = ponti; ALT = altro; ER.S = erosione spondale; ER.F = erosione di fondo; ALV = alluvionamento; ALL = allagamento generico).

Data	Comune - Località	DANNI				EFFETTI			
		EDIF	STR	PON	ALT	ER.S	ER.F	ALV	ALL
24/09/20	Lusigliè Cascina Pianura								
24/09/20	Rivarolo								
17/05/26	Chivasso								
17/05/26	Chivasso Pratoregio								
10/09/38	Rivarolo Gave								
11/10/40	San Giorgio Cortereggio								
04/09/41	San Giorgio Cortereggio								
01/11/45	Chivasso								
01/11/45	San Giorgio Cortereggio								
25/09/47	Chivasso								
25/09/47	Chivasso Pratoregio								
25/09/47	Rivarolo Gave								
26/09/47	Chivasso								
04/09/48	Chivasso Pratoregio								
02/05/49	Chivasso								
02/05/49	Chivasso								
21/08/51	Chivasso								
26/09/56	Lusigliè Ciconio								
26/09/56	Ozegna Madonna								
26/09/56	Rivarolo								
26/09/56	Rivarolo Gave								
14/06/57	Chivasso								
14/06/57	Cuornè								
23/08/59	Brandizzo								
23/08/59	Settimo								
07/10/61	Cuornè								
15/11/62	Cuornè								
15/11/62	Fogizzo Ponte								
02/11/68	Ozegna								
02/11/68	San Giorgio								
30/10/76	Chivasso								
04/05/77	Rivarolo								
30/09/77	Rivarolo Vesignano Camagnino								
08/10/77	Chivasso Ponte A4 To-Mi								
08/10/77	Rivarolo Gave								
08/10/77	San Giorgio Cortereggio								
31/03/81	Feletto								
31/03/81	Rivarolo Gave								
31/03/81	San Benigno								
31/03/81	Volpiano								
12/10/87	Castellamonte								
12/10/87	Fogizzo								
12/10/87	Montanaro								
12/10/87	Rivarolo								
05/10/92	Chivasso								
08/10/92	Fogizzo Ponte								
23/09/93	Castellamonte Cassone								

zione di canali associati al sistema pluricursale.

Sempre dall'analisi storica emerge come il tratto di sponda insommergiabile, compresa tra Vesignano e Rivarolo, fosse soggetto, almeno dal 1977, ad intensi processi erosivi, gli stessi che, durante l'evento del 1993, hanno provocato l'asportazione di parte della nuova tangenziale di Rivarolo e che hanno seriamente compromesso la stabilità della Cascina Camagnino.

Emerge, infine, che dal 1926 sono stati ricorrenti i danni ai ponti per erosioni spondali o del fondo. Tre sono le segnalazioni di ponti distrutti: due nel settembre 1993; uno nell'ottobre 1977, quando, durante una piena, peraltro non particolarmente eccezionale, forti processi di erosione accelerata del fondo alveo causarono il cedimento di una delle pile del ponte dell'Autostrada Torino-Milano ed il crollo del piano viario di una delle corsie di marcia.

Considerazioni conclusive, relativamente al tratto di pianura del Torrente Orco.

La piena del Torrente Orco del settembre 1993 è stata una delle maggiori dell'ultimo secolo, forse la più importante, sia dal punto di vista delle portate che dei danni causati.

I rilevamenti di campagna e le indagini fotointerpretative hanno messo in luce alcuni aspetti significativi del comportamento del sistema fluviale in concomitanza al passaggio di una piena eccezionale. Al riguardo si possono formulare le seguenti considerazioni:

- l'alveo del torrente Orco prima dell'evento era caratterizzato, per la quasi totalità del suo andamento dalla presenza di un unico canale anche a causa dei massicci interventi finalizzati al contenimento dei deflussi in fasce sempre più ristrette. Dopo l'evento del settembre 1993 l'originario modello a canali plurimi si è riaffermato, attraverso processi modellanti caratteristici degli alveo-tipi pluricursali;
- in corrispondenza di ponti, in cui

la sezione dell'alveo risultava pesantemente ristretta dai manufatti d'accesso, l'attività erosiva si è espletata a fondo alveo, con conseguenze gravi sulle strutture;

- nelle aree inondate i danni più consistenti si sono avuti sulle infrastrutture interferenti con i canali riattivati appartenenti al sistema pluricursale;
- oltre alle località che risultano ricorrentemente danneggiate dal T. Orco, durante quest'evento, si sono registrati danni anche a strutture più recenti, ubicate in aree che presentano ancora evidenti caratteristiche morfologiche legate al sistema pluricursale.

L'analisi del dato storico, ha posto in evidenza che, per questo tratto, i danni associati a piene non contenute, sono stati abbastanza limitati, proprio per la presenza dell'ampia fascia associata al modello pluricursale, scarsamente utilizzata sino all'ultimo ventennio. Questa constatazione dovrebbe portare alla consapevolezza che ogni corretto intervento sul territorio può derivare solo da una profonda conoscenza del modello fluviale e della sua possibile risposta, agli eventi di piena in termini di meccanismi di propagazione dei deflussi.

5.6. Valli di Lanzo (TO)

(P. Tonanzi)

Le Valli di Lanzo, ubicate a circa 60 km a NO di Torino (figura 46), sono state tra le valli maggiormente colpite dall'evento alluvionale del settembre 1993.

La Val Grande, caratterizzata dalla presenza di un fondovalle non molto ampio e localmente ristretto dalla presenza di conoidi alluvionali, è stata pesantemente interessata nel corso della piena del T. Stura da fenomeni di erosione spondale, disallineamento e di alluvionamento che hanno causato gravi danni ai principali centri abitati vallivi (Forno Alpi Graie, Ricchiardi, Pialpetta, Chialamberto, Cantoira).

Ad eccezione del conoide di Forno Alpi Graie, le altre aree edificate sui conoidi presenti nella valle non sono state interessate da fenomeni di dissesto dato lo scarso trasporto solido lungo gli affluenti minori del T. Stura. La valle di Ala ha risposto in maniera migliore all'evento alluvionale, essendo localmente caratterizzata da un fondovalle molto inciso povero di materiali detritici facilmente mobilizzabili e da versanti in roccia affiorante o subaffiorante.

Queste caratteristiche, nonché la piovosità minore e l'assenza di centri

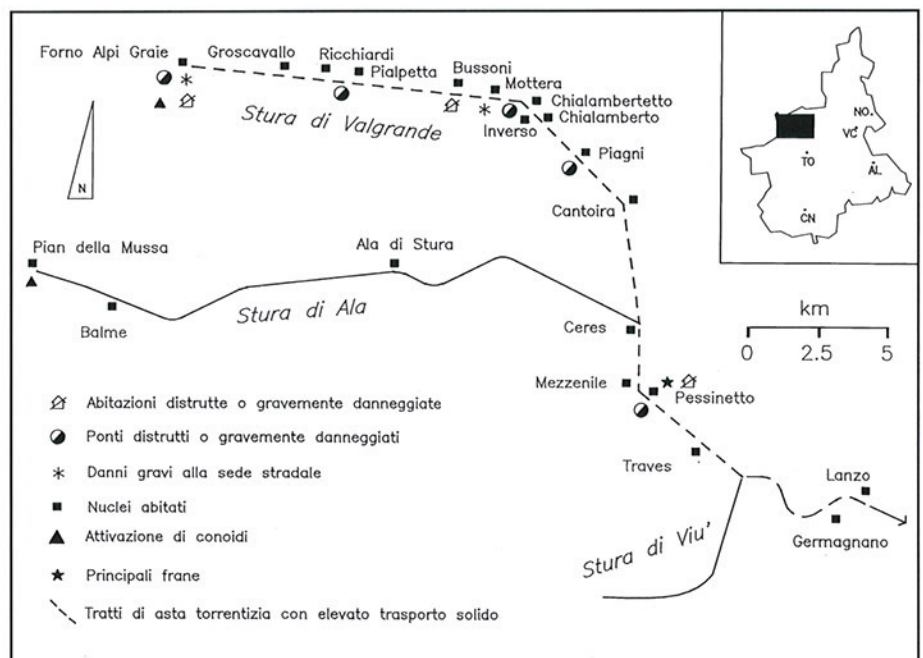


FIGURA 46 - Valli di Lanzo (TO). Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

abitati in prossimità dell'alveo, hanno fatto sì che la piena del T. Stura di Ala, essenzialmente liquida, non abbia causato danni rilevanti.

Un discorso a parte merita il Pian della Mussa, geomorfologicamente differente dal resto della valle, dove la riattivazione dei conoidi ivi presenti ha causato la diversione dell'alveo dello Stura dal suo originario percorso ed il danneggiamento delle infrastrutture presenti lungo l'estesa piana alluvionale.

La valle di Viù, geomorfologicamente simile alla valle di Ala, è stata marginalmente interessata dalle intense precipitazioni che hanno colpito le zone limitrofe e pertanto non ha evidenziato rilevanti problemi di natura idrogeologica.

Tra le ore 12 e le ore 14 del 24 settembre la piena del Torrente Stura di Valgrande, caratterizzata da un ingente trasporto solido, ha provocato notevoli danni nei Comuni di Groscavallo, Chialamberto, Cantoira, Pessinetto e l'interruzione della Strada Provinciale subito a monte di Chialamberto.

Quasi tutti i ponti e le passerelle di attraversamento del torrente Stura sono stati distrutti o gravemente danneggiati, numerosi sono i tratti dove il torrente ha cambiato corso e prodotto estesi fenomeni di erosione sponale e minori quelli dove ha depositato materiale alluvionale.

Successivamente all'ondata di piena del Torrente Stura, il centro abitato di Forno Alpi Graie nel Comune di Groscavallo è stato interessato dalla riattivazione del conoide nei pressi del quale è edificato il paese.

Dalla morena frontale del ghiacciaio del Mulinet si sono mobilizzati, tra le ore 16 e le ore 19 del 24 settembre 1993, ingenti quantitativi di depositi morenici che hanno raggiunto il centro abitato di Forno depositando sabbia, ciottoli e blocchi per una altezza che in certi punti ha raggiunto i 4-5 metri, invadendo i piani terra di numerose abitazioni, negozi ed un albergo.

Il vecchio alveo è stato completamente occluso ed il T. Stura si è ricavato un nuovo alveo pensile rispetto all'abitato.

Nelle frazioni Groscavallo, Ricchiardi



FOTO 58 - Comune di Chialamberto (TO): località Bussoni. Edificio di civile abitazione, ubicato lungo l'alveo di piena ordinaria del T. Stura. L'edificio è stato circondato dalle acque nel corso dell'evento alluvionale del settembre 1993.



FOTO 59 - Comune di Chialamberto: località Mottera. Frana per erosione al piede del rilevato della Strada Provinciale. L'interruzione della strada ha isolato la parte alta della Valgrande per alcuni giorni.

e Pialpetta la piena del T. Stura ha provocato estese erosioni spondali, la distruzione di ponti e passerelle nonché l'allagamento di alcune abitazioni e la distruzione dei campi sportivi e delle aree attrezzate.

Nel territorio comunale di Chialamberto, estese erosioni spondali, esondazioni con elevato trasporto solido grossolano ed allagamenti hanno interessato le località Bussoni, Mottera, Chialambertetto, Chialamberto concentrico ed Inverso.

In località Bussoni (foto 58) un edificio, situato lungo l'alveo di piena del T. Stura in sinistra idrografica, è

stato circondato dalle acque della piena che hanno depositato un ingente quantitativo di materiali ghiaioso-sabbiosi.

Presso la frazione Mottera (foto 59) il torrente ha eroso il versante orografico sinistro asportando la Strada Provinciale per un tratto di circa 50 m, danneggiando gravemente la passerella sullo Stura ivi presente.

A monte di Chialambertetto è stato completamente asportato il ponte di collegamento con la frazione Cossiglia (foto 60).

A Chialambertetto inoltre una marcata erosione fluviale ha generato



FOTO 60 - Comune di Chialamberto: località Cossiglia. Crollo del ponte sul T. Stura causato dall'erosione torrentizia in sponda destra che ha completamente asportato la spalla del ponte.



FOTO 61 - Comune di Chialamberto: località Inverso. Fenomeno di intensa erosione in sponda destra che ha asportato alcune decine di metri di campi coltivati a prato minacciando gli edifici della frazione Inverso.



FOTO 62 - Comune di Cantoira (TO): località Piagni. Ponte sul T. Stura danneggiato nel corso dell'evento alluvionale del settembre 1993. I rilevati di accesso al ponte sono stati aggirati ed asportati a causa della ridotta sezione di deflusso ostruita dal legname trasportato dalla piena.

localmente scarpate alte anche 6 metri: il ciglio superiore di una di esse coincide con uno spigolo della chiesa di San Matteo. È stata inoltre asportata una passerella sul T. Stura. A Chialamberto concentrico, a causa della rilevante azione di erosione spondale nel corso della piena, si sono riscontrati notevoli danni alle infrastrutture ubicate in prossimità dello Stura. In particolar modo è stata danneggiata la località Inverso (foto 61) dove il ponte che collega la frazione al concentrico ha subito alcuni danni e dove un'intensa erosione ha distrutto parecchi metri di difese spondali. L'acquedotto di valle è stato gravemente danneggiato in più punti lungo lo Stura.

Anche il Comune di Cantoira ha subito danni ai manufatti ubicati lungo l'asta torrentizia. In particolare è stata rilevata una marcata erosione spondale in località Cantoira concentrico, la distruzione dei ponti in località Balme e Piagni (foto 62) ed una accentuata divagazione dell'alveo in località Case Ghitta - Balme - Piagni.

Sebbene in misura inferiore rispetto ai danni riportati dai comuni dell'alta valle, anche il territorio comunale di Ceres ha subito danni alle infrastrutture ubicate lungo l'asta fluviale. Sono state rilevate notevoli erosioni fluviali che, in particolare lungo la sponda idrografica sinistra, hanno creato situazioni di pericolo immediatamente a valle del ponte della strada che collega Ceres a Fè e della confluenza tra la Stura di Val Grande e quella di Ala dove sono presenti alcune abitazioni (foto 63). Per quanto riguarda i danni riportati dal Comune di Mezenile si sottolinea che la limitata estensione del territorio comunale lungo l'asta del T. Stura ha limitato gli stessi alla zona compresa tra il ponte ferroviario e quello stradale. In questa zona sono state rilevate delle erosioni spondali che hanno generato scarpate alte circa 5 metri.

Verso le ore 12.00 del 24 settembre, una frana (foto 64) con un fronte di circa 70-80 m, originata dallo scivolamento della copertura detritica, ha interessato l'abitato di Pessinetto subito a monte del Municipio, pro-

vocando il crollo totale di due case e l'accumulo di materiale a ridosso di numerose altre, tra cui un albergo, che sono state invase dai detriti al piano terreno ed hanno dovuto essere evacuate. La frana ha interessato marginalmente anche la Strada Provinciale.

A causa dell'evento alluvionale è crollato il ponte della ferrovia Torino-Ceres (foto 65) vicino alla stazione di Pessinetto. La linea ferroviaria risulta inoltre danneggiata in alcuni punti per erosione della massicciata. Estesi fenomeni di erosione spondale hanno causato danni alle difese idrauliche ed alle passerelle presenti sul territorio comunale.

È stata inoltre rilevata la riattivazione di un paleoalveo immediatamente a monte del concentrico.

La modesta estensione del territorio comunale di Traves lungo il F. Stura ha fatto sì che i danni registrati si siano limitati a fenomeni di erosione spondale in corrispondenza del ponte sul corso d'acqua principale.

I danni riportati dal Comune di Ger-



FOTO 63 - Comune di Ceres (TO). Edificio di civile abitazione prossimo al ciglio di una scarpata di erosione del T. Stura.

magnano riguardano essenzialmente le opere idrauliche in sinistra idrografica lungo la Strada Provinciale e quelle in prossimità del cimitero in destra idrografica.

Nella valle di Ala sono stati rilevati

danni diffusi anche se meno gravi rispetto a quelli della Val Grande. Il Comune di Ala di Stura ha subito danni ad alcune passerelle non carrozzabili, alle prese degli acquedotti delle varie frazioni ed alle strade



FOTO 64 - Comune di Pessinetto (TO): frana in località Municipio. Il dissesto ha pesantemente coinvolto alcuni edifici di civile abitazione. Due di essi sono stati completamente distrutti.

vicinali. Nel Comune di Balme è franato un tratto di strada in località Chialambertetto ed in varie zone si sono registrati piccoli franamenti e danni lungo l'asta del T. Stura.

Il Pian della Mussa è stato oggetto di notevole trasporto solido che ha causato la diversione dell'alveo della Stura dal suo originario percorso e l'abbondante deposito di materiale ghiaioso grossolano su di una vasta superficie (foto 66).

La Valle di Viù è stata marginalmente interessata dall'evento alluvionale riportando modesti danni nei Comuni di Viù, Lemie ed Usseglio, consistenti in piccoli crolli, danni puntuali alle difese spondali e locali fenomeni di erosione spondale da parte della Stura di Viù.



FOTO 65 - Comune di Pessinetto: località capoluogo. Ponte ferroviario sul T. Stura crollato nel corso della piena.

5.6.1. LA RIATTIVAZIONE DEL CONOIDE DI FORNO ALPI GRAIE (P. Tonanzi)

Il conoide di Forno Alpi Graie si è riattivato a seguito della mobilitazione di ingenti quantitativi di depositi morenici che, staccatisi dalla morena frontale del ghiacciaio del Mulinet per il probabile repentino svuotamento dell'invaso creatosi a monte della morena a seguito delle intense precipitazioni, hanno raggiunto la frazione abitata depositando sabbia, ciottoli e blocchi per una altezza che in certi punti ha raggiunto i 4-5 metri (figura 47).

La lava torrentizia generatasi a seguito del collasso di un settore della morena frontale (foto 67, 68), dopo essersi incanalata lungo l'alveo inciso del T. Bramafam, ha mobilitato ulteriori depositi sciolti lungo il suo percorso (foto 69), ha raggiunto la piana alluvionale a monte di Forno (foto 70), colmandola interamente con 1-2 metri di depositi, ed ha proseguito fino alla confluenza con il T. Stura di Sea provocando seri danni alla frazione abitata di Forno Alpi Graie (foto 71, 72).

Il dislivello totale coperto dalla lava torrentizia è stato di circa 1.300 metri su di una distanza superiore ai 3 km. Tale fenomeno, che ha avuto origine presso la testata del Torrente



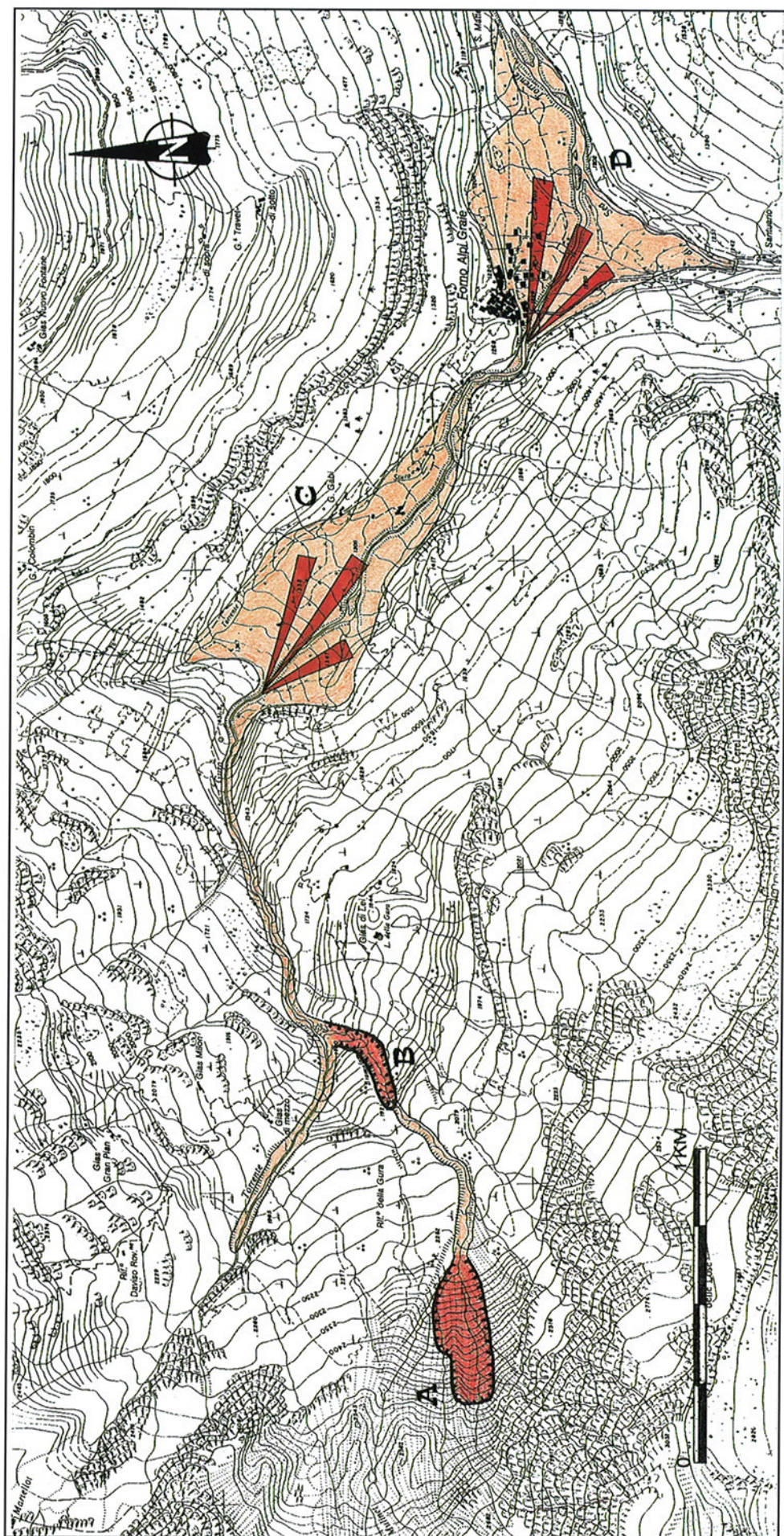
FOTO 66 - Comune di Balme (TO): località Pian della Mussa. Riattivazione dei locali conoidi che hanno provocato un generale sovralluvionamento del fondovalle, divagazioni dei corsi d'acqua ed interruzioni in più punti della S.P. 1.

Bramafam a circa 2.500 m s.l.m.m., alcune centinaia di metri a valle del limite inferiore attuale del ghiacciaio del Mulinet, ha generato nella morena frontale una profonda incisione, lungo la massima pendenza, di forma allungata e con sviluppo di circa 400 metri.

L'incisione presenta una larghezza presso il settore apicale di circa 130 m, mentre l'altezza delle scarpate laterali risulta variabile, maggiore sul versante orografico sinistro ove, presso la testata, raggiunge gli 80 m cir-

ca; l'altezza media è nell'ordine dei 50 m. Tali scarpate presentano inclinazione variabile da 50° a 70°- 80° nella parte apicale.

Il deposito morenico parzialmente collassato è formato da un insieme eterometrico costituito da abbondanti materiali fini limoso-sabbiosi inglobanti ghiaia e blocchi aventi dimensioni sino ad alcuni metri cubi. Sulla base dell'esame delle aereofotografie precedenti all'evento e sulla base dei dati di cui sopra, si stima che il volume complessivo dei mate-



- A = Morena frontale del Ghiacciaio del Mulinet
 B = Conoide del T. Bramafam
 C = Piana alluvionale a monte di Forno Alpi Graie
 D = Conoide di Forno Alpi Graie
- | | | | | | |
|---|--------------|---|--------------------|---|---------------------------------------|
|  | Aree franate |  | Conoidi riattivate |  | Aree interessate dal trasporto solido |
|---|--------------|---|--------------------|---|---------------------------------------|

FIGURA 47 - Comune di Groscavallo (TO). Schema del dissesto presso la località Forno Alpi Graie.



FOTO 67 - Panoramica dei rilievi a monte di Forno Alpi Graie. Da notare l'incisione nella morena frontale del ghiacciaio del Mulinet, visibile al centro della foto, ad una quota di circa 2500 m s.l.m.m.



FOTO 68 - Particolare dell'incisione nella morena frontale del ghiacciaio del Mulinet. Il parziale collasso della morena nel corso dell'evento alluvionale del settembre 1993 ha dato origine all'intenso trasporto solido che ha pesantemente colpito la frazione di Forno Alpi Graie.

riali collassati in questa zona e trasportati a valle sia dell'ordine dei 1.0-1.5 milioni di metri cubi.

Le scarpate di neoformazione, presentando un'angolo decisamente superiore all'angolo di riposo dei materiali costituenti i pendii circostanti, risultano attualmente in condizioni critiche di stabilità. Tale situazione è rilevabile anche dai giunti di trazione originatisi a tergo delle scarpate di neoformazione più ripide. L'evoluzione del fenomeno, che comporta il raggiungimento sulle scarpate laterali dell'incisione dell'angolo di riposo, prevede una ulteriore mobilitazione di materiali sino a volumi indicativamente valutabili in un milione di m³.

In prossimità del lago della Gura, tra i 1800 e i 1900 m, è presente il conoide alluvionale del T. Bramafam che è stato parzialmente coinvolto ed inciso dai materiali collassati dalla sovrastante morena durante l'evento del settembre 1993.

Da tale conoide, che attualmente presenta una incisione con uno sviluppo di circa 300 m, una larghezza media di 50 ed una altezza compresa tra 10 e 30 m, si stima che siano stati mobilitate alcune centinaia di migliaia di metri cubi di materiale detritico che hanno contribuito ad alimentare il conoide di Forno Alpi Graie durante la piena del settembre '93.

Le scarpate laterali si presentano attualmente subverticali ed in precario equilibrio ed il loro assestamento secondo l'angolo di attrito interno proprio di questi materiali prevede una ulteriore mobilitazione di alcune centinaia di migliaia di metri cubi.

Da segnalare che l'ampia piana alluvionale immediatamente a monte di Forno ha mitigato gli effetti del trasporto in massa accumulando ingenti quantitativi di depositi su di una superficie superiore ai 500.000 m². Il basso gradiente di pendenza della piana ha favorito la deposizione di circa 0.5 - 1 milioni di metri cubi di detrito, sottraendo alla colata materiale che avrebbe altrimenti raggiunto la frazione abitata causando verosimilmente danni maggiori di quelli registrati.



FOTO 69 - Particolare del conoide del T. Bramafam posta a circa 1850 m s.l.m.m. in prossimità dei laghi della Gura. Il materiale detritico costituente il conoide è stato parzialmente mobilitato nel corso dell'evento alluvionale del settembre 1993 ed ha contribuito ad alimentare il trasporto solido durante la piena.



FOTO 70 - Piana alluvionale a monte di Forno Alpi Graie interessata dall'ingente trasporto solido nel corso dell'evento alluvionale del settembre 1993. Da notare l'enorme quantità di materiale detritico grossolano mobilitato e depositato durante la piena.



FOTO 71 - Comune di Groscavallo (TO). Frazione Forno Alpi Graie: la piazza centrale del paese invasa dai depositi detritici grossolani lasciati dalle acque del T. Stura nel corso della piena.



FOTO 72 - Comune di Groscavallo. Frazione Forno Alpi Graie: la via principale del paese lungo la quale si sono incanalate le acque del T. Stura nel corso della piena del settembre 1993.

Dati storici

Spesso, da più parti, viene sottolineata l'eccezionalità dell'evento alluvionale del settembre 1993. Ma a dimostrazione che eventi calamitosi del genere non sono poi così infrequenti, vengono brevemente riassunte alcune notizie storiche tratte dall'archivio della Banca Dati Geologica circa alcuni dissesti verificatisi nel Comune di Groscavallo.

Da: L. CLAVARINO, *Saggio di corografia statistica e storica della Valle di Lanzo*, 1867:

«Fin dai tempi più remoti queste valli andarono soggette a devastazioni per cagione delle piogge, e la storia ne ha registrato le principali. In una inondazione, vero diluvio d'acque, sopravvenuto il 7 agosto 1469 furono distrutti 13 ponti, 10 fucine, tutte le strade... Il 13 e 14 maggio 1549 una pioggia sterminata che succedette a diverse scosse di terremoto cagionò una generale inondazione che distrusse quanti prati si trovavano lungo le valli. Nel giorno di San Matteo dell'anno 1640 in Forno-Groscavallo le rovine ed inondazioni distrussero talmente i beni... Verso il 1700 due frazioni in Valle Grande, denominate Cianscia e Teppe, dipendenti del Comune di Groscavallo, l'una popolata da quaranta famiglie, l'altra da quindici, furono sepolte sotto le rovi-

ne di montagne che un diluvio d'acque fece crollare... Il 2 giugno 1789, dopo una spaventosa procella ed una pioggia a torrenti, enormi rocce si precipitarono dai Rivi Ungbiasse e Vercellina sulla sinistra della Stura di Groscavallo, e da quelli di Missirola, Croset e Torrione sulla destra, e cagionarono ai sottoposti Comuni di Forno, Groscavallo, Bonzo...».

Da: FRATELLI GIOVANNI & PASQUALE MILONE, *Notizie delle Valli di Lanzo*, 1911:

«...Altra memorabile inondazione in Val Grande si è quella del 1846. In ottobre il Torrente Vercellina, trasformatosi per le lunghe piogge e per lo squagliamento della neve, già caduta sulla cima delle montagne, in un vero fiume di vortici spaventosi, corrose le pareti dei monti, fra cui scorre, ostruendo con l'immane cumulo di detriti la Stura al suo confluente. Questa arrestata nel suo corso, rigurgitando allagò la valle superiormente alla Migliere, poi tutto ad un tratto le acque si sprigionarono e si gettarono con spaventosa violenza giù per la valle, abbattendo ponti, rompendo dighe, rovinando strade, asportando terreni e case, coprendo di ghiaia e di macigni i prati, recando nel suo corso la rovina e la desolazione...».

5.6.2. LAVORI DI CONSOLIDAMENTO SULLA FRANA DI PESSINETTO (TO) (G. Arcuri, R. Perrone)

Nel Comune di Pessinetto (TO) un esteso fenomeno franoso per fluidificazione delle coperture superficiali-

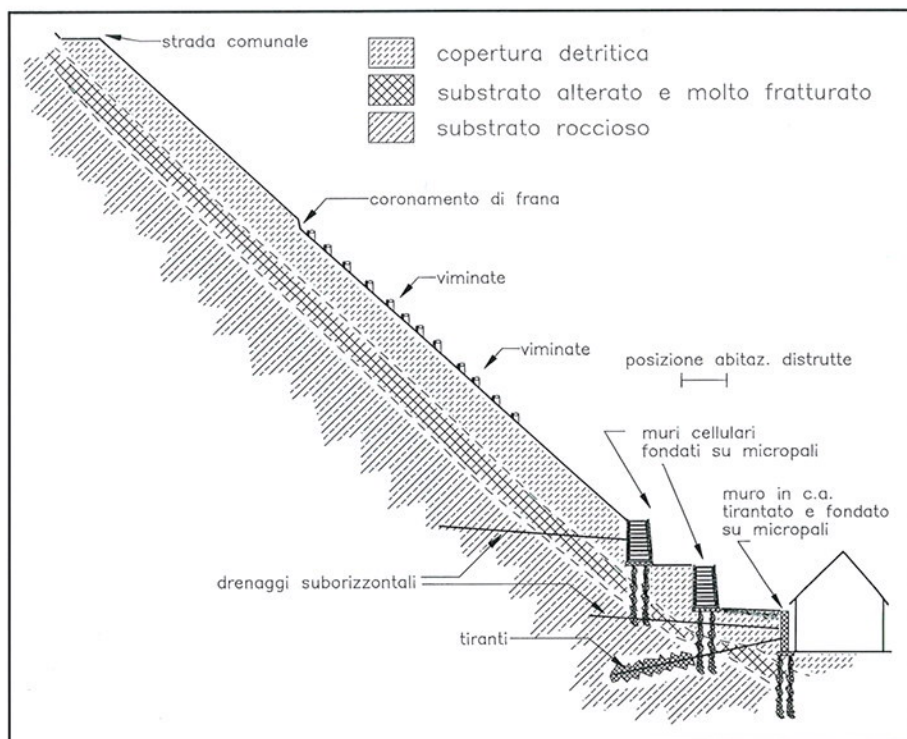


FIGURA 48 - Pessinetto (TO). Sezione schematica del versante interessato dal movimento franoso; sono riportati gli interventi di sistemazione.

li, ubicato lungo il versante che domina il capoluogo, ha coinvolto sette fabbricati dei quali sono stati completamente distrutti (foto 64). Il dissesto, causato dalla saturazione della coltre detritica costituita da materiale grossolano inglobato in una matrice fine, ha mobilitato una ingente quantità di materiale solido che ha invaso la sottostante Strada Provinciale causandone la chiusura temporanea. Il Servizio Interventi Progettuali Geologico-Tecnici, Pronto Intervento e Verifica Grandi Opere Infrastrutturali del Settore Geologico si è attivato tempestivamente all'indomani dell'evento franoso in merito alla redazione del progetto esecutivo di sistemazione della frana. Il progetto prevede opere di sostegno al piede, sistemazioni superficiali sul corpo di frana e la regimazione delle acque superficiali. Sono previste le seguenti opere (figura 48):

- muri in c.a. ad altezza variabile da 2.5 a 5.6 m, fondati su micropali e tirantati tramite tiranti da 50 t lunghi 22 m;
- due ordini di muri cellulari fondati su micropali, ad altezza di 5.2 e 4.2 m;
- messa in posto di drenaggi suborizzontali a lunghezza di circa 18 m, intestati alle spalle del muro cellulare alto e dei muri in c.a.;
- riprofilatura del versante;
- opere di ingegneria naturalistica (viminate, palizzate e grate vive) con funzione antierosiva e di sostegno delle coltri superficiali sul corpo di frana, su di una superficie di circa 4000 m²;
- allontanamento delle acque superficiali dal corpo di frana.

FIGURA 49 - T. Mardarello, distribuzione degli alluvionamenti associati al trasporto in massa del 23/9/1993.

Legenda: 1) area alluvionata da sedimenti grossolani, inglobati in una matrice limosa; 2) area alluvionata da sedimenti essenzialmente fini; 3) erosione di sponda; 4) trascinamento di materiale dal muro di difesa; 5) tracce di deflusso sul piano viario di acqua e fango; 6) ponte che ha innescato fenomeni di rigurgito; 7) ponte danneggiato.

5.7. Bacino della Dora Riparia (G. Bellardone, F. Forlati, con la collaborazione di S. Raffone & F. Tamberlani)

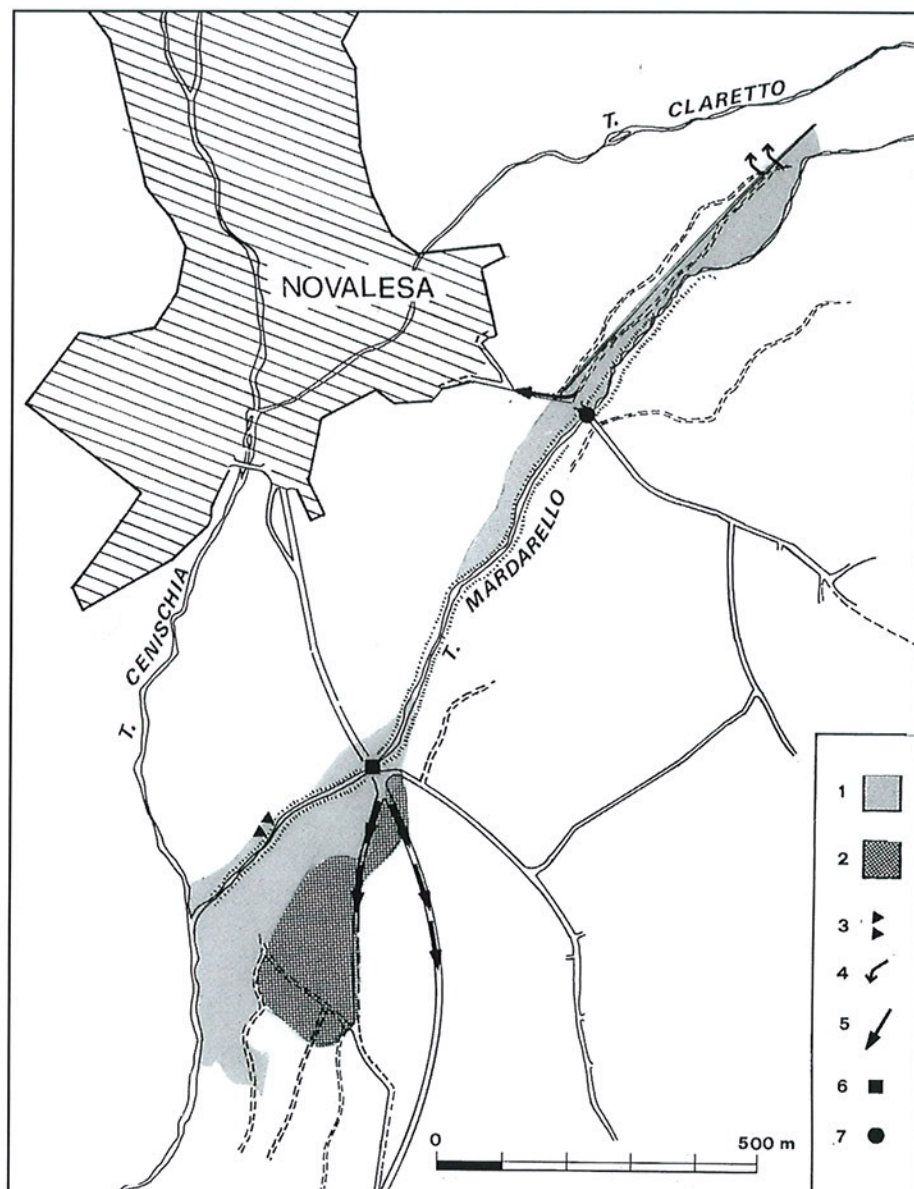
La Val di Susa è stata solo marginalmente interessata dall'evento alluvionale del settembre 1993, tuttavia si sono registrati piene e fenomeni di trasporto in massa, lungo alcuni tributari. Quelli che hanno dato luogo ai processi più rilevanti sono stati il T. Mardarello (Novalesa, Val Cenischia, trasporto in massa), il T. Clarea (Giaglione, piena con abbondante trasporto solido), rio Gran Gorgia (Bardonecchia, Valle Stretta, trasporto in massa), ed il Rio Almiame (Bardonecchia, Vallone di Rochemolles, probabile trasporto in massa, informazione indiretta).

I processi che hanno coinvolto maggiormente strutture antropiche sono imputabili ai torrenti Mardarello, Clarea, Gran Gorgia.

Torrente Mardarello

Il Torrente Mardarello nasce dal Rocciamelone, a quota 2600 m circa. Esso scorre nella parte medio alta del bacino essenzialmente in calcescisti, cui si accompagnano abbondanti depositi detritici e confluisce nel T. Cenischia poco a valle dell'abitato di Novalesa.

Un tratto in cascata separa il corso superiore del Mardarello dalla zona di conoide, dove scorre in un alveo inciso, nella parte medio alta, più ampio e meno affermato nella parte



a valle del ponte della provinciale Susa-Venaus. Lo sviluppo complessivo del corso d'acqua in conoide è circa 1 km.

Caratteristiche di questo torrente sono le piene pressoché annuali, con abbondante trasporto solido. L'episodio del settembre 1993 è stato, comunque uno dei maggiori degli ultimi anni, per estensione delle aree alluvionate. Durante quest'evento, il torrente ha dato luogo ad un tra-

sporto in massa di notevoli proporzioni, con estesi alluvionamenti in conoide, soprattutto nel tratto compreso tra la provinciale Novalesa-Venaus e la confluenza nel Cenischia (figura 49, foto 73). Il ponte sulla provinciale è stato sormontato dalla colata che ha invaso anche la sede stradale. In prossimità del ponte della provinciale è stata sommersa dai depositi anche un'area attrezzata a scopo ricreativo (foto 74).



FOTO 73 - Panoramica di parte del materiale depositato dal Mardarello, nel settore di conoide compreso tra il ponte della provinciale Novalesa - Venaus (sullo sfondo), e la confluenza con il Cenischia (in primo piano, coperta dal versante). Viene indicato (V bianche) il limite della zona interessata da alluvionamenti.



FOTO 74 - Particolare del materiale depositato, poco a valle del ponte sulla provinciale Novalesa-Venaus; da osservare il cancello completamente sommerso dai sedimenti, ma non lesionato ed, in primo piano, verso sinistra (evidenziata), la rete metallica piegata ma non divelta, a testimonianza di lente velocità di propagazione della colata (deflusso verso sinistra).

In generale, la colata si è propagata nella zona compresa tra il muro costruito dal Genio Civile a protezione della sponda destra negli anni '50 e l'alveo, nella parte a monte della strada Novalesa Sant'Anna, ricoprendo sedimenti depositati da vecchie colate. Lungo la strada che collega Sant'Anna a Novalesa, è defluita verso il capoluogo, la parte più liquida della colata, giungendo fino alle prime case dell'abitato.

A valle del ponte della Provinciale per Venaus, fino alla confluenza con il Cenischia una vasta area è stata alluvionata da sedimenti grossolani inglobati in una matrice limosa, nelle zone prossime al Mardarello, essenzialmente fini, nelle aree più distali. È da rilevare che esiste una situazione di potenziale pericolo per l'abitato di Novalesa dovuta al fatto che la zona apicale del conoide del Mardarello si presenta sopraelevata rispetto alla zona apicale del conoide del torrente Claretto, posta immediatamente e nord, che attraversa l'abitato di Novalesa. Il muro che separa le due zone apicali al momento attuale risulta interrato dal materiale depositato dal Mardarello ed,

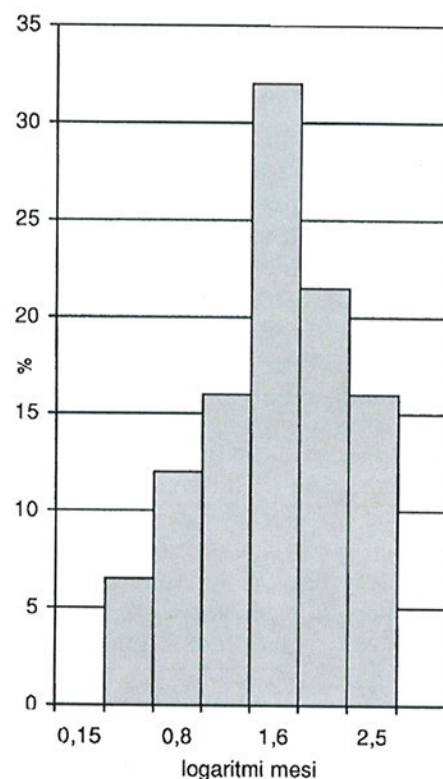


FIGURA 50 - Ricorrenze degli episodi di piena più significativi del T. Mardarello, con associati danni.

in alcuni tratti, fuoriesce dal «piano campagna» per altezze inferiori al metro.

È necessario, pertanto, predisporre interventi nella zona apicale che scongiurino il pericolo di un'eventuale deviazione anche temporanea del Mardarello, verso il Claretto.

Dall'analisi dei dati storici riguardanti l'attività dei corsi d'acqua ed i processi lungo i versanti, interessanti il territorio Piemontese, emerge che, dal 1860 al 1993, sono state almeno 24 le piene del Mardarello con associati danni, con una ricorrenza media di 3,88 anni. L'istogramma di figura 50 è stato ottenuto utilizzando le ricorrenze degli eventi più significativi. Negli anni successivi si sono registrate altre piene del Mardarello, seppur di minore entità: nel giugno 1994 e nell'agosto 1995.

Torrente Clarea

Il bacino del torrente Clarea si sviluppa lungo il versante sinistro della Valle Susa, con andamento nord ovest, sud est, e confluisce nella Dora Riparia tra Chiomonte e Giaglione. Nel settembre 1993, il T. Clarea fece registrare una notevole piena, con abbondante trasporto solido, soprattutto nella parte medio-alta del suo corso, fino al ponte in corrispondenza di località Gorana.

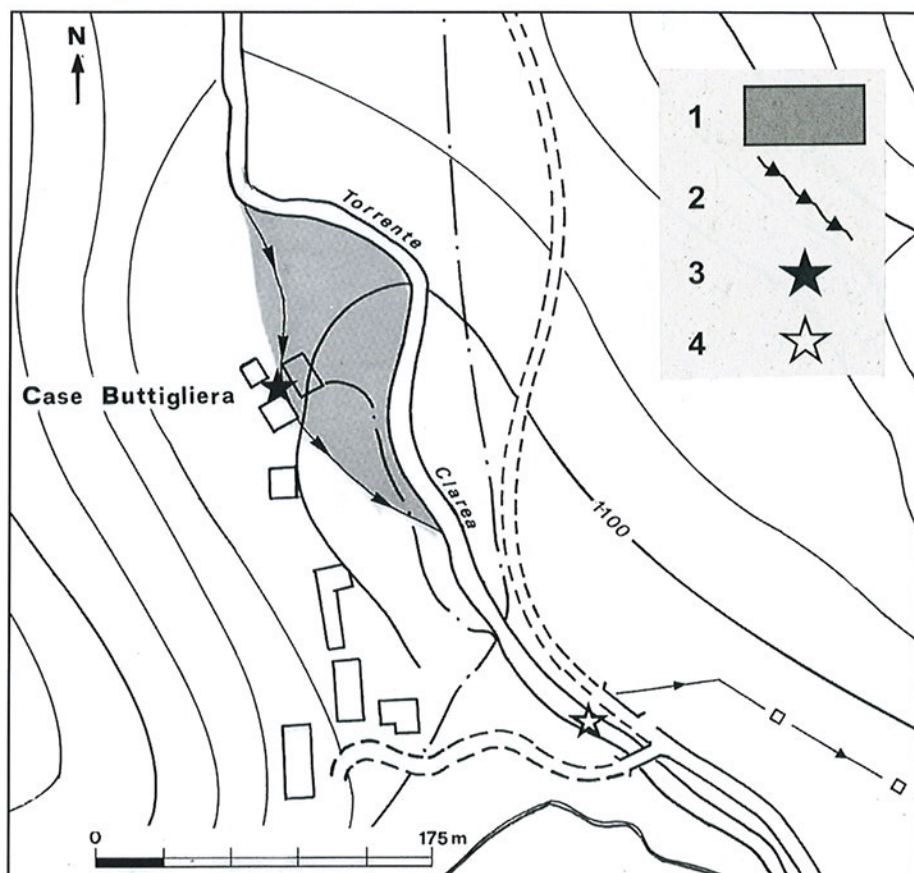


FIGURA 51 - Piena del T. Clarea del 23/9/1993: processi associati e danni.

Legenda: 1) area entro cui si è impostato il nuovo alveo del torrente Clarea, con associati alluvionamenti grossolani; 2) direzione del canale abbandonato riattivato; 3) gruppo di edifici investiti da sedimenti grossolani, danneggiati o parzialmente distrutti; 4) opera idraulica danneggiata.

In località Case Buttigliera (comune di Giaglione) il torrente ha distrutto tre edifici, (figura 51) fortunatamente disabitati. Tutto il fondo val-

le dove sorge il piccolo edificato è stato interessato dal passaggio della piena (foto 75). Gli edifici distrutti si trovavano ubicati in corrispondenza di una forma fluviale ordinariamente non attiva, incisa ed ancora ben individuabile da aerofotografie, riattivata durante l'evento alluvionale del settembre 1993 (foto 76). Sono stati parzialmente distrutti tre edifici rurali, un quarto è stato interessato marginalmente dalla piena del torrente, con alluvionamento della cantina ad opera di sedimenti limoso-sabbiosi. Una colonia estiva che si trova nelle immediate vicinanze è stata coinvolta parzialmente, con allagamento di parte di un cortile. Presso la località Gorana, in corrispondenza del ponte di accesso alla sponda destra, è stata seriamente danneggiata l'opera di presa di un canale, mentre a valle del ponte gli effetti del passaggio della piena sono stati contenuti entro l'alveo del torrente.



Foto 75 - Edifici distrutti in località Case Buttigliera (direzione di deflusso verso l'osservatore).

Torrente Gran Gorgia

Il Torrente Gorge o Gran Gorgia è ubicato in territorio di Bardonecchia, nella zona di Pian del Colle e sottende un bacino di 2,5 km². Il suo conoide ha un'estensione di km 0,5. Il canale di scarico scorre lambendone il margine orientale ed è molto inciso nella parte alta e poco inciso nella parte medio-bassa.

Il torrente ha dato luogo il 23 settembre 1993 ad un notevole trasporto in massa, con alluvionamenti in conoide, ed interruzione della Strada Provinciale .

Il parcheggio di un campeggio, posto in prossimità della confluenza del Gran Gorgia con il T. Valle Stretta, è stato ricoperto da sedimenti (soprattutto fini, ma con presenza di frazione a pezzatura più grossolana). Lo spessore della colata che è defluita sul piazzale è stato valutato, dalle tracce lasciate sulle pareti di un garage, in circa 1,5 m (foto 77).

Parte della colata è anche defluita all'interno del campeggio, in prossimità del cancello d'ingresso (foto 78). In passato sono già stati segnalati processi analoghi lungo il Gran Gorgia, l'ultimo dei quali, nel luglio 1987.

In quell'occasione fu possibile evacuare il campeggio solo grazie alla lenta velocità di propagazione della colata. Nel 1948 si era verificato un altro trasporto in massa con danni alla strada di Pian del Colle.



Foto 76 - Incisione del nuovo alveo ed alluvionamenti grossolani, visti da monte di Case Buttiglieria (direzione del deflusso verso l'edificio in secondo piano).



Foto 77 - Rio Gran Gorgia, tracce del passaggio della colata, sul fianco di un prefabbricato, posto sul piazzale di un campeggio. Il campeggio si trova in prossimità della confluenza Gran Gorgia - Valle Stretta.



Foto 78 - Rio Gran Gorgia, sedimenti fini depositati all'interno del campeggio, in prossimità dell'entrata.

5.8. Provincia di Cuneo

(E. Gandino)

La provincia di Cuneo è stata colpita solo marginalmente dall'evento alluvionale del 22/25 settembre 1993. Fenomeni temporaleschi di forte intensità hanno tuttavia determinato in numerosi Comuni ingenti danni alle infrastrutture (strade, ponti, ecc...).

Si è trattato, nella maggioranza dei casi, di rovesci di pioggia molto intensi e localizzati, che hanno provocato l'insorgere di fenomenologie dissestive sui versanti e soprattutto lungo i corsi d'acqua minori.

Le aree più colpite risultano tre: il bacino dell'alto Po (Comuni di Envie e Sanfront), l'alto Tanaro (Garessio e Ormea) e la parte intermedia dei bacini del Belbo e Bormida (Comuni di S. Stefano Belbo, Bosia, Perletto). Sulle tre aree menzionate i dissesti più diffusi sono riconducibili a fenomeni di trasporto in massa lungo gli alvei dei corsi d'acqua secondari, accompagnati da intensa erosione di sponda e di fondo alveo, esondazioni ed alluvionamenti nelle zone di confluenza.

Frane di varie dimensioni (nelle coperture per scalamiento al piede dei versanti delimitanti il talweg dei torrenti) e la vegetazione sradicata lungo l'alveo hanno generato pulsazioni di piena; a queste ultime sono legati i maggiori danni alle infrastrutture.

Bacino dell'alto Po: zona pedemontana del Monte Bracco. Il M. Bracco è caratterizzato da un profilo (E-W) fortemente asimmetrico: ad Est è troncato da una parete (falesia) verticale di circa 100 m.

Ai piedi della falesia si allunga, parallelamente alla linea di cresta, un piano inclinato (*glacis*) di raccordo con la pianura antistante.

La superficie inclinata è rastremata da una serie di corsi d'acqua paralleli, che si originano ai piedi della falesia.

In corrispondenza di alcuni di questi corsi d'acqua: Rio Comba Grande e Rio Pisour, nella notte del 25 settembre 1993 si sono verificati fenomeni di esondazione con elevato trasporto solido ed allagamenti sulle



FOTO 79 - Comune di Envie (CN). Rio Comba Grande: alluvionamento delle aree adiacenti l'alveo ordinario del rio (canalizzato al centro della foto). Asportazione di un tratto di strada e relativo ponticello.



FOTO 80 - Comune di Envie. Le acque del Rio Comba Grande nel corso della piena hanno abbandonato l'alveo ordinario (sulla destra) incanalandosi lungo la strada ad esso parallela e depositando materiale grossolano sulla strada per Envie.

aree circostanti l'alveo ordinario (foto 79).

Nel corso dell'evento è stata completamente asportata per alcune centinaia di metri la carreggiata della strada comunale di accesso ad alcune borgate (foto 80); sono stati inoltre distrutti o gravemente danneggiati alcuni ponticelli di collegamento con i fondi coltivati adiacenti il corso d'acqua.

Bacino del Torrente Tatorba, affluente di destra del Fiume Bormida. Esso presenta una superficie di alcuni chi-

lometri quadrati ed è impostato su marne argillose grigio azzurre ritmicamente alternate ad arenarie fittamente stratificate (formazione di Cortemilia, Langhiano, Aquitaniano) immergenti verso NW di 15°. Nel corso della piena del 25 settembre 1993 il Rio Tatorba, presso il Comune di Perletto, ha alluvionato gran parte delle aree di fondovalle, depositando lungo l'alveo e sulle aree adiacenti, ingenti quantità di materiale misto (ciottoli, sabbie, limi). Durante l'evento alluvionale il corso d'acqua in piena ha esercitato lun-

go le sponde un'intensa attività erosiva, innescando localmente movimenti franosi per scalzamento al piede.

Alcune opere di difesa e sistemazione idraulica esistenti nel tratto a monte della confluenza con il Torrente Bormida (briglie, gabbionate), sono state gravemente danneggiate (foto 81) così come alcune infrastrutture (ponti, strada comunale).

5.9. Bacini dei Torrenti Bormida e Belbo (AT) (D. Barozzi & L. Masoero con la collaborazione di R. Borgogno)

Nei giorni 22-23 settembre 1993 la stazione pluviometrica di Serole ha registrato la caduta di 180 mm di pioggia in 24 ore. L'evento meteorico ha colpito in modo particolare la parte meridionale della Provincia di Asti e quindi le Valli Bormida e Belbo (figura 52).

Nella Valle Bormida, ubicata a circa 50 km a Sud di Asti, i danni più ingenti si sono verificati lungo le aste dei torrenti Tatorba ed Ovrano e particolarmente in corrispondenza dei Comuni siti a valle di tali corsi d'acqua.

I processi più ricorrenti hanno comportato profonde erosioni spondali, con conseguente danneggiamento e distruzione delle infrastrutture presenti in prossimità del loro corso. In alcuni tratti, l'intensità dei processi ha determinato la modifica dell'alveo originario. L'elevato trasporto solido lungo le aste dei torrenti Tatorba¹ ed Ovrano, unitamente a quello dei tributari minori (rii Piandone, del Cuneo e Castelli), ha causato ingenti danni (figura 53). Il materiale e la vegetazione trasportata dalle piene in corrispondenza di alcuni ponti ha causato ostruzioni che hanno provocato danni agli attraversamenti stessi e al contesto circostante.

Lungo le aste minori si sono verificati numerosi fenomeni di *debris-flow* che hanno causato danni alla viabilità ed alimentato il trasporto solido dei corsi d'acqua.

I centri abitati più colpiti sono stati quelli della Comunità Montana «Langa Astigiana Valle Bormida»: Mom baldone, Monastero Bormida, Rocca-verano, Olmo Gentile, Serole, Sessame e Rocchetta Palafea.

Nella Valle Belbo, ubicata a circa 30 km a Sud di Asti, l'evento alluvionale ha colpito soprattutto le aree

dei centri abitati di Nizza Monferrato e Incisa Scapaccino, dove il Torrente Belbo ed i tributari minori (torrente Nizza, rii Sernella, Valmarzano, Colania) hanno causato notevoli allagamenti; anche a Canelli e a Castelnovo Belbo le acque degli affluenti del torrente Belbo (rii Gherlobbia, Garbazzola, Trionzo e Rocchea) han-



FOTO 81 - Comune di Perletto (CN). Gabbionate scalzate al piede con innesco di una frana nella scarpata sulla sinistra del Rio Tatorba in località Cascina Bormiotti.

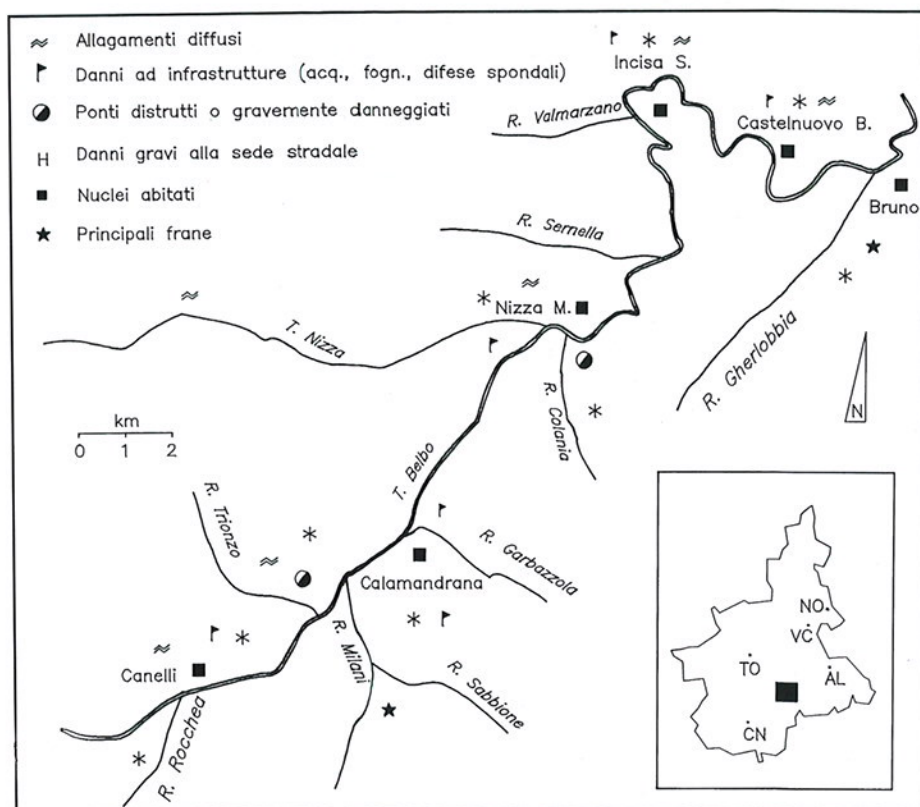


FIGURA 52 - Valle Bormida (AT), torrenti Tatorba e Ovrano. Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

¹ Omonimo del T. Tatorba citato nel paragrafo precedente.

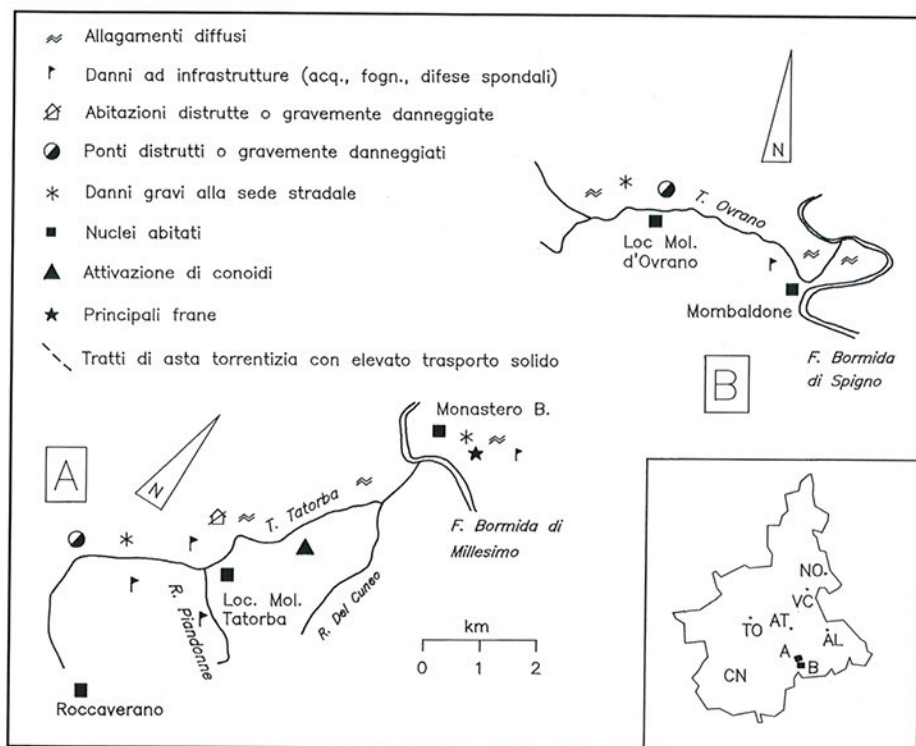


FIGURA 53 - Valle Belbo (AT). Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

no invasivo di fanghiglia le aree limitrofe.

I fenomeni più ricorrenti sono costituiti in erosioni con danni alle opere di difesa spondale, estesi allagamenti con depositi di materiale limoso, ostruzione di attraversamenti e tombinature con danni alle relative opere d'arte.

Anche in questo contesto si sono verificati fenomeni di *debris-flow*, dissesti lungo la rete viaria e scivolamenti dei terreni di copertura superficiale.

Nelle dinamiche del dissesto ha giocato un ruolo rilevante una certa mancanza di manutenzione dei corsi d'acqua, con conseguente crescita eccessiva della vegetazione ai bordi e nell'alveo dei tributari minori (in particolar modo nella Valle Bormida: bacini Ovrano e Tatorba); infatti, lungo l'asta dei torrenti Tatorba e Ovrano, i maggiori danni sono stati causati dalle dighe di alberi, soprattutto conifere, che, essendo caratterizzate da un tipo di ramificazione molto fitta, hanno intasato l'alveo dei torrenti, determinando il blocco dei corsi d'acqua, in corrispondenza dei ponti (vedi dissesti in loc. Molino d'Ovrano e Molino Tatorba).

5.9.1. L'EVENTO LUNGO L'ASTA DEL TORRENTE TATORBA E DEL FIUME BORMIDA NEL TRATTO BUBBIO-MONASTERO BORMIDA

La valle del Torrente Tatorba è stata colpita da piogge di notevole intensità verificatesi nella notte fra il 22 e 23 settembre 1993. La piena del T. Tatorba è iniziata nella prima mattinata del 23 settembre, con regresso nel tardo pomeriggio.



FOTO 82 - Roccaverano (AT), smottamenti e ruscamenti lungo la S.P. 56.

I danni rilevati consistono essenzialmente in interruzione della viabilità, danneggiamenti a infrastrutture, allagamenti e frane da pioggia (figura 53).

Nel tratto del T. Tatorba presso il Comune di Roccaverano (foto 82 e 83), sono stati registrati danni alle colture derivati dall'esondazione del corso d'acqua e dal conseguente deposito di materiale prevalentemente ghiaioso. Una traversa idraulica è stata distrutta ed il ponte sulla S.P. n. 56 danneggiato.

In località Molino Tatorba, il ponte alla confluenza del torrente Tatorba con il rio Piandone è stato ostruito dalla vegetazione trasportata dall'onda di piena; in seguito, l'acqua ha sfondato tale barriera invadendo violentemente la zona a valle, causando danni alle abitazioni ed a alcuni capannoni ad uso artigianale.

I tributari minori lungo la S.P. 56 hanno dato origine a fenomeni di trasporto torrentizio in massa (*debris-flow*) che hanno causato danni alla viabilità e, in alcuni casi, alimentato il trasporto solido lungo l'asta principale.

Dalla zona a monte dell'abitato di Monastero Bormida si sono verificati ruscamenti con trasporto di materiale limoso che ha invaso il concentrico causando danni alla viabilità, alle abitazioni, alla fognatura ed all'acquedotto.

Nel Comune di Bubbio, in località



FOTO 83 - Roccaverano, smottamenti lungo la S. P. 56.

Infermiera, si sono verificati ruscellamenti con trasporto di materiale limoso che ha invaso vaste zone del fondovalle causando danni alle colture e ad alcune infrastrutture agricole. A tali fenomeni hanno contribuito in modo determinante le sistemazioni agricole mediante le quali, in alcune zone, si sono rimodellati interi versanti eliminando i preesistenti impluvi. In occasione dell'evento meteorico tali impluvi sono stati reinciati mobilitando e trasportando ingenti quantità di materiale limoso.

5.9.2. L'EVENTO LUNGO L'ASTA DEL TORRENTE OVRANO

La valle del torrente Ovrano è stata colpita da piogge di elevata intensità verificatesi nella notte fra il 22 e il 23 settembre 1993. La piena è iniziata nella prima mattinata del 23 settembre 1993 con regresso nel tardo pomeriggio. Si registrano interruzioni della viabilità, franamenti e allagamenti.

Nel Comune di Roccaverano in località Molino d'Ovrano, la piena del

torrente ha causato il trasporto di materiale che ha ostruito e distrutto un ponte, causato l'esondazione in sponda sinistra e danneggiato un tratto di strada.

Nel Comune di Mombaldone, in località Borgo Stazione, il torrente Ovrano è esondato in alcuni tratti (foto 84); il corso d'acqua è fuoriuscito in sponda destra arrecando danni agli edifici civili, ai capannoni artigianali, alla fognatura, all'acquedotto, alle opere di difesa spondale esistenti, nonché alle colture agricole; più a valle, in prossimità con la confluenza del fiume Bormida, il torrente è uscito anche in sponda sinistra causando danni all'agricoltura. In numerosi altri comuni della Valle Bormida, si sono verificati danni alla viabilità (foto 85), alle infrastrutture ed alle colture agricole.

5.9.3. BACINO DEL TORRENTE BELBO

La Valle Belbo è stata colpita nei giorni 23-25 settembre 1993 da ingenti piogge che hanno causato l'esondazione del torrente Belbo e dei suoi tributari minori e l'allagamento di alcuni centri abitati. Gli effetti segnalati riguardano essenzialmente diffusi allagamenti ed interruzioni della viabilità, danneggiamento delle difese spondali e dissesti minori lungo le sponde.

Nel Comune di Canelli si è registrata l'esondazione dei rii Rocchea, Trionzo e Bassano.

Nel Comune di Rocchetta Palafea si sono verificati due dissesti di versante, presso il cimitero ed in Reg. Pagnola. Nel Comune di Nizza Monferrato hanno esondato i rii Nizza, Sernella e Colania. Nel Comune di Bruno si è verificata l'esondazione dei rii San Marzano e Rio.

In altri Comuni (Mombaruzzo, Calamandrana, Castelletto Molina, Fontanile, Moasca, San Marzano Oliveto, Incisa Scapaccino, Castelnovo Belbo) alcuni rii minori affluenti del Torrente Belbo, hanno provocato danni alla viabilità ed alle infrastrutture, nonché alle colture agricole.



FOTO 84 - Mombaldone d'Asti, allagamento da parte del T. Ovrano.



FOTO 85 - Vesime-Olmo Gentile, franamento di un tratto della S.P. 24.

5.10. Bacini dei Torrenti Borbera, Scrivia e Curone (AL)

5.10.1 EVENTI DEL SETTEMBRE 1993. VALLI BORBERA, SCRIVIA E CURONE (R. Oberti & A. Ziliani, con la collaborazione di F. Trucco)

Le Valli Borbera e Curone ubicate a Sud-Est di Alessandria hanno origine dallo spartiacque principale dell'Appennino Ligure Piemontese. La Val Borbera è caratterizzata da un fondovalle inizialmente ristretto che si amplia notevolmente in corrispondenza della media valle ove il cambio di litologia permette una più facile erosione. Oltrepassato Cantalupo Ligure il torrente, attraversando una tenace formazione conglomeratica, ha scavato una profonda incisione che ne restringe notevolmente l'alveo. Al termine della formazione conglomeratica, la valle si allarga nuovamente sino allo sbocco nel Torrente Scrivia.

L'evento calamitoso ha colpito prevalentemente il fondovalle e quindi le aree corrispondenti alle piane alluvionali dove il torrente ed i suoi tributari hanno esondato e alluvionato, hanno distrutto difese spondali ed allagato alcuni centri abitati (figura 54).

La notevole franosità dell'intera area ha contribuito all'elevato trasporto solido durante l'evento.

Il Torrente Curone, nella sua parte iniziale, mostra valleciole molto ripide e profonde che si ampliano notevolmente a causa di mutamenti lito-

logici a partire da Fabbbrica Curone. Il letto torrentizio si amplia nella media valle e mantiene generalmente la sua larghezza sino allo sbocco in pianura.

L'evento alluvionale ha colpito in modo più grave l'Alta Valle e le testate dei tributari principali provocando la distruzione o il danneggiamento di quasi tutte le opere trasversali. La piena, riversatasi nella media valle più ampia, ha in parte mitigato i suoi effetti danneggiando comunque le opere di difesa spondali, ponti e strade ed ha coinvolto marginalmente i centri abitati.

Val Borbera e Sisola

La Val Borbera è sicuramente l'area più pesantemente colpita dalle piogge del 23-24 settembre 1993 nell'area Alessandrina. La precipitazione, iniziata verso le ore 5,00 del 23 settembre, è terminata alle ore 16,00 del 24 settembre.

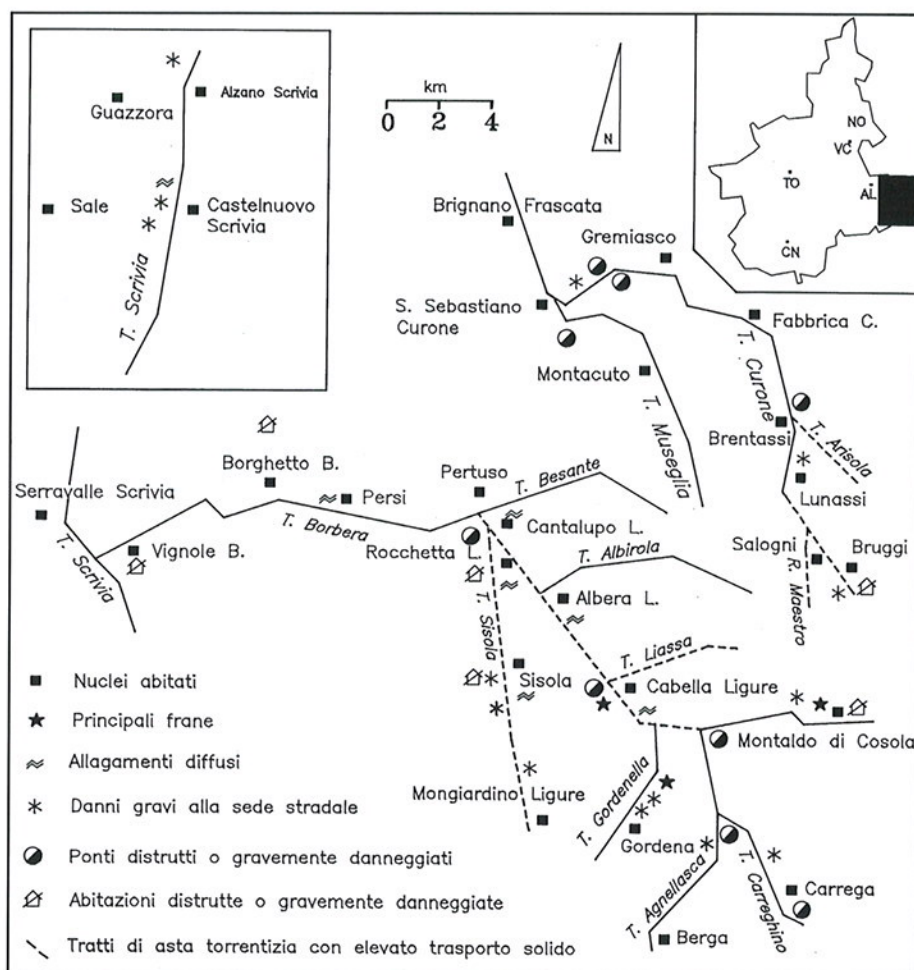


FIGURA 54 - Valli Borbera, Sisola, Curone e Scrivia (AL). Principali dissesti a seguito dell'evento alluvionale del settembre 1993.

La massima piena del Torrente Borbera (foto 86) e dei suoi tributari è transitata attorno alle ore 13,30 del giorno 23 settembre alla sezione delle Strette di Pertuso in Comune di Cantalupo Ligure.

L'ingente massa liquida, associata al trasporto solido comprensivo anche di una grande quantità di vegetazione asportata dagli alvei e dalle sponde, scendendo verso valle, ha provocato ingenti danni alle briglie, ai ponti ed alle passerelle esistenti nel Comune di Carrega Ligure aggirando, tra l'altro, il ponte per Frazione Daglio.

Tutte le strade comunali e provinciali dell'Alta Valle sono state interrotte in più punti da accumuli detritici scesi da tutti i colatori dei versanti e da crolli di massi, a volte di ragguardevoli dimensioni.

Proseguendo verso valle il Borbera, già in condizioni di sovralimentazione, ha ostacolato il deflusso degli affluenti di destra, in particolare del Torrente Liassa.

Il concentrico di Cabella Ligure è stato allagato dalle acque in parte provenienti dal versante ed in parte dal sifonamento di una difesa posta a protezione dell'abitato.

Il Torrente Liassa ha depositato in confluenza un ingente accumulo ghiaioso e ha allagato alcune abitazioni poste sulla sua sponda destra. Le difese già danneggiate dalle precedenti piene del 1992 hanno subito ulteriori aggravamenti e il ponte per le Frazioni Cremona e Celio è stato sottoescavato in parte.

In prossimità dello sbocco con il Torrente Borbera, in località Dovanelli (foto 87), il Gordenella ha parzialmente distrutto la difesa in calcestruzzo in sponda destra provocando una deviazione d'alveo, l'aggiramento del ponte per Frazione Rosano e l'allagamento della strada comunale per Dova e Gordena.

Nel Comune di Albera Ligure in Località Spinola una difesa in calcestruzzo e gabbioni è stata aggirata ed il torrente, tornando nel suo vecchio alveo, ne ha completato la distruzione per un tratto di circa 200 metri.

Il Torrente Sisola in Comune di Mongiardino Ligure ha asportato alcuni



FOTO 86 - Cantalupo Ligure (AL). Località Pertuso. Piena del Torrente Borbera.

tratti di Strada Provinciale, ha minacciato, alla confluenza con il Rio Riasso, la Frazione Ghiare ed ha parzialmente allagato la Frazione Pagliaro dopo aver distrutto una difesa ed interrotto la Strada Provinciale. Successivamente il torrente, che si presenta in condizioni di forte sovralluvionamento, ha distrutto buona parte di una difesa spondale in destra presso i campi sportivi di Rocchetta Ligure e, utilizzando come alveo la Strada Provinciale, ha allagato il centro storico del comune sino alla piazza principale. La popolazione è sta-

ta evacuata nella chiesa parrocchiale, punto più elevato del paese.

Immediatamente a valle di Rocchetta Ligure il Torrente Sisola confluisce con il Borbera il quale, sempre in prossimità dell'abitato di Rocchetta, ha distrutto una parte dell'antico muraglione di protezione del paese, riversandosi per i coltivi ed allagando la Strada Provinciale in uscita da Rocchetta, isolando completamente il paese.

La piena è proseguita verso Cantalupo Ligure, ove ha allagato buona parte della piana alluvionale ed ha



FOTO 87 - Cabella Ligure (AL), fraz. Dovanelli. Difesa parzialmente distrutta sul T. Gordanella.

danneggiato numerose difese spondali.

Le acque del Borbera e del Sisola unite quelle del Torrente Besante, proveniente dalle Frazioni Pallavicino e Borgo Adorno, si sono incanalate nella profonda e stretta incisione delle «Strette di Pertuso». L'imbocco delle Strette è ulteriormente ridotto dalla presenza di numerosi blocchi conglomeratici, resto di una vecchia frana di crollo; tale sbarramento ha notevolmente contribuito ad elevare il livello di massima piena che ha raggiunto la considerevole altezza di nove metri. Al culmine della piena la passerella che univa le due sponde è stata asportata.

L'innalzamento del livello idrometrico conseguente alla presenza delle Strette di Pertuso presenta pericolose conseguenze per i centri abitati principali, tutti ubicati lungo la sponda destra del corso d'acqua.

Le acque si sono nuovamente allagate nella vasta piana alluvionale di Borghetto Borbera.

Si sono rilevati allagamenti parziali della Frazione Persi in Località Mulino, oltre a distruzioni e danneggiamenti di numerose difese spondali. Sono state allagate le Località Molino di Premirino e Molino di Torre dei Ratti e danneggiate alcune difese spondali. Una colata di coltre superficiale ha provocato il crollo di due unità abitative in Località Pessine nella Frazione S. Martino.

Nel Comune di Vignole Borbera, la piana in Località Mulino è stata parzialmente allagata e le difese della passerella e dei campi sportivi sono state danneggiate; i campi sportivi sono stati allagati e danneggiati. Si sono manifestate erosioni alle spalle di una traversa di derivazione ed alle difese in prismi presso l'area dello stabilimento Costa. Il concentrico di Vignole Borbera, posto sull'orlo del terrazzo principale in sponda sinistra, è stato contornato da una serie notevole di colate di coltre superficiale e di detrito che hanno minacciato le fondazioni di numerose abitazioni.

Nelle Valli Borbera e Sisola, tutti i comuni hanno inoltre riportato gravi danni alla viabilità comunale e privata, agli acquedotti e alle fognature. Si ricorda in particolare la riattivazione di uno scorrimento rotazionale passante a colata ubicato immediatamente a valle di una parte della Frazione Celio di Rocchetta Ligure che ha causato l'interruzione della strada comunale che lo attraversa e lo sgombero di una abitazione.

Valle Scrivia

Gli apporti dei Torrenti Borbera e Spinti hanno contribuito in modo sostanziale alla piena straordinaria del Torrente Scrivia che ha causato danni alle infrastrutture pubbliche e

private, in particolare nei Comuni di Serravalle Scrivia e Cassano Spinola nel medio corso.

La piena è proseguita sino al territorio comunale di Tortona senza danni rilevanti, mentre, poco prima dell'abitato di Castelnuovo Scrivia a valle del ponte dell'Autostrada Genova-Milano, lo Scrivia ha esondato per una vastissima area coinvolgendo strade provinciali e comunali, aree a servizi ed allagando numerose cascate sparse nei Comuni di Castelnuovo Scrivia, Guazzora e Sale.

Val Curone

Nell'Alta Val Curone il fenomeno di massima piena si è manifestato attorno alle ore 16,00 del 23 settembre 1993, alla sezione del campo sportivo di Fabbrica Curone, provocando un notevole trasporto solido che, unito alla vegetazione, ha distrutto buona parte delle opere di difesa trasversali ed ha colmato l'alveo in presenza di piccoli ponti o strozzature. Nel Comune di Fabbrica Curone le piogge alluvionali hanno provocato, alla testata del Curone e a quella di tutti i rii principali, gravi danni a quasi tutte le opere di difesa trasversali, costituite per buona parte da briglie in pietrame costruite tra gli anni trenta e gli anni sessanta nell'ambito di progetti di sistemazione idrogeologica e forestale; in alcuni casi le opere sono state completamente asportate. In Frazione Bruggi i danni maggiori sono stati causati dal Rio Lovasa, tributario di destra del Torrente Curone, che in passato era stato intubato con elementi in cemento la cui sezione si è dimostrata inadeguata, anche a causa dell'imponente trasporto solido che ha completamente ostruito le tubazioni impedendo il normale deflusso delle acque e causandone lo scoppio. Successivamente le acque si sono incanalate lungo la strada di accesso del paese, provocando vistose erosioni della sede stradale e lasciando un deposito di materiale grossolano della potenza di circa un metro; inoltre sono state allagate la chiesa, la canonica ed alcune abitazioni private. In Località Vecchio Mulino il

Torrente Curone ha asportato parte dell'area antistante il mulino, danneggiando le attrezzature turistico-sportive; più a valle, presso il Mulino Nuovo, il muro di protezione è stato scalzato al piede. Il Rio Maestro in Località Salogni, a monte del ponte sulla Strada Provinciale, trasportando una massa imponente di detrito grossolano ha danneggiato le opere di presa dell'acquedotto consortile Val Curone. In prossimità della Frazione Lunassi le acque del Torrente Curone hanno asportato il terrapieno a valle del ponte, isolando temporaneamente la frazione. In

Località Ponte del Mulino, in sponda sinistra, il Torrente Curone ha danneggiato l'opera di difesa posta a protezione dell'abitato, e poco più a valle, in sponda destra, un'altra difesa in prismi è stata parzialmente asportata con conseguenti erosioni spondali. In prossimità del capoluogo, in corrispondenza del centro sportivo, è stata scalzata una difesa in prismi per circa 30 metri e gli impianti sportivi sono stati parzialmente allagati.

In corrispondenza dell'abitato di Colombassi, la parte terminale di una difesa in muratura è stata scalzata ed

inclinata. Raggiungendo il capoluogo la massa liquida, costretta dall'esistenza di una stretta antropica, ha tracimato oltre le difese poste a protezione dell'abitato allagando alcune aree in sponda destra. In Località Riarasso la piena delle acque ha scalzato ed inclinato un muro in calcestruzzo per una lunghezza di circa 30 metri.

In Comune di San Sebastiano Curone, le acque di piena hanno provocato un'ampia erosione in sponda destra, immediatamente a monte della Località Vignassa, asportando due vecchi repellenti e buona parte di una strada di accesso ad abitazioni (foto 88). Il ponte sul Curone, sito nel concentrico, è stato quasi completamente ostruito dalla vegetazione trasportata, ma non ha riportato danni rilevanti, in quanto, nel corso dell'evento, si è provveduto a liberarne alcune luci. La piena del Torrente Museglia, tributario di sinistra del Torrente Curone, ha provocato diffuse erosioni spondali e danneggiato alcuni vecchi repellenti.

La piena del Torrente Arisola, tributario di sinistra del Torrente Museglia, nel territorio comunale di Montacuto, ha causato ampie erosioni in sponda destra ed in Comune di Dernice ha distrutto il ponte di accesso isolando la Frazione «Ca' di Marco» (foto 89).

Buona parte della viabilità è stata interrotta da piccole colate detritiche e di coltre e da modesti crolli di massi. Le opere di presa degli acquedotti e le fognature hanno subito danni rilevanti.

5.10.2 EVENTI DELL'OTTOBRE 1993 (S. Bovo, E. Turroni)

La depressione sulle Isole Britanniche, responsabile del fenomeno alluvionale del 22-25 settembre ha mantenuto la sua attività anche dopo tale evento, determinando l'afflusso di correnti umide sud-occidentali associate ad una serie di sistemi frontali che hanno ripetutamente interessato la nostra regione con episodi di precipitazioni talvolta intensi. Ciò si è verificato tra i giorni 2 ed il 3 ottobre, 8 e 9 ottobre ed infine tra il 12 e il 13 ottobre.

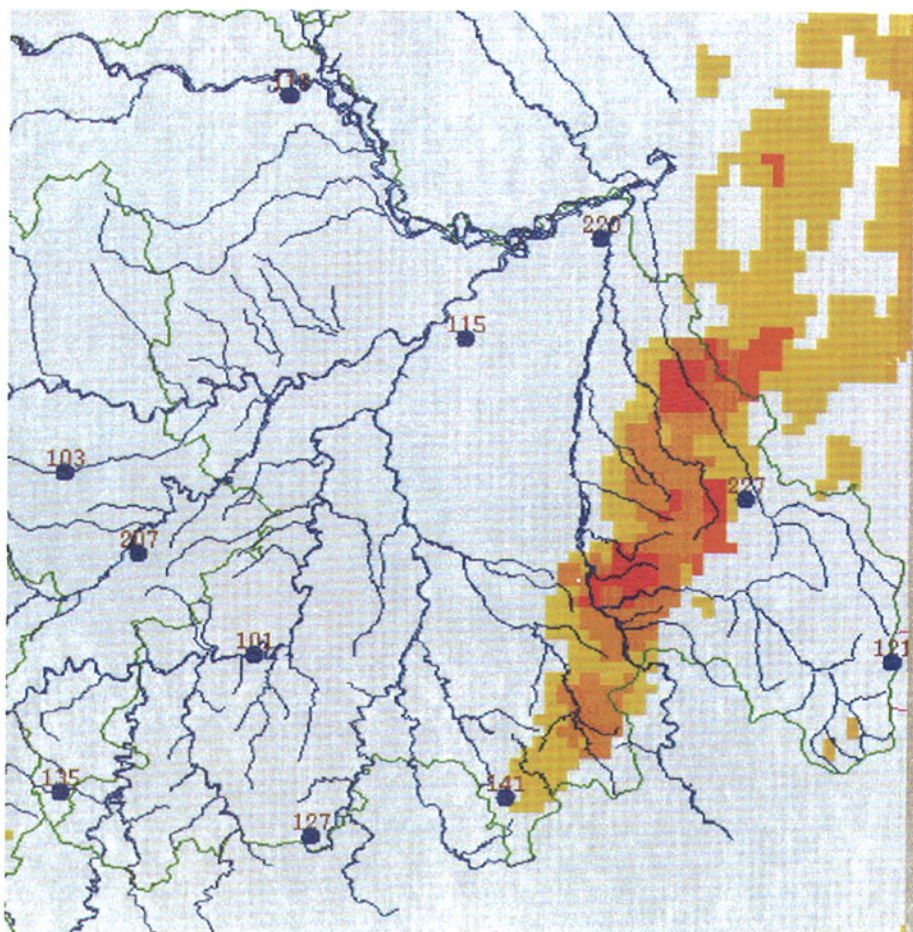


FOTO 88 - S. Sebastiano Curone (AL). Erosione spondale con asportazione di un tratto della sede stradale.



FOTO 89 - Dernice (AL). Ponte di accesso alla Frazione Cà di Marco.

FIGURA 55 - La figura riporta la porzione della mappa radar di massima altezza relativa alla provincia di Alessandria rilevata il giorno 8 ottobre 1993 alle ore 5:04. I corpi nuvolosi sono rappresentati in giallo e rosso. Con il rosso sono rappresentate le zone dove lo sviluppo verticale dei corpi nuvolosi era massimo. In queste aree l'attività temporalesca ha raggiunto una elevata intensità. L'idrografia principale è riportata con un tratto blu, mentre i limiti provinciali sono rappresentati con un tratto verde. I pallini blu numerati rappresentano i punti in cui sono ubicate le stazioni meteorologiche automatiche della Regione Piemonte. Soltanto le stazioni 141 (Capanne di Marcarolo) e 227 (Brignano Frascata) hanno rilevato precipitazioni ma, essendo poste ai margini dell'area colpita, le intensità misurate non sono state particolarmente elevate.



In particolare l'episodio dell'8 e 9 ottobre è risultato il più intenso, interessando con effetti alluvionali il settore del Lago Maggiore e dell'Alessandrino e Tortonese del versante orografico destro del T. Scrivia. L'evento pluviometrico in oggetto è identificabile in un fenomeno temporalesco di notevole intensità isolato dalla estesa perturbazione atlantica che ha interessato la nostra regione nella giornata dell'8 ottobre.

Nell'area maggiormente colpita, non si riscontrano stazioni meteorologiche della rete regionale, mentre nelle stazioni ad essa periferiche (Ponzone e Brignano Frascata) l'intensità delle precipitazioni non assume valori di confronto significativi, ma utili per comprendere l'evoluzione del fenomeno.

Esso risulta invece ben evidenziato dalle mappe della distribuzione della probabilità di pioggia rilevate dal radar meteorologico regionale riportate in figura 55.

Si nota l'estesa cellula temporalesca allungata sulla Valle Scrivia sino alla pianura della Lomellina.

L'intensità del fenomeno è accresciuta dalla persistenza sul posto della cellula temporalesca (oltre 3 ore) in lenta rotazione da Sud-Est a Nord-ovest come evidenziato dall'andamento delle precipitazioni nelle stazioni periferiche (inizio verso le 3.00 GMT a Brignano Frascata e termine verso le ore 8.00 GMT a Ponzone).

5.10.2.1 L'EVENTO ALLUVIONALE DELL'8 OTTOBRE 1993 RIGUARDANTE IN PARTICOLARE IL VERSANTE OROGRAFICO DESTRO DELLA VALLE SCRIVIA (R. Oberti & A. Ziliani, con la collaborazione di F. Trucco)

Il corso del Torrente Scrivia ha origine dall'Appennino Ligure, la sua valle è ristretta con fondovalle limitati sino all'altezza di Serravalle Scrivia, punto nel quale la piana alluvionale si allarga a dismisura in sponda sinistra sino a fondersi con la pianura alessandrina, mentre in sponda destra il torrente costeggia una modesta piana terrazzata che confina con i rilievi collinari Tortonesi. I

principali apporti provengono dai tributari di destra che raccolgono le acque scolanti in parte dall'Appennino Ligure, in particolare dalle Valli Borbera e Spinti, ed in parte dalle colline del Tortonese. I tributari di sinistra, che provengono dalla piana alessandrina, contribuiscono in minima parte all'alimentazione del corso d'acqua principale. Gli apporti solidi, oltre che dall'asta principale, provengono dagli affluenti di destra ed in particolare dalle Valli Borbera e Spinti.

Nelle prime ore della mattina dell'8 ottobre 1993 nella zona del tortonese che interessa i bacini del Torrente Grue, del Torrente Ossoa e dei rii minori che confluiscono in Scrivia dal versante orografico destro, in particolare il Rio Vargo, il Rio Predasso ed il Rio Castellania, si sono registrati fenomeni temporaleschi di notevole intensità che hanno provocato danni ingenti (figura 56).

I danni sono dovuti in gran parte alla notevolissima portata liquida unita alla vegetazione asportata dall'alveo e dalle sponde ed accumulata nelle

strozzature degli alvei oppure addossata ai ponti. Tali fenomeni hanno provocato allagamenti di nuclei abitati in particolar modo nei Comuni di Villaromagnano, Villalvernia, Cassano Spinola, erosioni delle sponde, distruzione o danneggiamento di ponti e ponticelli, interruzioni della viabilità.

L'intensità della precipitazione caduta su un territorio già vulnerato dalle precedenti intense piogge e su terreni prossimi alla saturazione ha inoltre provocato l'innescarsi di numerose frane per fluidificazione della coltre superficiale che si sono manifestate lungo le scarpate stradali e sui versanti, isolando alcune frazioni ed interessando in qualche caso aree edificate; in particolare tali fenomeni si sono manifestati nei Comuni di Stazzano, Sardigliano e nelle Frazioni Sorli e Molo di Borghetto Borrare. La saturazione dei terreni ad opera di precipitazioni di una tale intensità, ha innescato movimenti franosi per colata sia superficiali che profondi e ne ha riattivati altri, in particolare nell'Alta Val Borbera e in diversi comuni dell'Appennino Ligure. Merita un accenno la riattivazione di un movimento nel centro abitato della Frazione di Montaldo di Cosola in Comune di Cabella Ligure, per il quale è stato predisposto un progetto di indagine e monitoraggio, al fine di program-



FOTO 90 - Villalvernia (AL). Tracimazione dell'opera di difesa del concentrico durante la piena.

mare i più idonei interventi di sistemazione. Tale movimento sarà oggetto di approfondimento nel paragrafo successivo.

Molti comuni, già colpiti dall'evento del 23 settembre hanno subito un ulteriore aggravamento dei fenomeni e quindi un'accentuazione dei danni precedentemente rilevati.

L'apporto notevolissimo alla piena del Torrente Scrivia è dovuto agli affluenti di destra che, come già accennato, hanno provocato i danni più ingenti.

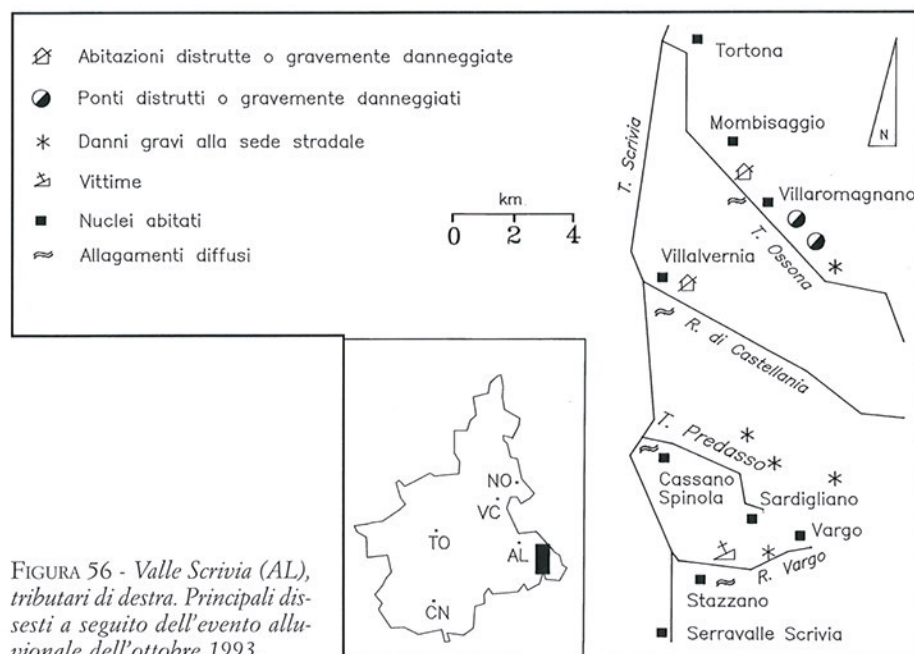
A partire da Sud nei Comuni di Sardigliano e Stazzano la piena del Rio Vargo ha provocato una serie di ero-

sioni spondali a monte del ponte sulla Strada Provinciale per Vargo ed un fenomeno di rigurgito presso il ponte stesso. Il tratto di Strada Provinciale, che costeggia la sponda sinistra del corso d'acqua e che fa parte della piana alluvionale del rio, è stato investito dalle acque di piena che hanno travolto un'autovettura provocando la morte del conducente; l'incidente è avvenuto circa 100 metri a valle della confluenza del Rio Vargo con il Fosso Armarengo.

Più a valle si sono susseguite modeste erosioni spondali ed allagamenti su ambedue le sponde; gli allagamenti più estesi si sono manifestati in prossimità della confluenza del Fosso Armarengo con il Torrente Scrivia.

La viabilità comunale e provinciale ha subito notevoli danni nei Comuni di Stazzano, Sardigliano, Sant'Agata Fossili e Gavazzana dovuti essenzialmente a colate di terreni di copertura provenienti dalle scarpate di monte che generalmente, dopo aver ostruito la sede stradale, si sono riversate nei campi sottostanti e nella rete idrografica incrementando il trasporto solido. In misura minore si sono manifestati cedimenti della porzione di valle delle sedi stradali.

Lungo l'asta del Torrente Predasso l'onda di piena che, nella parte superiore del corso nel Comune di Sardigliano ha provocato unicamente limitati fenomeni di esondazione, piccole erosioni di sponda e conse-



guenti modesti apporti di materiale solido, ha causato i danni maggiori in Comune di Cassano Spinola nella parte terminale del corso d'acqua; pertanto, oltre ai fenomeni di esondazione, si sono rilevate due erosioni di sponda con conseguenti crolli in alveo di blocchi e un movimento franoso, che attualmente tende ad ostruire buona parte dell'alveo per una lunghezza di 50 metri circa. In Località Fonti Sulfuree tre edifici ed alcune loro pertinenze, siti in prossimità delle sorgenti e nell'immediata prossimità dell'alveo, sono stati allagati. Più a valle, l'onda di piena ha provocato l'allagamento degli impianti sportivi e, in sponda destra, causa la tracimazione della parte terminale di un argine in terra a difesa dell'edificato e la mancanza del tratto a prosecuzione dello stesso argine, sono state allagate alcune abitazioni. Le acque, dopo aver interrotto un tratto della Strada Provinciale per Gavazzana, hanno sormontato il ponte sulla Strada Statale n. 35 e, trattenute in sponda sinistra da un alto argine in terra posto a protezione del nucleo abitato, hanno allagato i terreni adiacenti la sponda destra. Successivamente, unendosi con le acque provenienti dal Rio Merieto, hanno allagato vaste aree coltivate.

In prossimità dell'abitato di Villavernia sono state allagate numerose abitazioni, infrastrutture e spazi pubblici. Alcune opere di difesa sono state tracimate (foto 90).

L'altezza di piena è stata modificata dall'esistenza di strettoie antropiche che hanno favorito effetti di rigurgito. L'ondata di piena del Torrente Ossona ha interessato con modesti fenomeni di esondazione i territori dei Comuni di Cerreto Grue e Costa Vescovato.

In corrispondenza del confine tra i Comuni di Cerreto Grue e Villaromagnano l'apporto dei tributari minori è stato determinante. Il ponte sul Rio Gechino, è stato completamente ostruito dal trasporto solido, le acque lo hanno sormontato invadendo e danneggiando la Strada Provinciale per Cerreto Grue, interrompendo momentaneamente la viabilità.



FOTO 91 - Villaromagnano (AL). Fraz. Ridotto. Ponte sulla S.P. in fase calante di piena.



FOTO 92 - Villaromagnano (AL). Fraz. Ridotto. Abitazioni allagate; piena in fase terminale.

Il Rio dei Gerbidi, tributario di sinistra dell'Ossona, a causa dell'elevato trasporto ha contribuito in modo sostanziale ad innalzare il livello delle acque in Località Ridotto (foto 91 e 92).

Il ponte sulla Strada Provinciale per Carbonara Scrivia, che presenta una sezione sicuramente insufficiente, è stato sormontato dalla massa liquida per un'altezza di circa metri 1,60. Le acque, tracimando in sinistra idrografica, hanno allagato l'intera Località Ridotto, provocando notevoli danni ai fabbricati. I piani terra delle abitazioni sono stati allagati per un'altezza massima di due metri.

L'onda di piena del Torrente Ossona è stata successivamente smaltita dal canale scolmatore esistente immediatamente a valle della Località Torre dei Calderari.

5.10.3 - IL MOVIMENTO FRANOSO DI MONTALDO DI COSOLA IN COMUNE DI CABELLA LIGURE (G. Susella)

Gli eventi alluvionali del 23 settembre e 8 ottobre 1993 hanno riproposto, in fase di ulteriore aggravamento, il problema del danno a cui è sottoposto l'abitato di Montaldo di Cosola a causa di un movimento



FOTO 93 - Esempio di lesioni strutturali sugli edifici della frazione Montaldo di Cosola.

FIGURA 57 - Schema geomorfologico semplificato del versante di Montaldo di Cosola, nel Comune di Cabella Ligure (AL). Legenda: 1) substrato roccioso in affioramento e 2) giacitura degli strati del complesso flysboide; 3) settori del versante, e zone di accumulo collegate, coinvolti in processi franosi anche antichi secondo movimenti di: 3a) prevalente colata, 3b) scivolamento rotazionale, 3c) scivolamento planare; 4) margine superiore o laterale dell'area di distacco della massa franata; 5) area per la quale sono riconoscibili indizi presumibilmente legati a movimenti tipo creep profondo; 6) settore, nell'accumulo delle colate, attualmente in attivazione.

franso del quale si hanno ridotte notizie storiche che ricondurrebbero però ad almeno un'altro episodio di crisi vecchio di un secolo.

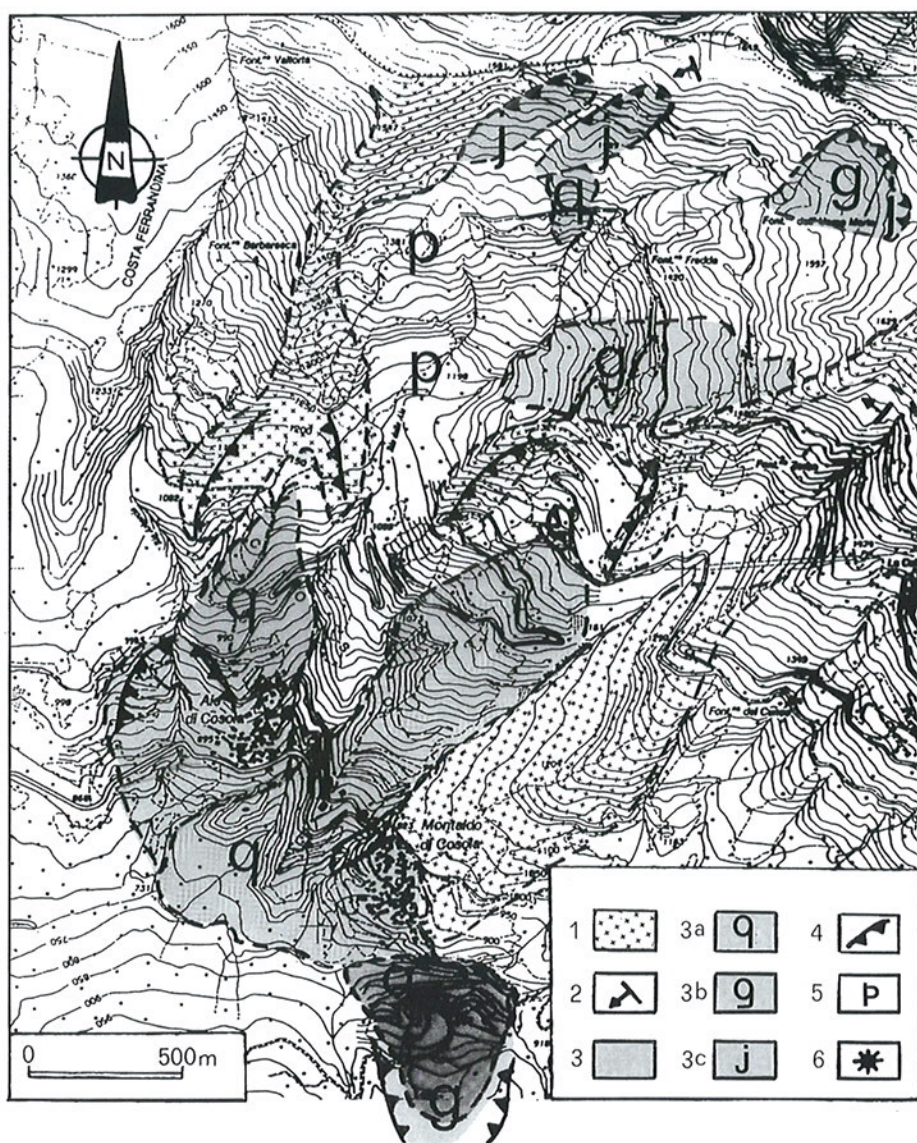
L'accelerazione dei movimenti ha indotto il Settore Prevenzione del Rischio Geologico a predisporre un apposito progetto di indagine e monitoraggio dell'area lesionata.

Per comprendere meglio quale sia l'ambiente nel quale il movimento franoso si è sviluppato, quali le geometrie ed i materiali coinvolti, si è condotto uno studio morfologico su fotografie aeree comprendenti il fianco destro della Valle del Torrente Cosorella nella zona Monte Ebro - Capanne di Cosola e Montaldo.

L'abitato in questione, affetto dal grave movimento franoso che sta lesionando vasta parte dell'edificato e che vede variamente coinvolti non meno di 60 edifici su una superficie di 1 ettaro circa per un dislivello di 50 metri (vedi foto 93 e figura 57) con meccanismo non ancora definito (vista l'assenza apparente di emergenze di piani di scorrimento e limiti di frana), sorge su una delle tre costolature che in posizione contigua scendono nel fondovalle principale, separate da rii minori (Rio di Montaldo e Rio delle Aie).

Per quanto è dato di osservare nelle incisioni torrentizie si tratta di accumulo di materiale eterogeneo costituito da frammenti derivati dalle locali serie sedimentarie frammentati a materiale fine.

Ragioni di tipo geometrico legate al risultato della fotointerpretazione



permettono di riconoscere, nelle tre costolature, un unico antico accumulo ora profondamente rimodellato dalle acque correnti.

Per definire come e da dove questo accumulo detritico si sia originato si è provveduto a studiare il fianco vallico in corrispondenza e superior-

mente al sito in indagine (figura 57). Dai dati che si sono evidenziati è possibile affermare quanto segue.

L'accumulo detritico sul quale sorgono Montaldo di Cosola, la chiesa ed il cimitero (così come la porzione posta a Sud di Aie) non è legato a normale attività di messa in posto del detrito di falda, ma piuttosto ad uno o più vasti episodi di discesa in massa di materiale di frana avente meccanismo di colata.

Una «coda» di materiale presumibilmente detritico (tra q. 950 e 1200), con configurazione ed evidenze morfologiche riconducibili a colata, lega con continuità l'accumulo suddetto a parti superiori del versante. L'area che funge da testata del Rio di Aie (zona di Fontana Fredda), per un'ampiezza di circa 130 ettari, è stata coinvolta in particolari settori da movimenti di vario tipo e di varia età testimoniati da tutta una serie di indizi morfologici quali contropendenze, superficie ondulata a varia scala, scarpate, disordine nel reticolato idrografico.

Sopravvivono, in funzione di scarpate maggiori o limite tra i fenomeni maggiori, alcune aree ove affiora il substrato (Monte Chiappo, Monte Prenardo, cresta a NW di Fontana Zerba, cresta a NE di Montaldo di Cosola). A carico di questi affioramenti sono riconoscibili giaciture variabili da luogo a luogo e che, nella zona di cresta, hanno evidentemente giocato ruolo condizionante, come strutture, sui movimenti gravitativi (nella area di cresta i maggiori movimenti di collasso hanno direzione W-SW così come, pare, l'immersione della serie sedimentaria). Al contorno di questo vasto areale paiono evidenziati altri fenomeni variamente importanti legati agli stessi meccanismi e con gli stessi effetti (Capanne di Cosola, area di C. Purgaia, aree a Nord della Cresta Prenardo-Ebro).

Per quanto concerne più specificamente la zona limitata ma gravemente compromessa di Montaldo di Cosola si può ritenere che l'abitato sorga quindi su preesistente accumulo di antica frana per colamento, temporaneamente assestato in posizione di precario equilibrio e attual-

mente rimobilizzato (nella sua porzione a Est del Rio di Montaldo) da intervenute cause destabilizzanti. Queste ultime dovranno essere approfondite da ulteriore studio, indagando il ruolo delle acque di infiltrazione, dell'attività torrentizia di fondovalle legata alla possibile azione di spinta esercitata dalla prospiciente colata di C. Purgaia, posta in sinistra del T. Casella, dal ruolo dell'incisione del tratto terminale del Rio Montaldo. Un rilievo accurato delle varie lesioni subite dagli edifici, una valutazione dei vettori di spostamento e una mappatura di dettaglio potranno fornire utili indicazioni, in mancanza di dati in profondità, sull'eventuale (o eventuali) piani di movimento.

5.11 Considerazioni generali sulle aree coinvolte (F. Forlati, C. Troisi)

Come già notato, l'evento alluvionale del 1993 è stato caratterizzato essenzialmente da processi verificatisi lungo la rete idrografica sia principale che secondaria, interessando il Piemonte nordoccidentale e sudorientale. I processi lungo i versanti sono stati, nel complesso, limitati. Solo in alcuni settori del Piemonte sudorientale si segnala una certa diffusione di fenomeni franosi per saturazione e fluidificazione delle coperture superficiali non verificatisi nel settore nordoccidentale a causa delle intensità orarie cumulate di pio-

vosità, che non hanno generalmente raggiunto le soglie critiche di innescio per tali fenomenologie.

La figura 58 sintetizza il quadro conoscitivo in merito agli effetti e ai danni desunti dai sopralluoghi e dalle segnalazioni pervenute al Settore Geologico Regionale (Banca Dati Geologica) relativamente agli eventi alluvionali del settembre - ottobre 1993. Si noti la preponderanza di informazioni inerenti i processi lungo tratti di asta fluviale e torrentizia (435) rispetto a quelle di locali processi di instabilità dei versanti (160) nonché l'alto numero di informazioni circa il danneggiamento o la distruzione di opere di attraversamento.

L'intensità di un evento idrometeorologico e l'entità dei suoi effetti sono due fattori distinti che non sempre, o non comunque, sono in relazione diretta. L'entità oggettiva dell'evento è valutabile in funzione di fattori totalmente naturali (durata ed intensità delle piogge, portate ecc.) mentre l'entità degli effetti e dei danni alle infrastrutture è legata a fattori quali l'utilizzo del territorio, la dinamica dei processi e la presenza, efficacia e funzionalità delle opere di difesa.

Gli effetti della piena del settembre 1993 in Piemonte, descritti nei paragrafi precedenti, hanno le loro origini in elementi naturali ed in elementi antropici, che verranno di seguito brevemente riassunti.

Prescindendo dai valori di precipitazione, commentati al capitolo 2, il

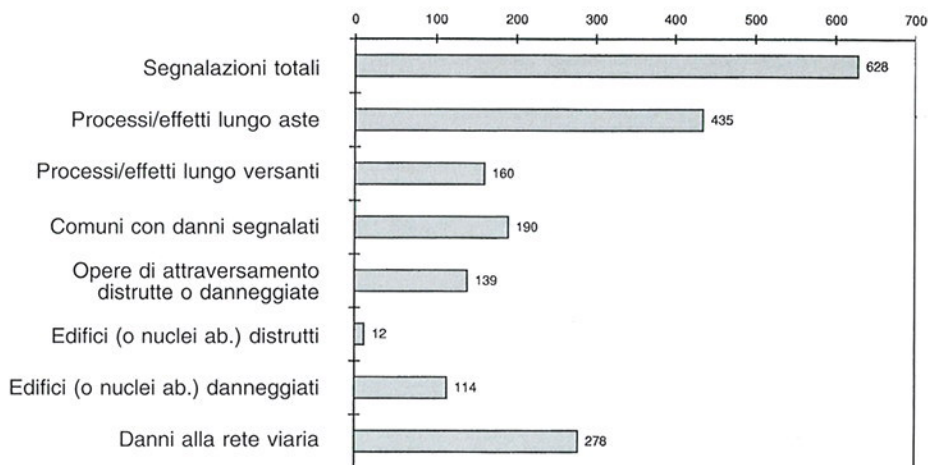


FIGURA 58 - Segnalazioni contenute nella Banca Dati Geologica della Regione Piemonte relativamente all'evento alluvionale del settembre-ottobre 1993.

fattore naturale che maggiormente sembra aver conferito alla piena il carattere distruttivo è l'elevato trasporto solido di fondo (per una descrizione generale del fenomeno vedi cap. 3) che ha caratterizzato le aste torrentizie in ambiente sia alpino che appenninico.

In alcuni casi il fenomeno è stato innescato dal rilascio, presso le testate, di grandi volumi di depositi incoerenti costituenti parte di apparati morenici (Forno Alpi Graie, nella Val Grande di Lanzo e Macugnaga, in Valle Anzasca). In altri casi l'innescamento ha avuto origine dallo scalzamento al piede di ampi fenomeni franosi (Val Soana) o dalla diffusione, nei bacini, di fenomeni franosi per fluidificazione delle coperture superficiali (bacini appenninici: T. Bormida; Belbo, Borbera; Scrivia, Curone). Lungo il T. Sesia, il T. Divedro ed il tratto alpino del T. Orco il trasporto solido è stato invece originato da processi di rimobilizzazione di materiale in alveo.

Oltre ai materiali detritici, le correnti di piena hanno trasportato grandi quantità di materiali di origine vegetale come radici, tronchi d'albero e ramaglie, i cui accumuli hanno talora contribuito in maniera determinante all'ostruzione delle luci idrauliche dei ponti e, di conseguenza, al crollo degli stessi (Valle Soana, Val Sesia, Valle Stura ecc.). In alcuni casi si tratta di materiali provenienti dalla vegetazione cresciuta negli alvei stessi ma gran parte di tali materiali sembra comunque provenire da settori di sponda coinvolti in franamenti. Tali franamenti interessano spesso le sponde dei tributari minori, che trasferiscono poi nelle aste principali i materiali presi in carico. Gli elementi di turbativa antropica che più frequentemente emergono dai rilievi effettuati sono i seguenti.

- Le luci idrauliche di molte delle opere di attraversamento distrutte erano inadeguate a consentire il deflusso, se non delle sole portate liquide, delle imponenti quantità di solidi trasportati durante la piena, arricchiti da tronchi d'albero e altro materiale vegetale (vedi sopra) talora proveniente da resti di attività agricole scaricate negli alvei, pratica partico-

larmente comune nelle aree di pianura ed appenniniche.

Nei casi di alcuni ponti distrutti o danneggiati (Macugnaga loc. Pecetto; ponte di Gabbio sul T. Sesia; ponti di Villanova, Montelavecchia, Cernisio e Zurlera in Valle Soana; ponte di Rivarolo sul T. Orco; ponte di Piagnù, sulla Stura di Lanzo) erano presenti, da uno o entrambe i lati, rilevati di accesso che venivano a costituire spiccati restringimenti delle sezioni di deflusso. La presenza di tali strozzature ha causato, nel tratto a monte, fenomeni di rigurgito nonché un effetto combinato di deposizione di materiale grossolano e forte erosione di sponda che ha prodotto danni talora rilevanti.

In tre casi: ponte di Sparone e ponte presso la fraz. Gera a Noasca, sul T. Orco; ponte di Cabella Ligure sul T. Borbera, le luci dei ponti erano state parzialmente ostruite per realizzare campi sportivi.

Appare probabile che, in generale, il dimensionamento delle luci idrauliche fosse stato fatto sulla base di formule teoriche relative alla sola portata liquida, ignorando le elevate capacità di trasporto solido proprie dei torrenti alpini. Si dimostra quindi, una volta di più, come, nei tratti alpini in particolare, il metodo classico di verifica della sezione idraulica (confronto tra la portata di massima piena stimata con formule e la portata smaltibile da una determinata sezione) appaia inadeguato. Gli attraversamenti sui corsi d'acqua alpini andrebbero affrontati mediante opere ad ampia luce od a campata unica, con superamento di tutta la larghezza dell'alveo a piene rive. Tale elemento è già stato più volte ribadito da vari autori (Anselmo, 1980; Caroni, 1982; Govi, 1978; Govi, 1990).

- Alcune opere di difesa distrutte dalla piena del settembre 1993 erano già state gravemente danneggiate o distrutte (talora più volte) nel corso di precedenti eventi alluvionali e poi ricostruite. Tali ripetute distruzioni testimoniano un violento impatto con il corso d'acqua e sarebbe quindi stato necessario verificare l'opportunità di altre forme di ripristino.

- Quasi ovunque si osservano opere longitudinali e difese spondali realizzate per sottrarre spazi alle fasce di competenza fluviale o torrentizia a fini insediativi (Macugnaga, Val Sesia, Val Soana, Val Borbera ecc.).

- Molti degli interventi realizzati in passato, sia in ambiente alpino che in aree di pianura, sono stati realizzati senza una precisa conoscenza del modello fluviale.

A titolo di esempio si possono citare interventi realizzati ignorando la natura pluricursale di certi tratti di alveo. Alcune opere di attraversamento scavalcano il solo canale di deflusso attivo al momento dell'opera e occludono, con rilevati, la rimanente sezione d'alveo. Molte infrastrutture insediative sono state realizzate in settori di alveo pluricursale non ordinariamente interessati dai deflussi.

- La generalizzata pratica di canalizzazione dei corsi d'acqua genera un forte aumento delle velocità del deflusso nel corso degli eventi di piena, un aumento delle capacità di trasporto solido e maggiori potenzialità distruttive nei tratti non protetti.

- Per quanto attiene ai danni subiti dai manufatti si ritiene necessario operare un distinguo tra i danni alla rete viaria e quelli alle altre infrastrutture. Nell'ambiente alpino piemontese, spesso caratterizzato da fondovalle piuttosto stretti ed incassati (Valle Soana, Val Divedro, Valle Anzasca, Valle Stura ecc.) diversi tronchi di rete viaria (fatto salvo per le problematiche inerenti alle luci idrauliche delle opere di attraversamento, vedi sopra) appaiono inevitabilmente esposti agli effetti delle piene in quanto, in linea di massima, la strada di fondovalle non può essere che là dove è. Il rifacimento, ogni *n* anni, di tratti di strada asportati è quindi da ritenersi un fatto cronico. Diverse sono le problematiche attinenti alle infrastrutture insediative. La grande maggioranza di tali infrastrutture danneggiate nel corso della piena erano ubicate in settori molto prossimi all'alveo ordinario, in aree più o meno chiaramente interessate dalle dinamiche torrentizie (località Spagna a Varzo, località Pecetto presso Macugnaga; località Bussoni lun-

go la Stura di Lanzo; Valprato Soana e Ronco [località Bettassa] lungo il T. Soana ecc.).

- In alcuni casi (Ronco Canavese, Valprato Soana, Pavone Canavese) le infrastrutture danneggiate si trovavano entro l'ambito fluviale o torrentizio, su settori di chiara pertinenza dei deflussi, riattivati nel corso della piena.

- In certi settori di pianura si sono verificati effetti di propagazione della piena causati da una fitta rete di canali irrigui o derivatori, spesso abbandonati, privi di manutenzione o di funzionali sistemi di presa e regolazione. L'esistenza di una rete idrica minore connessa al corso d'acqua principale rappresenta, da un lato, un positivo elemento di laminazione e riduzione del picco di piena, ma costituisce, al tempo stesso, un fattore di disordine che può ingenerare situazioni di rischio idraulico difficilmente prevedibili in aree distanti dai corsi d'acqua principali. Sarebbe quindi opportuno un generale riordino dell'intero sistema di canali irrigui e dei canali di scolo agricoli. Tale opera richiederebbe soprattutto interventi di tipo normativo, data l'estrema eterogeneità dei soggetti interessati (privati, consorzi, comuni, enti pubblici ecc.).

- Nei tratti di pianura, la realizzazione di soglie idrauliche trasversali immediatamente a valle dei ponti al fine di preservarne l'integrità ha provocato in diversi casi lesioni e, talora, la distruzione (ponte di Quassolo sulla Dora Baltea; ponte sulla SP S. Benigno-Fogizzo, sul T. Orco) di opere di attraversamento. La presenza di una soglia idraulica, realizzata in entrambi i casi citati con massi da scogliera, ha favorito a monte l'innalzamento idrometrico, a valle l'insorgere di accentuati fenomeni erosivi di fondo. L'erosione rimontante che ne è derivata ha determinato in un primo momento lo smantellamento del tratto centrale della soglia stessa, a cui è seguito un'approfondimento dell'alveo con conseguente sottoescavazione e scalzamento delle pile centrali dei ponti.

- I danni maggiori in aree di pianura si sono registrati a scapito di infrastrutture localizzate e dimensionate

senza tenere conto delle loro possibili interferenze con la propagazione dei deflussi. Molti rilevati viari hanno amplificato gli effetti dell'evento impedendo il riflusso delle acque di inondazione verso l'alveo. Sono stati coinvolti in genere non solo centri abitati ubicati in aree ricorrentemente soggette a fenomeni fluviali (Le Gave di Rivarolo, C. na Camagnino, Loc. Rivaotta sul T. Orco; Banchette sulla Dora Baltea per citare alcuni dei casi) ma anche località non normalmente colpite dai fenomeni di piena, a causa dell'interferenza di infrastrutture realizzate nell'ultimo ventennio (Marchetti, Molla Quilico di Pavone Canavese sul Rio Ribes, ecc.).

Come sottolineato nelle note precedenti, l'alluvione del settembre 1993 ha comportato, su molti tratti di asta torrentizia e fluviale, una forte movimentazione di materiali solidi. Secondo molti settori dell'opinione pubblica e secondo la quasi totalità delle amministrazioni locali interessate il trasporto solido, di questo evento alluvionale nonché di quelli precedenti, avrebbe determinato, lungo molti tratti di asta fluviale e torrentizia, condizioni di sovralluvionamento. Tale elemento sarebbe alla base sia dei danni verificatisi sia delle permanenti condizioni di rischio, donde ne derivano richieste, spesso pressanti, volte ad ottenere corposi interventi di ricalibratura e disalveo, con rimozione di grandi quantità di materiali su lunghi tratti di asta.

Il dibattito circa il rialzamento del letto dei corsi d'acqua è antico e si ritiene interessante, a tal proposito, riportare parte di un documento del 1882, a firma del Prof. Ing. Gaetano Bruno. *«Nei fiumi torbidi, sia lungo il canale di scarico che in quello di alluvione, o solo in questo, si può produrre rialzamento di letto, e molti idraulici ritengono che il deposito di materiali dia luogo senz'altro al continuo e progressivo alzamento di tutto l'alveo. Ma, salvo casi particolari, ciò non avviene che in modo insensibilmente progressivo, ovvero è limitato ad un certo tratto del fiume, ove convengano determinate categorie di materiali per via di affluenti: ed il più delle*

volte tale rialzamento si verifica per un periodo di tempo più o meno lungo, al quale succede dipoi la escavazione. (omissis).

D'altra parte, s'incontrano nei fiumi depositi di ghiaia che non possono essere stati trasportati dal fiume stesso nel suo attuale reggimento, e però sono dovuti allo stato anteriore del fiume, o alla rovina di sponde poco lontane, o ad altre cause non permanenti. Ed infine molte opere d'arte d'antichissima costruzione attestano la permanenza del fondo del fiume.

È da ritenersi adunque che il rialzamento del letto possa prodursi in maniera permanente solo in qualche tratto del fiume, come nel raccordo tra il bacino di raccolta e quello di deiezione di un torrente che va di mano in mano fissando il proprio alveo e diminuendo l'impeto; come nel bacino di deiezione o nell'ultimo tronco di un fiume dove i materiali sono obbligati a deporli: ma lungo il canale di scarico di un fiume, il rialzarsi del letto, non può verificarsi che alternatamente a periodi più o meno lunghi, o per cause accidentali e concorrenti che esamineremo nell'articolo seguente. (omissis)».

Senza la pretesa di voler interferire con i settori della Pubblica Amministrazione ai quali competono direttamente le sistemazioni lungo le aste fluviali e torrentizie, si ritiene comunque di esporre alcune considerazioni, derivate direttamente dalle estese campagne di rilievi a seguito di questo e di altri eventi alluvionali.

- Mancano del tutto, o quasi, dei livelli di riferimento dei fondi alveo per verificare oggettivamente eventuali condizioni di sovralluvionamento.

- Ove tali livelli di riferimento esistono, sulle aste di pianura, questi paiono indicare una generale tendenza all'erosione più che al sovralluvionamento. La maggior parte delle cosiddette sezioni Brioschi, lungo il Po, misurate dal 1870, segnalano approfondimenti sino a 6-8 m (Banca Dati Geologica). Lungo il T. Cervo si segnalano, a causa delle attività estrattive, approfondimenti sino a 12.5 m in 15 anni (Ramasco & Rosanigo, 1988).

• Se è vero che un esame «a vista» di alcuni tratti d'asta sembra indicare un sovralluvionamento è altrettanto vero che molti altri tratti appaiono chiaramente in erosione.

• Molti ponti sono crollati, o sono stati danneggiati, per sottoescavazione di alcuni piloni (ponte ANAS sul Cervo; Pont Canavese, S. Benigno, Foglizzo, autostrada TO-AO sul T. Orco; ponte di Quassolo sulla Dora Baltea) il che indica erosione più che deposito.

• La naturale modificazione degli alvei fa sì che, nei tratti di asta in ambiente alpino, il trasporto si effettui per pulsazioni, in maniera tale che gli effetti di erosione e deposizione di materiali grossolani si alternino in piene successive.

• Dato il delicato equilibrio che caratterizza ogni corso d'acqua ogni intervento di disalveo realizzato in passato ha comportato, oltre alle modifiche locali, importanti modifiche con ripercussioni (perlopiù negative) nell'intero sistema fluviale o torrentizio per lunghi tratti sia a valle che a monte dell'intervento stesso.

• Mancano sicure prove che dimostrino come la rimozione di materiali

dall'alveo riduca, nel complesso, il rischio idraulico.

Una generalizzata attività di rimozione inerti se da un lato potrebbe forse risolvere, parzialmente e temporaneamente, alcune puntuali situazioni di rischio, comporterebbe, alla lunga, effetti negativi della stessa natura di quelli provocati dalle escavazioni in alveo, di seguito brevemente riassunti:

- generale riduzione della scabrezza;
- aumento della velocità e dell'impetuosità della corrente;
- diminuzione generalizzata (nelle aste di pianura) dei tiranti idrici, con minore capacità complessiva di accumulo e laminazione;
- a parità di evento pluviometrico, picchi di piena più intensi ed elevati;
- rimozione, nelle aste di pianura, del corazzamento statico (pavè);
- aumento delle capacità sia di erosione che di trasporto;
- tendenza del corso d'acqua ad un andamento più rettilineo (il Po, a valle di Torino, ha tagliato 6 meandri negli ultimi 50 anni [Banca Dati Geologica]);

- tendenza all'unicursalità ed alla canalizzazione;
- sottoescavazione delle fondazioni dei ponti;
- aumento del rischio idraulico nei settori a valle e a monte di quelli oggetto degli interventi;
- abbassamenti della falda freatica (nei settori di pianura);
- generalizzato degrado dell'ambiente fluviale.

Consegue da quanto sopra che interventi inopportuni tesi a risolvere situazioni locali possono avere pesanti ripercussioni negative sul bacino nel suo insieme con aumento complessivo del rischio idraulico e dei danni all'evento di piena successivo. Si ritiene quindi che la ricalibratura che comporti interventi di disalveo dovrebbe essere intesa come intervento puntuale di manutenzione, teso al ripristino ed alla pulizia di sezioni idrauliche strette ed intasate quali luci di ponti e tratti in zona urbana. Ricalibrature e disalvei intesi come rimozione sistematica di grandi quantità di materiale per lunghi tratti di asta potrebbero, invece, generare più problemi di quanti non ne risolvano e dovrebbero essere considerati con estrema prudenza.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

(S. Bovo, F. Forlati, C. Troisi)

Lo studio degli eventi alluvionali in Piemonte ha dimostrato come gli eventi più gravosi in termini di danni siano legati a situazioni di crisi non di tutto il reticolato idrografico ma di gruppi associati di bacini identificabili in base a criteri di interpretazione di tipo meteorologico, idrologico, geologico.

Sulla base dei dati storici disponibili nonché sulla base di uno studio commissionato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po (1995) relativo alla redazione di un atlante dei rischi idrogeologici interessanti il bacino idrografico del Po, emergono per la frequenza sia di eventi idrologici critici sia di eventi locali, i bacini della Dora Baltea e dell'Orco, in associazioni più o meno combinate tra essi e con bacini limitrofi. Gli eventi più gravosi si sono verificati nel 1886, 1920 e 1948 nel bacino della Dora Baltea Piemontese e nel 1938 e 1947 nel bacino dell'Orco. In anni più recenti i due bacini sono stati interessati dagli eventi del 1968 e del 1977, più intensi nei limitrofi bacini nordoccidentali. Per quanto riguarda gli eventi locali, sulla base delle segnalazioni contenute negli archivi della Banca Dati Geologica, processi di instabilità dei versanti ed episodi di attività fluviale e torrentizia si sono susseguiti, nell'ultimo secolo, con ricorrenze medie di tre anni. Tutti gli eventi citati si sono verificati nei mesi autunnali ed in particolare nei mesi di settembre e ottobre. Ciò ben si inquadra nelle caratteristiche meteorologiche tipiche del periodo di fine estate, caratterizzato dall'instaurarsi di condizioni di instabilità susseguenti alla rottura degli equilibri anticiclonici estivi nel bacino del Mediterraneo: le prime irruzioni di aria fredda in quota incontrano una massa d'aria ancora calda

nei bassi strati; il contrasto termico verticale che ne deriva rende l'atmosfera instabile per tutto il suo spessore. Da uno studio di Meteo-France (Barret *et alii*, 1994) emerge come il 70% delle situazioni che hanno dato origine a precipitazioni superiori a 200 mm in 24 ore si siano verificate nel periodo compreso tra il 25 agosto ed il 15 novembre.

Le situazioni di criticità sono funzione delle caratteristiche evolutive di fenomeni quali:

- la lentezza del transito delle perturbazioni causata da situazioni di blocco sull'Europa Orientale e la conseguente persistenza delle correnti sud-occidentali di aria calda e umida;
- la presenza di strutture convettive isolate di grande estensione dotate di un forte grado di organizzazione interna e di cicli di vita propri;
- il sollevamento per effetto orografico o gli effetti di confluenza allo sbocco di principali assi vallivi;
- la temperatura dell'aria elevata che non consente l'immobilizzo in forma nevosa delle precipitazioni nelle zone alpine.

In relazione all'analisi dei rilevamenti effettuati si può affermare che, in molti casi, le situazioni di dissesto legate alle dinamiche fluviali e torrentizie si sono manifestate con modalità analoghe a quelle passate nonostante la presenza o meno di interventi sistematori. Tale constatazione dovrebbe indurre a considerare con maggior attenzione interventi non strutturali, finalizzati ad una migliore gestione del territorio non solo tramite l'emanazione di vincoli e norme d'uso del suolo, ma anche attraverso una corretta sensibilizzazione dell'opinione pubblica e delle popolazioni residenti nelle

aree interessate dai fenomeni. Senza minimamente voler soggiacere all'eterno luogo comune che prevede l'elogio del passato a detrimento del presente, si vuole comunque evidenziare che attualmente, rispetto alle epoche passate, le popolazioni sembrano non conservare la memoria storica degli eventi alluvionali. Ciò comporta anche il venir meno del timore che tali eventi dovrebbero ispirare. Tale tendenza potrebbe essere in qualche modo alimentata dal fatto che dal secondo dopoguerra in poi lo Stato ha sempre, in linea di massima, risarcito le infrastrutture distrutte o danneggiate (Govi, 1990). A quanto sopra si affianca una cieca fiducia nell'intervento di sistemazione. Quanto è accaduto, si dice, è dovuto alla mancata (o carente) realizzazione di interventi strutturali di sistemazione e non accadrà più quando tali interventi siano stati realizzati. Tale scuola di pensiero persiste anche quando l'evento abbia chiaramente dimostrato i limiti degli interventi strutturali stessi. A titolo di esempio si noti come, lungo il tratto di pianura del T. Orco (vedi il paragrafo relativo), il corso d'acqua abbia ripreso quasi ovunque il suo carattere pluricursale indipendentemente dalla presenza o meno di opere varie destinate a contenerlo e regimarlo.

Molti interventi, inoltre, vengono realizzati in risposta ad esigenze puntuali ignorando il fatto che ad un beneficio locale corrispondono modificazioni generali anche di elevata turbativa e disequilibrio. Tali problematiche dovrebbero comunque essere risolte dall'istituzione dell'Autorità di Bacino, che ha tra i suoi scopi quello di definire ed attuare attività di sistemazione e difesa nel quadro dell'assetto complessivo dell'intero bacino. A tal proposito risultano significative le linee-guida definite dall'Autorità di Bacino (1993), tra le quali quelle di seguito riportate.

- Non devono essere realizzati interventi in contrasto con la tendenza evolutiva del corso d'acqua.
- Tutte le difese di sponda o le briglie danneggiate o demolite indicano un severo impatto con il corso d'acqua: va attentamente valutata l'essenzialità di tali opere e di conseguenza l'opportunità di un ripristino in alternativa ad ipotesi diverse di controllo del corso d'acqua.
- Tutte le divagazioni, ramificazioni o modificazioni morfologiche indicano le esigenze effettive che esistono per il deflusso delle piene e per riconquistare al corso d'acqua spazi essenziali alla dinamica evolutiva; vanno attentamente considerate le ipotesi di preservare, per quanto possibile, al corso d'acqua le porzioni di territorio ora occupate.
- Nei tratti montani tutte le sezioni alluvionate o messe in crisi dalla combinazione tra deflussi liquidi e solidi rappresentano la misura delle reali sezioni necessarie al deflusso: vanno pertanto considerate nelle opere di ripristino.

Nei paragrafi precedenti sono state spesso citate le problematiche relative alla presenza di varie infrastrutture, abitative, artigianali od industriali, in aree di pertinenza fluviale o torrentizia. Oltre alla considerazione, del tutto ovvia, che i danni avrebbero potuto essere limitati se fossero stati evitati gli insediamenti, occorre sottolineare come l'effetto negativo della presenza di tali infrastrutture si propaghi a catena in quanto le amministrazioni locali, a seguito degli eventi di piena, ne invocano in genere la protezione. In molti casi le richieste misure di protezione comportano la realizzazione di opere tese a ridurre forzatamente i settori di pertinenza dei corsi d'acqua il che, oltre a contrastare con le indicazioni di cui sopra, comporta processi di canalizzazione che provocano un generale disequilibrio dei sistemi fluviali o torrentizi e quindi

un'aumento del rischio idraulico complessivo, specie se tali opere non risultano valutate nell'ambito dell'intero bacino idrografico di pertinenza.

La valutazione dei fenomeni di piena e le relative misure di controllo e sistemazione sono frutto di complesse analisi tipicamente multidisciplinari che prevedono il coinvolgimento di più enti e più figure professionali (ingegneri idraulici, geologi, agronomi, pianificatori del territorio, meteorologi ecc.). Nei rapporti con le popolazioni e con le amministrazioni locali la professionalità di tali figure viene spesso sottovalutata in quanto, nel sentire comune e per antico costume, si ritiene che l'aver vissuto a lungo in un certo sito (ad esempio lungo un corso d'acqua) sia di per se stessa condizione bastevole e sufficiente a formulare analisi dei fenomeni ed a proporre i relativi rimedi.

I fenomeni alluvionali sono fenomeni che si manifestano ciclicamente in un ripetersi cadenzato di pulsazioni di maggiore o minore intensità ma con meccanismi simili tra loro. Allo stato attuale delle conoscenze è possibile formulare, con ragionevole approssimazione spaziale e temporale, previsioni sulle condizioni meteorologiche scatenanti gli eventi alluvionali. Molto più problematica è la previsione degli effetti degli eventi provocati da quelle specifiche condizioni meteorologiche, in quanto dipendente dalle complesse interrelazioni tra molteplici fattori, sia naturali che antropici. Una miglior conoscenza degli eventi pregressi e delle dinamiche evolutive può permettere di formulare ipotesi anche in quest'ultimo campo riducendo quegli aspetti di fatalità ed eccezionalità culturalmente legati al verificarsi degli eventi naturali. Il presente lavoro intende collocarsi in tale contesto al fine di fornire un contributo, se pure limitato, alla conoscenza dei fenomeni alluvionali in Piemonte.

7. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1729), *Atti di visita de' danni patiti dalle comunità per le corrosioni*. Archivio di Stato di Torino. Il documento è stato pure pubblicato su: CONTRATTO M. (1994), *Locana e i suoi dieci ducati: Pont e valle 1545-1900*. Tipografia Saviglianese.
- Autorità di Bacino del Fiume Po (1993), *Evento alluvionale del settembre 1993 nel bacino del Po: analisi del fenomeno e conseguenti proposte*. Parma 14-10-1993.
- Autorità di Bacino del Fiume Po (1995), *Completamento del catasto e redazione di un atlante dei rischi idrogeologici per il bacino idrografico del Po*. Studio redatto dal CNR-IRPI di Torino e dalla società ISMES di Bergamo.
- AMBROSETTI W., L. BARBANTI, R. DE BERNARDI, V. LIBERA & A. ROLLA (1993), *L'alluvione sull'areale del Lago Maggiore nell'autunno 1993*. Nimbus, 1 (2): 50-54.
- AMBROSETTI W., L. BARBANTI, R. DE BERNARDI, V. LIBERA & A. ROLLA (1994), *La piena del Lago Maggiore nell'autunno 1993: un evento di portata secolare*. Documento dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, n. 45: 51 pp.
- ANSELMO V. (1980), *Sul comportamento delle infrastrutture stradali in ambiente alpino nel corso di eventi alluvionali*. Atti e Rass. Tecn. Soc. Ingegneri e Architetti, Torino, 113, 2, 61-73.
- Banca Dati Geologica - Studi, Ricerche e Banca Dati Geologica della Regione Piemonte (...), *Dati provenienti dall'archivio del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte*, Torino.
- BARBANTI L. & W. AMBROSETTI (1994), *Lago Maggiore: Analisi della piena dell'autunno 1993*. Il Cobiandchi, 5: 65-77.
- BARRET L., V. JACQ & J.C. RIVRAIN (1994), *Une situation à l'origine de pluies diluviennes en région méditerranéenne*. La météorologie, 8^e série, n. 7, septembre 1994.
- BERTOLOTI A. (1873), *Passeggiate nel Canavese*, Tipografia De Curbis, Ivrea 1873.
- BERTOTTI M. (1982), *Appunti storici e corografici sulla Valle Soana nei secoli XVII e XVIII*, edizioni Corsac, Cuorgnè, pp.24.
- BERTOTTI M. (1983), *Appunti per una storia di Cuorgnè*, R. Enrico editore, Ivrea.
- BRICE J.C. (1983), *Planform properties of meandering rivers*, in «River meandering», Proc. Conference Rivers '83, ed. M. Elliott, American Society of Civil Engineers, N.Y., 1983, 1-5.
- BRUNO G. (1882), *Fiumi e Torrenti*, in: Enciclopedia delle Arti e Industrie, vol. 3^o, pag. 243 e seg., Unione Tipografica Editrice, Torino.
- CAMPBELL R.H. (1975), *Soil slip, debris flow and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, Southern California*, U.S. Geol. Survey Prof. Pap., 851, 51 pp.
- CARONI E. (1982), *I metodi empirici per la valutazione delle portate di piena*. C.N.R. P.F. Conservazione del Suolo, Pubbl. 165, a cura di E. Caroni et alii.
- Città di Ivrea, Assessorato alla Cultura: «Alluvione in Canavese», marzo 1994.
- GIUFFRIDA G. (1971), *L'evento alluvionale del 2-3 novembre 1968 in Piemonte*. In: Annali idrologici 1971 - Parte seconda, pp. 111-138, Ministero dei Lavori Pubblici.
- CLAVARINO L. (1867), *Saggio di corografia statistica e storica della Valle di Lanzo*. Tip. Gazzetta del Popolo, Torino (ristampa anast. 1972, ed. Gribaudo, Torino), pp. 48-49.
- GOUGUEL (1959), *L'application de la géologie aux travaux de l'ingénieur*. Masson, Parigi.
- GOVI M. (1978), *Gli eventi alluvionali del 1977 in Piemonte: problemi di protezione idrogeologica*. Atti del convegno "Pianificazione territoriale e geologia", Torino, aprile 1978, pag. 37-45.
- GOVI M. (1979), *L'assetto geomorfologico nella valutazione dei rischi connessi ad eventi idrologici estremi*, seminario su "La Pianificazione di Bacino", luglio 1979, pp. 5-39, Genova.

- GOVI M. (1990), *Mouvements de masse récentes et anciens dans les Alpes italiennes*. Proceedings of the fifth international symposium on landslides, Losanna, luglio 1988.
- GOVI M., G. MORTARA & P.F. SORZANA (1985), *Eventi idrologici e frane*, Geol. Appl. e Idrog., vol. XX, parte 2, pp. 359-375, Bari.
- INNOCENTI M. (1991), *Carta geomorfologica applicata per i vincoli d'uso dei suoli: dinamica fluviale e dei versanti*. Documento non pubblicato allegato al PRGC di Ronco Canavese, 1991.
- LUINO F. (1993), *Effetti dell'evento pluviometrico del 23-24 settembre 1993 nell'Italia nord-occidentale*. Nimbus, A. 1, n. 2.
- LUINO F., M. RAMASCO & G. SUSELLA (1993), *Atlante dei centri abitati instabili piemontesi*. Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, Programma speciale: Studio Centri Abitati Instabili - Pubblicazione n. 964, Unità Operative: 2.1 C.N.R. - I.R.P.I. Torino - 2.2 Regione Piemonte S.P.R.G.M.S.
- MARAGA F. (1989), *Ambiente fluviale in trasformazione: alveo tipo pluricursale verso un nuovo modellamento nell'alta pianura padana*. Atti del congresso Suolosottosuolo, Associazione Mineraria Subalpina, Torino, 27-30 settembre 1989, vol. 1, pp. 119-128.
- MARAGA F. (1991), *Riduzione del campo di attività fluviale e disponibilità di sedimento nei tratti d'alveo pluricursali: casi di studio nella pianura padana*, seminario su "Fenomeni di erosione ed alluvionamenti degli alvei fluviali", 14-15 ottobre 1991, pp. 51-62, Ancona.
- MARRUCHI U. (1545), *Descriptio status Ponti et vallium*. Archivio di Stato di Torino, Arch. di Corte, Paesi, Provincia di Ivrea, mazzo 11, Valli di Pont, n. 6/1. Pubblicato a cura di Elisa Mongiardino nel Bollettino della Società Piemontese di Architettura e Belle Arti, Nuova Serie, XLII, 1988.
- MILONE G. & P. MILONE (1911), *Notizie delle Valli di Lanzo*. Tip. Palatina di G. Bonis, Rossi & C., Torino (ristampa 1975, A. Viglione & C. Editori), pp. 129-130.
- PELLEGRINI M. & L. ZAROTTI (1975), *Un esempio di erosione accelerata in alveo: il T. Tiepido presso Maranello (MO)*. Atti Soc. Nat. Mat. Modena, 106, pp. 145-146.
- RAMASCO M. & P. ROSSANIGO (1988), *Evoluzione morfologica dell'alveo de T. Cervo nel tratto di pianura e studio fotointerpretativo dell'inondazione verificatasi il 2-3 novembre 1968*. Provincia di Vercelli (Settore Assetto Ambientale), Regione Piemonte (Servizio Geologico).
- Regione Piemonte, CNR-IRPI Torino & CSI Piemonte (1990), *Banca Dati Geologica*, maggio 1990, 93 pp., Torino.
- Regione Piemonte (1993), *Prime note sull'evento alluvionale in Piemonte del 22-25 settembre 1993*. Rapporto inedito a cura del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico, Assessorato Difesa del Suolo e Governo Risorse Idriche della Regione Piemonte.
- Regione Piemonte (1994), *Piano di coordinamento tecnico per l'attuazione degli interventi a favore delle zone colpite da fenomeni alluvionali nei mesi di settembre-ottobre-novembre 1993 con particolare riguardo ai torrenti Orco, Soana, Stura di Lanzo e Anza (DGR n. 130-34420 del 2/5/1994)*, elaborato tecnico a cura del Servizio Difesa Assetto Idrogeologico e Difesa del Suolo.
- SPINEDI, F., G. KAPPENBERGER & S. SARTORI (1993), *Le alluvioni del Settembre-Ottobre 1993 nel Canton Ticino*. Nimbus, 1 (2): 55-56.
- SPINEDI, F., G. KAPPENBERGER & S. SARTORI (1993), *Le alluvioni del Settembre-Ottobre 1993 sul versante sudalpino*. Centro meteorologico dell'Istituto Svizzero di meteorologia, Locarno Monti. Rapporto preliminare: 37 pp.
- TELESCA P. & M. FADDA (1993), *Evento meteorologico 22-23-24-25 settembre 1993: analisi del fenomeno meteorologico; dinamica dei versanti e formazione delle piene; azioni da intraprendere*. Rapporto inedito del Settore OOPP a Difesa Assetto Idrogeologico della Regione Piemonte.
- Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. Servizio idrologico e geologico nazionale. *La crue del 1993 en Valais et au Tessin. Mesures effectuées et premières conclusions*. Comunicazione n. 19a. Berna: 87 pp.
- VARNES D.J. (1978), *Slope movements types and processes*, in Schuster R.L. & Krizek R.J. Ed., "Landslides, analysis and control". Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. of Sciences, p. 11-33.
- WALLIS J.R. (1980), *Risk and uncertainties in the evaluation of flood events for the design of hydrologic structures*, Seminario su "Eventi idrologici estremi: piene e siccità" Erice, 22-25 marzo 1980.