

ANTONIO BARTELLETTI*, MARCELLO MIOZZO**, STEFANO BRACCIOTTI**, ROBERTO GIANNINI**,
ALESSIA AMORFINI*, EMANUELE GUAZZI*, LUCA ZOCCO PISANA***, ALESSANDRA BICHI**,
ISABELLA RONCHIERI*, CLAUDIO FAGARAZZI**, FIAMMA ROCCHI**

STUDIO PER LA DEFINIZIONE
DELLE RELAZIONI TRA DISSESTI IDROGEOLOGICI E COPERTURA FORESTALE NEI
BACINI MONTANI INTERESSATI DAGLI EVENTI ALLUVIONALI
DEL 19 GIUGNO 1996 NELLE ALPI APUANE:
II. DESCRIZIONE DELL'EVENTO ALLUVIONALE E PRECEDENTI STORICI

Riassunto – La seconda parte dello studio è dedicata alla descrizione dell'evento pluviometrico straordinario del 19 giugno 1996. Il lavoro presenta i fattori geografici, morfologici e meteorologici di questo evento alluvionale, verificatosi tra la Versilia e la Garfagnana. Nelle Alpi Apuane, l'alto rischio pluviometrico ha numerosi precedenti storici.

Abstract – The second part of the study is dedicated to description of the extraordinary pluviometric event of June 19th 1996. This paper reports the geographical, morphological and meteorological features of the same rainfall event, taken place between the Versilia and the Garfagnana. In the Alps Apuan, the pluviometric high risk presents many historical events.

Key words – Rainfall event, pluviometry, Apuan Alps

2. Descrizione dell'evento alluvionale

2.1 Fattori geografici, morfologici e meteorologici

Il presente lavoro di descrizione dell'evento alluvionale del 19 giugno 1996 (con i suoi precedenti storici) è la continuazione di un primo contributo, d'introduzione metodologica, pubblicato due anni fa su questa Rivista (Bartelletti *et alii*, 2002). Esso si inserisce in un filone fecondo di studi e ricerche promossi dal Parco delle Alpi Apuane sull'evento detto, che avevano subito individuato nell'eccezionalità quantitativa del dato pluviometrico la causa prevalente dei dissesti idrogeologici verificatisi nell'occasione (Bartelletti *et alii*, 1996; 1997; Amorfini *et alii*, 1997).

Nel considerare i fattori geografici, morfologici e meteorologici che hanno determinato e favorito l'evento del 19 giugno 1996, non si può tuttavia prescindere dall'analisi descrittiva e quantitativa del contributo scientifico di C. Rapetti e F. Rapetti (1996), che qui di seguito viene richiamato per sunto e stralci significativi. Dal predetto lavoro sono state selezionate soprattutto quelle parti meglio inseribili e particolarmente ricche di riferimenti, collegamenti e rimandi, senza reiterare più di tanto la citazione degli stessi Autori.

La descrizione dell'evento alluvionale del 19 giugno 1996 non può comunque prescindere da una premessa d'obbligo. Anche se risaputo è sempre

utile ricordare come le Alpi Apuane siano interessate da precipitazioni tra le più abbondanti della penisola italiana, seconde solo a quelle che cadono sulle Prealpi e sulle Alpi Carniche e Giulie. Anche le precipitazioni massime di durata fino a un giorno mostrano una distribuzione caratteristica, come ad esempio nei settori occidentali ed orientali delle Alpi, nell'Appennino Ligure-Toscano, nelle Alpi Apuane, nell'Appennino Calabrese, nei Monti Iblei e Peloritani, in cui possono verificarsi intensità maggiori ai 300 mm/giorno. Non è invece altrettanto agevole distinguere territori italiani in cui si determinano elettivamente rovesci di forte intensità e di breve durata, poiché questi fenomeni possono interessare numerose località disperse in diverse regioni.

Le stazioni delle Alpi Apuane a più alta piovosità sono quelle di Campagrina (850 m) e Orto di Donna (1100 m): la prima è situata in una valle dominata dal M. Sumbra (1765 m), dal M. Altissimo (1589 m) e dalla Pania della Croce (1858 m); la seconda si localizza in un versante sovrastato dal M. Pisanino (1947 m). In queste località gli afflussi meteorici superano in media i 3000 mm annui (vedi fig. 1), con punte rispettivamente di 4731 mm (1960) e di 4394 mm (1926). A Campagrina, prima degli eventi pluviometrici eccezionali registrati negli ultimi anni Novanta, si erano verificate anche le maggiori precipitazioni di breve e di brevissima durata: 578

*) Parco Regionale delle Alpi Apuane, Direzione e servizi "Ricerca e conservazione" e "Difesa del suolo" – viale Stazione, 82 – 54100 Massa.

**) D.R.E.Am. Italia S.c.r.l. – via dei Guazzi, 31 – 52013 Poppi (Arezzo).

***) Opera delle Mura – 55100 Lucca.

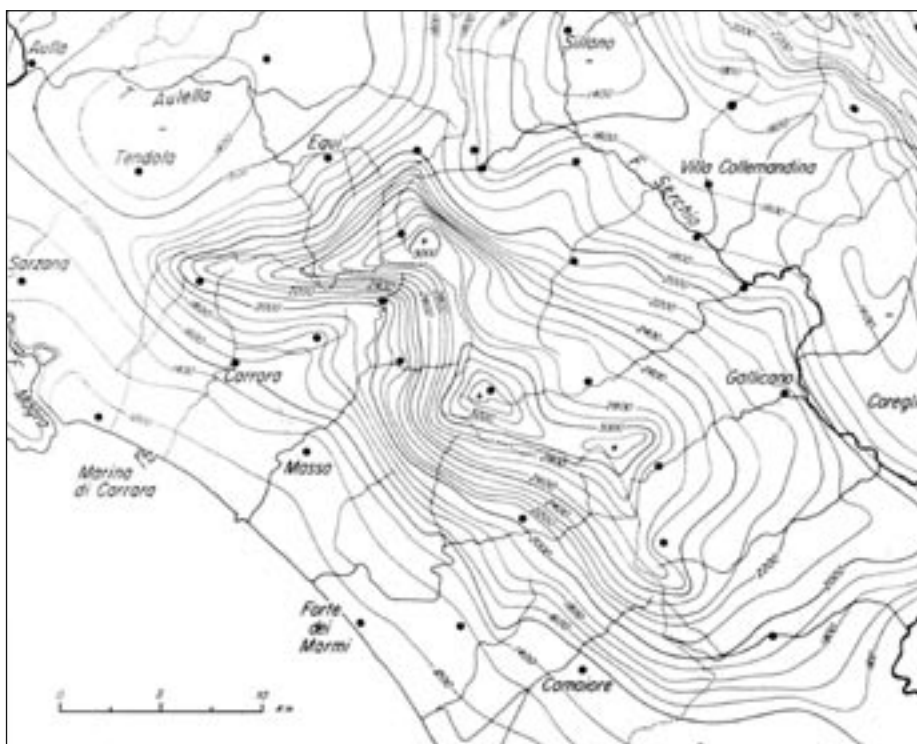


Fig. 1 – Carta delle isoiete delle Alpi Apuane (da Trevisan et alii, 1971)

mm in cinque giorni consecutivi (1952), 325 mm in ventiquattro ore (novembre 1976), 18,8 mm in cinque minuti (aprile 1986).

È inoltre opportuno considerare come le precipitazioni medie annue, pur eccezionalmente elevate nel bacino del Mediterraneo, non siano tuttavia rappresentative delle punte di piovosità che si verificano alle quote più elevate della catena apuana. È noto infatti che gli afflussi meteorici si incrementano con l'altitudine secondo leggi di variazione complesse, diverse da luogo a luogo, fino ad un massimo, detto 'optimum pluviometrico', oltre il quale essi dovrebbero stabilizzarsi o diminuire. Tuttavia, è stato acutamente osservato che la quantità delle precipitazioni non dipende tanto dall'altitudine assoluta della stazione, quanto dall'altitudine, dalla distanza e dall'acclività dei rilievi circostanti. In ogni caso la carenza di stazioni poste ad alta quota rende assai ardua la stima dei reali afflussi intercettati dai bacini imbriferi, con grave pregiudizio, tra l'altro, per la determinazione dei coefficienti di deflusso, che nelle zone di montagna ad elevato effetto orografico, come di certo sono le Apuane, possono risultare sopravvalutati.

Per la configurazione morfologica e le caratteristiche pluviometriche, che determinano tempi di corruzione molto brevi, le Alpi Apuane rappresentano dunque una delle aree a più elevato rischio idraulico del territorio nazionale, sia nel loro versante marittimo che in quello interno, essendo spesso soggette a gravi eventi di piena.

La condizione necessaria per la formazione delle idrometeorie è costituita, com'è noto, dal raffredda-

mento adiabatico di masse d'aria umida, che alle nostre latitudini si verifica generalmente durante il passaggio di sistemi frontali o per effetto del sollevamento indotto dal rilievo ('effetto barriera'). Questi due meccanismi non sono sempre indipendenti, poiché nelle aree montane il primo può rendere più dinamico il secondo, mediante la pressione esercitata dai fronti freddi avanzanti verso il rilievo sulle masse di aria stanziali, che sono perciò costrette a un più attivo sollevamento.

I peculiari caratteri pluviometrici delle Alpi Apuane e dei rilievi contermini (Appennino Ligure e Tosco-Emiliano) sono da collegare all'interazione tra i fattori geografico-morfologici e le caratteristiche della circolazione atmosferica generale e regionale dell'area.

Per il primo aspetto l'Appennino Settentrionale presenta una morfologia complessa e articolata; le sezioni trasversali della catena mostrano, da occidente ad oriente, una ripetizione di alti e di bassi morfo-strutturali ad andamento subparallelo, orientati approssimativamente da nord-ovest a sud-est, che costituiscono le linee di displuvio di bacini intermontani, come quello della Lunigiana o della Garfagnana. Nella sezione ideale che congiunge Forte dei Marmi (2 m)–Seravezza (55 m)–Pania della Croce (1858 m)–Castelvecchio Pascoli (400 m)–M. Romecchio (1702 m), si alternano ad esempio due bassi e due alti morfo-strutturali, che si frappongono come ostacoli al transito delle masse d'aria di provenienza occidentale. Nel complesso la profondità della struttura orografica, lungo questo allineamento, è di circa 37 km.

L'Appennino Settentrionale, dal M. Orsaro (Alta Lunigiana) all'Alpe Tre Potenze, ha una lunghezza di circa 60 km, con il crinale che si sviluppa per lunghi tratti oltre i 1700 m, mentre la dimensione longitudinale delle Alpi Apuane è approssimativamente di 25 km, con altitudini degli spartiacque piuttosto variabili, ma con punte oltre i 1800 m. Le acclività dei complessi orografici della Toscana Settentrionale, diverse in relazione ai caratteri strutturali e litologici del substrato, assumono i valori più elevati proprio in corrispondenza della catena apuana. Nell'alto bacino del Fiume Veza, affluente del Fiume Versilia, tra il paese di Cardoso (280 m) e la Pania della Croce (1858 m), che lo sovrasta come una muraglia, l'acclività media del versante è, ad esempio, di circa 28°. In zone contigue sono presenti acclività medie più elevate, come nell'intorno di Arni, nel versante meridionale del M. Sumbra, dove in un'area di 12 km² si superano i 36°, ma talvolta le parti cacuminali dei rilievi sono costituite da pareti rocciose quasi verticali dello spessore di alcune centinaia di metri. Un ulteriore fattore morfologico da considerare nella formazione delle piogge di versante è la dimensione trasversale del rilievo. Lo studio della interazione tra i flussi dei bassi strati dell'atmosfera e il rilievo montuoso ha dimostrato infatti che in atmosfera stabile, per profondità della catena superiori ai 50-100 km, una notevole frazione dei filetti d'aria che spirano perpendicolarmente al rilievo subisce una deflessione orizzontale e aggira la struttura orografica lasciandola alla sua destra, con formazione dinamica di aree di alta e di bassa pressione, rispettivamente nel versante sopravvento e in quello sottovento.

Nel caso del sistema montuoso delle Alpi Apuane e dell'Appennino Settentrionale, la cui profondità non supera i 40 km, le masse d'aria in movimento da occidente ad oriente dovrebbero in prevalenza scavalcare il rilievo con scarse deviazioni laterali. Naturalmente la frazione del flusso deviato e l'entità del sollevamento sono legate al grado di stabilità dell'atmosfera e all'intensità della componente ortogonale della velocità delle masse d'aria che investono il rilievo.

Per gli aspetti meteorologici, le Alpi Apuane e l'Appennino Settentrionale sono influenzati da fenomeni circolatori di scala generale, come i cicloni delle medie latitudini, che interessano la fascia compresa tra 30° e 60°, e da fenomeni di scala regionale, quali le depressioni sottovento alle Alpi Occidentali che, soprattutto in inverno, generano sul Golfo di Genova intense aree di bassa pressione. Le depressioni dell'Alto Tirreno provocano moti vorticosi e traslativi accompagnati dal sollevamento forzato di masse d'aria umida sulle pendici dell'Appennino Ligure e Toscano e delle Alpi Apuane, cui possono fare seguito precipitazioni particolarmente intense ed abbondanti, specialmente quando il fenomeno sia rinforzato dalle perturbazioni di origine atlantica.

La particolare intensità e frequenza dei fenomeni pluviometrici che interessano quest'area montuosa sono dunque il risultato dell'interazione di molte-

plici fattori, tra cui è opportuno riassumere i più importanti:

- la prossimità dell'area montuosa rispetto ai centri regionali del tempo;
- la modesta distanza del rilievo dal mare;
- l'orientamento della catena montuosa;
- la sua dimensione longitudinale e trasversale;
- l'acclività dei versanti;
- l'altitudine dei crinali e l'orientamento dei solchi vallivi.

Inoltre, per l'aspetto meteorologico, si devono considerare:

- l'elevata frequenza, l'intensità e la direzione di traslazione dei vortici ciclonici provenienti dal nord Atlantico e dal Golfo di Genova;
- le non infrequenti condizioni di *blocco*, che si verificano quando i Balcani sono interessati da campi di alta pressione, che ostacolano lo scorrimento sull'Italia delle perturbazioni atlantiche;
- la notevole umidità specifica delle masse d'aria che transitano sul rilievo dopo aver attraversato l'Atlantico e l'Alto Tirreno.

Gli eventi pluviometrici più importanti possono dunque essere il risultato della simultaneità di aspetti meteorologici singolarmente di intensità non elevata, il cui sinergismo può talvolta determinare effetti straordinari. Per questa peculiare caratteristica la prevedibilità di eventi estremi sulle Apuane, come dimostra l'episodio catastrofico del 19 giugno 1996, è fino ad oggi molto incerta, migliorabile solo con l'applicazione di modelli predittivi più sofisticati o, in prossimità dell'evento, con l'impiego del radar meteorologico (Rapetti e Rapetti, 1996).

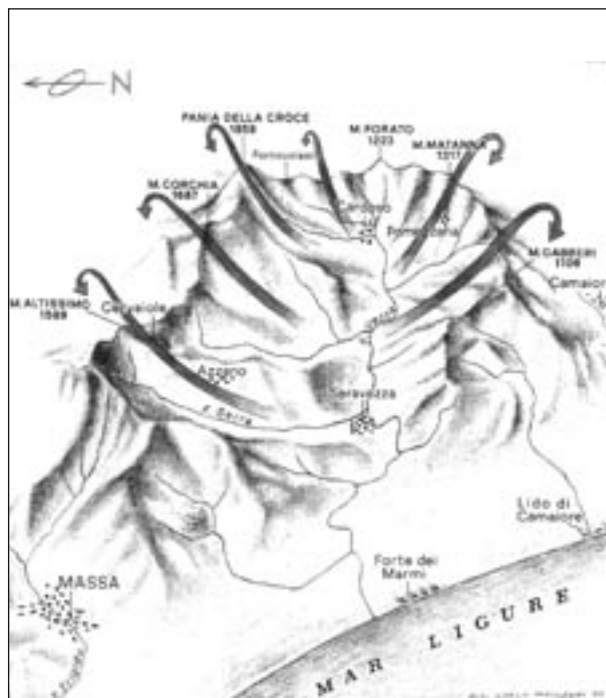


Fig. 2 – Comportamento ipotetico delle correnti dinamiche di versante all'interno del bacino del Fiume Versilia, in condizioni di instabilità per flussi provenienti da occidente (da Rapetti e Rapetti, 1996, p. 146)

2.2 Il regime delle precipitazioni

I profili pluviometrici trasversali delle Alpi Apuane presentano andamenti diversi nelle varie sezioni e una sensibile dissimmetria tra il versante marittimo e quello interno. I gradienti pluviometrici hanno infatti il loro valore più elevato nel lato della Garfagnana, in conformità con il modello di distribuzione degli afflussi tra il versante sopravvento e quello sottovento delle catene montuose investite da flussi atmosferici ortogonali all'asse orografico. Tale modello prevede infatti che i massimi di piovosità si verificano nel versante sottovento, poco oltre il crinale, per lo scorrimento inerziale dei filetti d'aria verso l'alto, sopra un piano inclinato che costituisce l'ideale prolungamento del pendio (cfr. fig. 2).

Le sezioni pluviometriche passanti da Massa e da Viareggio segnano il limite settentrionale e meridionale della maggiore intensità dell'effetto orografico, mentre la piovosità annua delle stazioni costiere di Forte dei Marmi e di Pietrasanta, con i loro afflussi relativamente modesti, indica l'estremo inferiore della forte variazione delle precipitazioni al variare dell'altitudine. Secondo i dati conosciuti, che escludono le stazioni automatiche di recente istituzione, la località più piovosa del lato marittimo delle Apuane è Retignano, seguita da Camaiore, mentre nel versante interno, oltre crinale, gli afflussi più elevati si osservano a Campagrina, Fornovolasco e Palagnana. L'area di maggior afflusso medio annuo riguarda le zone cacuminali comprese tra il M. Sumbra e il M. Matana, dove le precipitazioni medie annue superano i 3000 mm. I regimi pluviometrici si caratterizzano per il massimo principale in autunno (*r. submediterraneo, AIPE*) o in inverno (*r. mediterraneo, IAPE*), mentre il minimo, sempre molto accentuato, specialmente nelle stazioni della pianura apuo-versiliese, si verifica in estate. Anche la distribuzione geografica del regime è dissimmetrica, poiché nel versante marittimo prevale il regime submediterraneo (*AIPE*), mentre in quello interno, della Valle del Serchio, prevale il regime mediterraneo (*IAPE*).

Nell'area presa in esame e nel suo immediato intorno, il valore medio più elevato dei giorni piovosi in un anno si registra a Campagrina (132); seguono Isola Santa (126), Palagnana (122) e Fornovolasco (120). Ai limiti settentrionali e meridionali delle Apuane si rilevano 98 giorni a Massa e 91 giorni a Viareggio, mentre a Forte dei Marmi e a Pietrasanta, nella parte mediana della pianura apuo-versiliese, si osservano rispettivamente 86 e 89 giorni. È opportuno considerare che, tra Forte dei Marmi e Campagrina, la differenza dei giorni con precipitazione è molto elevata (46), con un gradiente medio di 5,4 giorni/100 m di altitudine.

L'intensità annua più elevata si registra a Campagrina (24 mm/g.p.), mentre a Massa e a Viareggio si osservano rispettivamente 12 mm e 11 mm/g.p., confrontabili con i valori della fascia litoranea della Toscana Settentrionale. I periodi di assenza di precipitazione sono tra i più bassi registrati in Toscana.

Per lo sviluppo degli eventi di piena, com'è noto,

oltre agli elementi lito-strutturali, morfologici, alla copertura vegetale del substrato e al grado di umidità del suolo, il fattore determinante è costituito dalla intensità e dalla successione delle precipitazioni che si verificano nel bacino. Per lo studio di quest'ultimo aspetto si dispone degli afflussi di forte intensità e di breve durata con scansioni comprese tra un'ora e ventiquattro ore, tra un giorno e cinque giorni consecutivi di precipitazione, mentre per alcune stazioni sono note anche le precipitazioni intense di brevissima durata:

- le precipitazioni intense di brevissima durata, se si eccettuano gli afflussi osservati negli anni Novanta, hanno il massimo a Campagrina, con 18,8 mm in cinque minuti, che ha rappresentato l'afflusso più elevato della Toscana dall'inizio delle osservazioni;
- le precipitazioni di un'ora hanno presentato il valore più elevato a Campagrina (102 mm), mentre quelle fino a ventiquattro ore a Fornovolasco (394 mm);
- le precipitazioni da uno a cinque giorni consecutivi evidenziano più nettamente la differenza tra gli afflussi di Massa, dove in cinque giorni si raggiungono 228,6 mm, e quelli che avvengono a quote elevate, in cui si possono registrare valori fino a 577,6 mm, come è avvenuto a Campagrina (Rapetti e Rapetti, 1996).

2.3 L'evento pluviometrico del 19 giugno 1996 e le probabili cause

Il 19 giugno il quadro sinottico dell'Europa presentava, nella media troposfera (500 hPa), due aree di alta pressione, rispettivamente sull'Africa Nord-Occidentale e Nord-Orientale, e un'area di bassa pressione sulla Scandinavia, mentre sull'Italia la pressione al suolo era livellata e di valore medio-alto. Un fronte freddo, ben più a nord delle Alpi, interessava l'Europa Centrale, apportando condizioni di maltempo dalla Francia alla Polonia. Il campo termico sull'Alto Tirreno, al livello del mare, si caratterizzava per temperature intorno ai 20° C, mentre a 850 hPa la temperatura nell'area marina era intorno ai 15°-17° C, determinandosi così un gradiente termico piuttosto ridotto, condizione di un'atmosfera quasi stabile. Nei giorni precedenti il 19 giugno, sul litorale della Versilia, il campo anemologico al suolo si era caratterizzato per venti di debole intensità (2-3 m/s), con modesta convergenza dei flussi provenienti dal terzo e dal quarto quadrante; condizioni sostanzialmente confermate in prossimità e durante la manifestazione temporalesca, sia pure con modesti rinforzi del vento fino a 4-5 m/s.

Le condizioni meteorologiche da alcuni giorni presenti nel Tirreno Settentrionale avevano determinato un notevole accumulo di umidità nei bassi strati dell'atmosfera, specialmente in direzione della traversa di sud-ovest, mentre fenomeni di subsidenza rendevano termodinamicamente stabile lo strato di aria compreso tra il limite superiore e la media

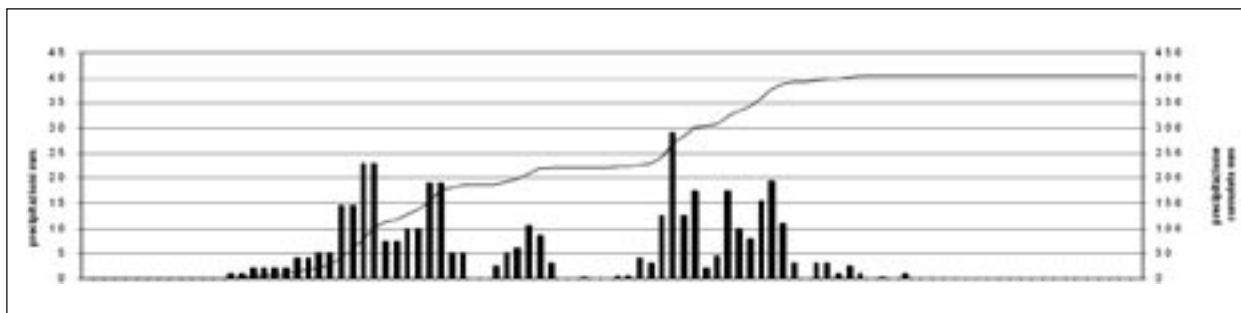


Fig. 3 – L'andamento delle precipitazioni rilevato dalla stazione di Retignano nella giornata del 19 giugno 1996. Sulle ascisse intervalli di tempo di 15'

troposfera. Sul continente le temperature massime diurne avevano raggiunto valori elevati, in alcune stazioni maggiori di 30°, mentre quelle minime valori piuttosto ridotti, anche inferiori ai 10° C, con una forte escursione diurna.

Nei giorni precedenti l'evento del 19 giugno sull'area apuana non si erano verificate precipitazioni, se si eccettuano pochi millimetri di pioggia caduti nella prima decade del mese in alcune località della media valle della Garfagnana.

Sui bacini dei Fiumi Vezza e Serra, tributari del Versilia, la pioggia iniziò a cadere nelle prime ore della mattina del 19 giugno, tra le quattro e le cinque, all'inizio con una modesta intensità. Tra le cinque e le sei le precipitazioni subirono un debole incremento, mentre nell'ora successiva si registrò una loro forte impennata, misurata in 84,0 mm a Pomezzana e 37,0 mm a Retignano (bacino Fiume Vezza). Il massimo assoluto dell'intensità si verificò proprio a Pomezzana tra le sette e le otto, con 158,0 mm (valore massimo mai registrato dall'inizio delle osservazioni nell'area apuana). Nelle ore successive gli afflussi si mantennero su valori piuttosto elevati, sia pure con una netta flessione dalle dodici alle quattordici, per raggiungere un nuovo picco dalle quattordici alle sedici, particolarmente elevato a Retignano (vedi fig. 3); successivamente le precipitazioni si ridussero fino ad estinguersi entro le diciannove. Nelle prime ore della mattina, nelle stazioni delle Cervaiole e di Azzano (bacino del Fiume Serra), l'intensità si mantenne su valori non elevati, inferiore ai 10 mm/h, mentre il massimo afflusso si registrò dalle ore tredici alle diciassette, con massimi orari di 46,8 mm alle Cervaiole (dalle tredici alle quattordici) e di 56,6 mm ad Azzano (dalle sedici alle diciassette). Anche in queste due stazioni la pioggia cessò entro le diciannove.

In alcune zone del versante interno dalla Garfagnana le precipitazioni furono molto elevate, pur senza raggiungere i valori registrati nel settore versiliese del versante marittimo, se si eccettuano quelle osservate a Fornovolasco, nell'alto bacino della Tùrrite di Galliciano. In questa stazione però le registrazioni pluviometriche si interruppero verso le 14.45, per l'asportazione della stazione di misura da parte della piena del fiume; fino a quel momento si erano registrati 412,4 mm di pioggia, valore inferiore solo a quello osservato a Pomezzana. Per una stima

dell'afflusso totale di Fornovolasco si può considerare che nelle altre località, dalle 14.40 al termine dell'evento, furono computati in media circa 78 mm di pioggia.

Nelle stazioni ai confini dell'epicentro del temporale le altezze pluviometriche più rilevanti si registrarono a Campagrina (271,8 mm in quattro ore, dalle undici alle quindici) e a Palagnana (216,8 mm in sei ore, dalle dieci alle sedici). Nelle stazioni di Candia di Massa (54,5 mm) e Lido di Camaiore (8,0 mm), situate nella fascia costiera, Galliciano (23,0 mm), situata all'imbocco della Tùrrite, e Calavorno (13,2 mm), all'imbocco della Garfagnana, che sostanzialmente circoscrivono l'area dell'evento, le precipitazioni furono molto scarse, sempre inferiori a pochi millimetri orari.

L'analisi delle precipitazioni, con scansione di cinque minuti, consente di individuare picchi di intensità estremamente elevati, nettamente superiori a quelli fino a quell'evento osservati sulle Alpi Apuane. A Pomezzana il massimo è stato di 30,8 mm/5' (ore 07.30), corrispondente al valore ragguagliato di 369,6 mm/h. Nelle altre stazioni gli afflussi sono stati inferiori, anche se sono degni di nota i 15,8 mm/5' (189,6 mm/h) delle Cervaiole e i 13,2 mm/5' (158,4 mm/h) di Retignano. A Fornovolasco, di cui non disponiamo né degli afflussi dell'intero evento né di quelli alla scansione di cinque minuti, il picco massimo sarebbe stato di 143 mm/h, verificatosi dalle dodici alle tredici (Rapetti e Rapetti, 1996).

Anche secondo uno studio di Paris *et alii* (1996), l'entità di tali precipitazioni costituisce, senza dubbio, un vero e proprio record se confrontata con i precedenti valori massimi, soprattutto per quel che riguarda l'intensità della pioggia nell'intervallo di tempo pari ad un'ora. Basti pensare che il 19 giugno 1996 il pluviometro di Fornovolasco ha registrato, per tale intervallo, piogge effettive pari a 151,6 mm, mentre le precipitazioni di massima intensità fino ad allora segnalate per la stessa stazione avevano raggiunto il valore di appena 85 mm (19 novembre 1952). Ancora più elevato è il dato orario di Pomezzana, di 176 mm, da confrontarsi con il massimo storico della Toscana, appena superiore ai 100 mm (a Campagrina nel 1965).

Comunque l'andamento dei valori registrati a Fornovolasco e a Pomezzana, evidenzia come l'ecce-

zionalità dell'evento sia anche e soprattutto relativa ai massimi sulle 3, 6 e 12 ore. Nel caso del 19 giugno – soprattutto nell'area presa in considerazione – le precipitazioni sono risultate di intensità estremamente alta per una durata di circa 2-3 ore (dalle 12.00 alle 14.00 a Fornovolasco e dalle 6.45 alle 8.15 a Pomezzana).

I dati storici della Toscana mettono in luce come in altre occasioni, siano già stati superati i 200 mm in 3 ore (a Castelluccio nel 1984, da confrontare con i 323,8 mm di Fornovolasco e i 319,4 di Pomezzana del 19 giugno 1996), ma in nessun caso si sono raggiunti i 300 mm in 6 ore (387,4 a Fornovolasco e 390,8 a Pomezzana nel caso in esame). Appena superiore a 300 mm (303,2 a Carrara nel 1968) era il precedente massimo alle 12 ore, mentre, il 19 giugno, si sono registrati 474,6 mm a Pomezzana.

Anche i dati pluviometrici complessivi della giornata del 19 giugno 1996, non lasciano incertezze sul grado di eccezionalità dell'evento verificatosi in Alta Versilia/Garfagnana. I totali di precipitazione, in mm, dello stesso giorno hanno raggiunto i valori di 412,4 mm di pioggia al pluviometro di Fornovolasco (che, abbiamo già detto, è stato danneggiato nel corso delle stesse intense precipitazioni terminando di registrare i dati) e di 478,2 a quello di Pomezzana; significativo è pure il dato di Retignano (400,6 mm).

Il volume di acqua caduta il 19 giugno 1996, dalle cinque della mattina alle diciannove di sera, nell'area

racchiusa dalla isoietta dei 200 mm, è stimabile in circa $41 \times 10^6 \text{ m}^3$.

* * *

Secondo C. Rapetti e F. Rapetti (1996), la configurazione delle isoiete, dalle ore 05.00 alle ore 12.00 del 19 giugno 1996, è piriforme, con asse longitudinale orientato da nord-ovest a sud-est, mentre quella dell'intero evento presenta l'asse maggiore diretto da sud-ovest a nord-est, sostanzialmente coincidente con la direzione dei solchi vallivi del Fiume Vezza e della Tùrrite di Gallicano, che probabilmente hanno esercitato una azione di canalizzazione sulle masse di aria responsabili dell'evento (vedi fig. 4)

La stessa esistenza della catena apuana, nelle condizioni dinamiche e termodinamiche descritte, è senz'altro da considerare la causa scatenante dell'evento. Lo sviluppo di un 'modello idrostatico ad area limitata (DALAM, CORP)', operativo presso l'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria del Ministero per le Risorse Agricole, Alimentari e Forestali, purtroppo di non elevata risoluzione piano-altimetrica, per il 19 giugno faceva prevedere nell'area l'assenza di precipitazioni, o al massimo un afflusso di pochi millimetri di pioggia. Un meccanismo di innesco, forse legato ad una debole convergenza al suolo o a venti di brezza, avrebbe determinato sui versanti del rilievo l'ascendenza forzata di una massa d'aria

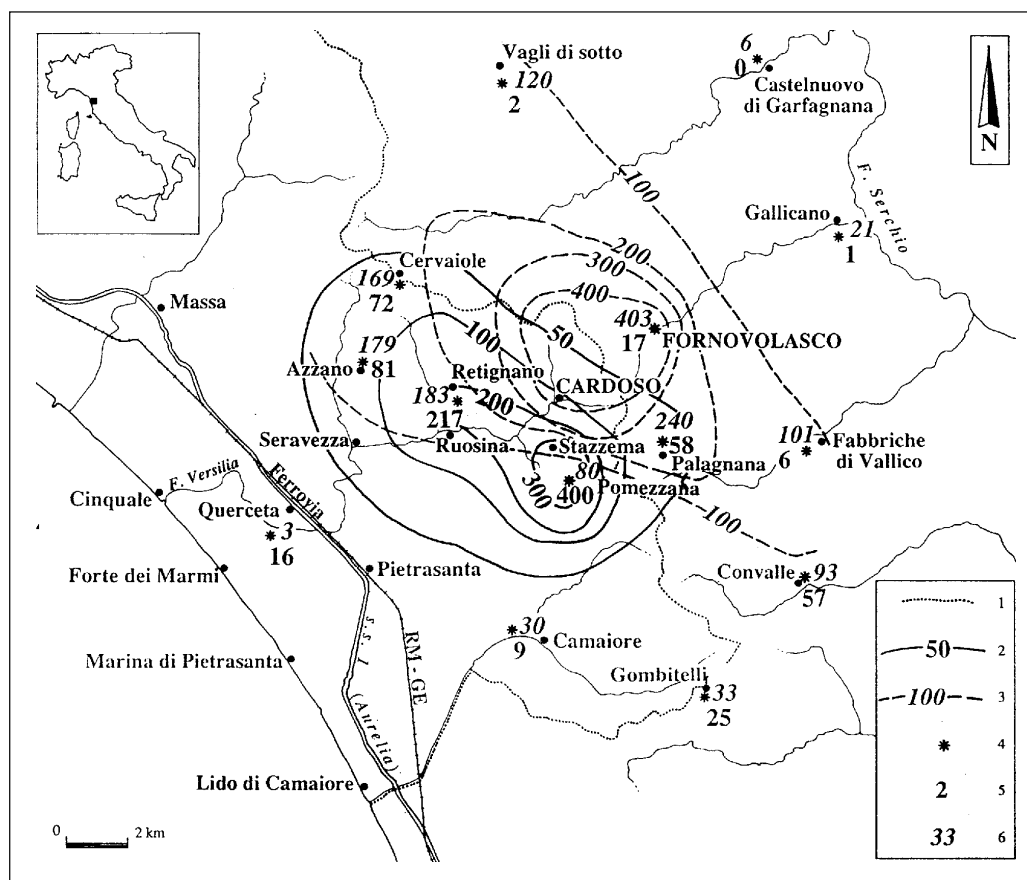


Fig. 4 – Carta delle isoiete del 19 giugno 1996. 1) limite Bacino Fiume Serchio; 2) isoiete evento antimeridiano; 3) isoiete evento pomeridiano; 4) localizzazione pluviografi; 5) valori di piovosità antimeridiana; 6) valori di piovosità pomeridiana (da Caredio et alii, 1996, p. 77)

di elevata umidità specifica, fino alla zona di instabilità ('instabilità condizionale'). Da tale altitudine, stimabile in alcune centinaia di metri dalla superficie del mare, si sarebbe verificata una forte ascendenza spontanea, conseguente ad un acquisto di instabilità delle masse d'aria per il massiccio rilascio del calore latente di condensazione. Questo fenomeno avrebbe determinato il richiamo di grandi volumi di aria molto umida stazionanti sul braccio di mare prospiciente le Apuane, che sarebbero stati convogliati all'interno di un 'camino', entro il quale l'aria si sollevava con una forte velocità verticale, fino a quote notevolmente elevate, con conseguente innesco di precipitazioni di intensità estrema.

L'assenza di un sistema frontale ben riconoscibile conferma infatti che l'afflusso meteorico ha avuto una spiccata componente temporalesca: si sarebbe trattato di una precipitazione locale a piccola scala (*'local and small-scale precipitation'*), determinata da un limitato agglomerato amorfo di celle temporalesche, che hanno scaricato il loro contenuto in acqua precipitabile in luoghi, in tempi e intensità diversi; il primo rovescio, di carattere più violento, ha colpito la parte centro-orientale del bacino del Fiume Versilia (Pomeziana e Retignano) tra le sei e le sette della mattina, mentre nelle altre stazioni, ad eccezione di Azzano, in cui le massime intensità si sono verificate intorno alle dieci, gli scrosci più intensi si sono verificati nel primo pomeriggio, tra le 12.30 e le 14.30.

2.4 Per una storia degli eventi alluvionali in Versilia

La comprensione di un evento alluvionale – pur nella sua specificità – richiede uno studio sul recente passato climatico e meteorologico di un territorio, al fine di una verifica di fatto della ricorrenza dei fenomeni e degli effettivi loro tempi di ritorno. Tuttavia, la ricostruzione storica degli eventi pluviometrici e idrometrici più importanti appare in quest'area particolarmente difficoltosa, sia per la carenza di registrazioni di precipitazioni sufficientemente lunghe ed affidabili, sia per l'inadeguatezza di misure di portata dei corsi d'acqua più significativi.

La documentazione pluviometrica storica della zona è dunque piuttosto scarsa, spesso lacunosa e non sempre affidabile. Le stazioni ultracentenarie presenti nell'area apuana sono quelle di Massa (dal 1885), Corfino (1892), Castelnuovo Garfagnana (1886), Palagnana (1883), Viareggio (1881), ma solo quelle di Palagnana e di Castelnuovo Garfagnana consentono, sia pure con varie interruzioni e incertezze, la ricostruzione delle tendenze pluviometriche di lungo periodo. A Palagnana le precipitazioni, dall'inizio delle osservazioni agli anni Venti del secolo scorso, mostrano una netta tendenza all'aumento, mentre da quel periodo inizia una fase di sostanziale stabilità, che si protrae fino ad oggi. A Castelnuovo Garfagnana è invece evidente una costante diminuzione degli afflussi, più marcata ad iniziare dai recenti anni Ottanta. Molto interessante appare, anche ai fini della ricostruzione della storia climatica della Versi-

lia, la preziosa serie meteorologica raccolta dal 1777 al 1831 da Pompeo Butori, Canonico della Collegiata di Camaiore, e dai suoi eredi, che indica (sia pure tenendo in debita considerazione le diverse modalità di esecuzione delle misure) come i valori di piovosità di quel periodo siano molto simili a quelli attuali: a Camaiore la media delle precipitazioni del periodo antico risulta infatti di 1388 mm, contro i 1408 mm di quello attuale (1949-1993) (Rapetti e Rapetti, 1996).

Prima di questi dati, più o meno correttamente misurati, la ricostruzione degli eventi meteorologici del territorio è possibile soltanto con le scarse e disperse notizie che la documentazione storica ha fornito, spesso soltanto per casi estremi o di particolare rilevanza (Bartelletti e Nepi, 1996).

Ad ogni modo, la storia degli eventi alluvionali del territorio più ricco di documentazione - che è quello versiliese - ha sempre mostrato due diversi modelli di sviluppo del fenomeno. Nel tratto montano del fiume, sono state soprattutto le frane, a seguito di copiose piogge, a rappresentare l'elemento distruttivo di maggior rilievo. I danni alle opere civili sono avvenuti quasi esclusivamente a carico di edifici industriali (ferriere, segherie, ecc.), poiché costruiti a ridosso nell'alveo, con il fine di sfruttare al meglio l'energia delle acque. Invece, nella breve pianura, il

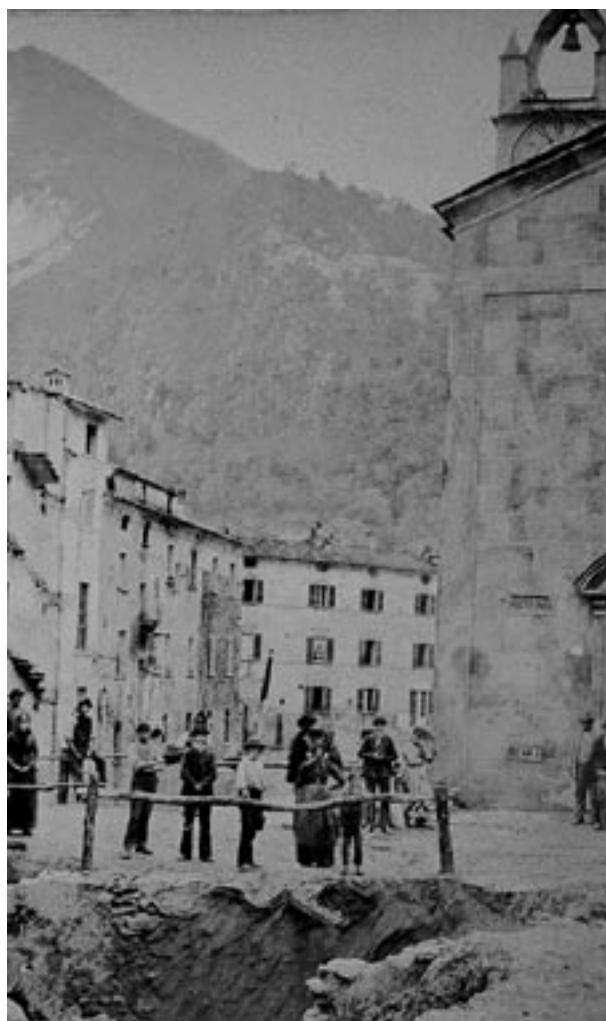


Fig. 5 – Sulla facciata della SS. Annunziata di Seravezza i livelli raggiunti dalle acque delle "piene" del 1845 e del 1885

Versilia ha rotto spesso i suoi angusti e deboli argini, o perché portato lungo tragitti innaturali, con curvature a gomito o privi di casse di laminazione, o perché condizionato da tratti pensili e quindi sopraelevati rispetto al piano di campagna (Bartelletti, 2001).

Tuttavia, risultano male documentate le notizie di alluvioni nel corso del Medioevo e del Rinascimento. Sappiamo soltanto che – a seguito dell’abbandono del porto di Motrone (XV sec.) e delle opere di regolazione idraulica del fiume Versilia – la pianura di Pietrasanta era talvolta soggetta ad allagamenti, con distruzione di colture e sviluppo indesiderato di ristagni malsani.

Dal 1559 al 1573, un’opera grandiosa di bonifica fu condotta dall’aretino Lorenzo Bigonciaio con il fine di liberare il “Piano di Pietrasanta” dall’incubo di piene disastrose. L’intervento previsto e realizzato fu quello di deviare gran parte delle acque del Versilia in direzione delle paludi del Moragno e del Tribbione, non lontane dal Lago di Porta, tagliando all’altezza di Pontaranci verso Querceta (Melis, 1969). Al termine dei lavori, il “fiume nuovo” assunse una pericolosa piegatura di corso - da sud verso ovest - che, da allora, ha sottoposto la zona di S. Bartolomeo-Ponterosso al rischio di rotture d’argini e di allagamenti, con il Versilia che tendeva a ritornare nel suo alveo naturale, esondando verso sud in direzione di Pontestrada-Pietrasanta. La prima “rotta” di cui si ha notizia è già del 1590 (Santini, 1861, vol. V, p. 43), a distanza di pochi anni dalla deviazione innaturale del corso d’acqua, con le acque fluviali che esondarono all’altezza del Molino degli Aranci (attuale Pontaranci) e poi sommersero la via Francesca/Romana (l’attuale via Aurelia).

È probabile che, già quel primo evento di fine sec. XVI, abbia avuto la stessa dinamica di quello verificatosi, quasi nello stesso luogo, il 19 giugno 1996. Le cause della “rotta” vanno ricercate nell’erosione dovuta “al proseguirsi del sormonto arginale, particolarmente accentuata sulla sponda sinistra dalla brusca deviazione verso nord-ovest del corso d’acqua” (Caredio et alii, 1996, p. 83). Negli ultimi secoli, analoghe rotture d’argini nella medesima zona, con conseguente allagamento di campi, strade ed edifici rurali, si sono avute nel 1885, 1902, 1946 e 1952 (Caredio et alii, 1996, p. 82; Musetti, 1999, pp. 22-25).

Ritornando al racconto storico delle alluvioni, con il XVII secolo le notizie di piene ed inondazioni si fanno più frequenti. Il 2 novembre 1623, le grandi piogge autunnali avevano ingrossato talmente il fiume Versilia che, oltre a rompere gli argini ed inondare la pianura, si era portato via un pezzo di via Romana. Il 15 settembre 1629, a Seravezza, ci furono 4 ore di pioggia a diretto e, nell’occasione, fu suonata l’Ave Maria e il “doppio”. Il giorno 14 precedente, chicchi di grandine grossi come uova (del peso di 18-19 libbre!?) avevano ucciso molti germani, oche e altri uccelli nelle paludi e nei laghi della pianura versiliese. Ancora il 23 dello stesso mese, venne una pioggia violenta e crudele che fece esondare il fiume Versilia nella piazza di Seravezza, rovinando la mercanzia nelle botteghe e le “steccaie” lungo l’alveo (Santini 1859, III, p. 57; Santini, 1874, p. 151).

Notizie di piene distruttive ritornano per il 1662, quando la ferriera del Cardoso fu portata via dalla forza delle acque. Di “piene” eccezionali del Fiume Versilia e dei suoi affluenti si ha poi sommaria notizia nel 1665, 1679, 1750.



Fig. 6 – I danni alle abitazioni di Riomagno di Seravezza, provocati dalla “piena” del 1885



Fig. 7 – La via Aurelia tra Pontestrada e Ponterosso di Pietrasanta, sommersa dalle acque dopo la “piena” del 1902 con il servizio ferroviario sostitutivo a carrozzelle

Il 27 settembre 1774, ancora il torrente di Cardoso provocò frane e distruzioni. Vincenzo Santini (1859, vol. III, p. 77) riporta una descrizione precisa dell'accadimento, da cui ne deriva una dinamica assai simile a quella verificatasi negli stessi luoghi, il 19 giugno 1996 (grandine a parte): *“Piovve talmente (...) per otto ore continue, che, gonfiato oltremodo il torrente di Cardoso, rovesciò da 7 a 8 case, e varii mulini distrusse, oltre alle frane che avvennero, e gli abbattimenti d'alberi e di castagni: ed era tal pioggia mescolata con grandine grossa come noci, la quale si inalzò un braccio sopra il suolo, e poco mancò che Serravezza non andasse tutta sotto acqua, essendo ivi arrivata improvvisa la piena a ore 8 di Francia, con sorpresa e spavento dei Terrazzani e dei Villeggianti, nel momento appunto della cena”*.

All'inizio del XIX sec., e più precisamente nel 1802, la forza delle acque del Versilia distrusse il ponte di Pescarella, all'imbocco della pianura, tra i villaggi di Ripa e Vallecchia (Santini, 1861, vol. V, p. 35). Della “piena” del 2 ottobre 1819, rimane a Seravezza, su di un angolo della piazza principale, la lapide che indica il livello massimo raggiunto dalle acque straripate.

Ancora nella metà dell'Ottocento, il fiume Versilia allagava, ogni anno, la pianura nei pressi di Ponte di Tavole, rovinando foraggio e grano, in primavera e durante l'estate piovosa. Nel 1845, il fiume uscì di nuovo dall'alveo, in diversi punti lungo tutto il suo corso, anche nella parte montana.

Trascorsero poi quarant'anni di relativa quiete, fino alle ore ventidue del 25 settembre 1885, quando una pioggia del tutto eccezionale si abbatté sulla Versilia e soprattutto imperversò nella valle del Fiume Serra, con una piena che superò di ben 2,7 m in altezza la precedente del 1845 (fig. 5).

La rivista *“Illustrazione Italiana”* (XII, 46, 1885), sotto il titolo *“Il disastro di Seravezza”* racconta i

drammatici eventi di quei giorni: *“Il nubifragio (...) trascinò giù dai monti molti detriti o spurghi delle cave marmoree, coi quali rialzò il letto dei due fiumi Vezza e Canale di Riomagno dove di tre, dove di più o meno metri. L'irrompente fiumana (...), nel breve giro di due ore, tolse il lavoro e arrecò la miseria a molte centinaia di operai. Molti furono gli esempi di coraggio ed abnegazione: donne e bambini già travolti nelle acque furono salvati mirabilmente fra il rotolare dei sassi e l'irrompere dei legnami galleggianti; taluno si salvò colla famiglia passando sopra alberi rimasti impigliati nelle strade tramutate in torrenti; altri appena scampato il pericolo, si esponeva bravamente a nuovo pericolo per salvare delle persone bloccate nelle case crollanti; altri infine riusciva a salvare i propri cari, aggrappandosi alle finestre, mentre il pavimento sprofondava sotto i suoi piedi”*. Fortunatamente, non ci fu nessuna vittima umana.

Apocalittica e terrificante è la descrizione della rovinosa piena del 1885 nelle pagine dello scrittore Enrico Pea. Le immagini drammatiche di quelle ore sono rese con lucida precisione ne *Il Volto Santo* (1924): *“il fiume che va verso il mare pareva avesse fatto bottaccio: l'acqua andava elevandosi come se il paese dovesse convertirsi in un lago.*

Il Re di pietra in mezzo della piazza camminava sull'acqua e, intorno a lui, galleggiavano i corbelli della minestra, i barili del rumme, le damigiane sboccate, le bottiglie dei droghieri Svizzeri e le pannine degli ebrei.

Il pulpito di legno e le panche della chiesa dell'Annunziata parevano i resti di un barco sfasciato dalla tempesta.

La chiesa dell'Annunziata franò per la prima.

Vicino al ponte strozzato dai travi, dalle porte di segherie scardinate, da pale di ruote motrici e da utensili di cave.

Anche le croci i torrenti avevano divelto dal cimitero a mezzo monte e trascinate nel fiume.

Cristo in croce, fu visto galleggiare verso il mare...”.

Le acque vorticosose della “piena dell’85” si trascinarono dietro 17 abitazioni (5 alla Desiata, 6 a Riomagno e 6 a Seravezza) e molte altre rimasero assai rovinate (fig. 6), insieme a 30 negozi completamente sommersi dal fango. A ciò vanno aggiunti diversi ponti distrutti (Annunziata, Ceragiola, Foggi), 7 mulini diroccati e 5 fortemente danneggiati, nonché 8 segherie di marmo ridotte ad un cumulo di macerie e le restanti sommerse dalle acque, da cui derivano avarie e talvolta mesi d’inattività (Bartelletti, 2001).

I danni maggiori si registrarono a Seravezza, vuoi per la sua struttura urbana, che restringeva l’alveo, vuoi per l’ingente massa di detriti di marmo che, in quegli anni di sviluppo estrattivo, avevano innalzato il letto del fiume.

Nel solo Comune di Seravezza furono accertati danni ai beni industriali, agricoli e civili per oltre un milione e mezzo di lire del tempo. Il principale intervento idraulico che ne seguì, sullo spirare del secolo, fu quello realizzato dal Genio Civile nello stesso capoluogo, per una migliore confluenza dei torrenti Serra e Vezza, attraverso una piccola ma efficace deviazione verso valle di quest’ultimo corso d’acqua. I lavori di scavo e riempimento, eseguiti dagli “scariolanti” pisani, determinarono l’attuale conformazione urbana del centro storico di Seravezza.

Di lì a poco, l’11 ottobre 1902, la più grande “piena” conosciuta a memoria d’uomo, alzò il livello del fiume a 7 metri, sorpassando di 150 centimetri il precedente record. Per tutto il corso del Versilia, e pure del Serra e del Vezza, ci furono ancora strade strappate dalle acque, case e ponti crollati, con la campagna ricoperta di sabbia e di pietrisco. A Seravezza, la piena distrusse diverse opere di arginatura, conseguenti agli eventi alluvionali del 1885, tra cui la demolizione del ‘pennello’ di nuova confluenza tra i sopra detti torrenti, comunemente conosciuto come “Puntone”.

Nella zona di S. Bartolomeo – come è avvenuto ancora il 19 giugno 1996 – il fiume ruppe l’argine e, per un tratto di 300 metri, cancellò la linea ferroviaria Pisa-Genova, sollevando le traversine e abbattendo i due binari, ridotti ormai a ponti pensili sui campi sottostanti. Al transito interrotto si ovviò con il trasbordo dei passeggeri su calessi e altre “vetture” opportunamente “arruolate” (fig. 7). Questa volta ci fu pure una vittima: un contadino travolto da una frana insieme alla sua casa.

La cronaca la ricaviamo ancora dalle pagine della rivista “Illustrazione Italiana” (XXIX, 43, 1902), che dedica all’alluvione perfino la copertina del periodico e ricollega i fatti disastrosi del 1902 a quelli tristemente famosi e già detti del 1885: “A diciassette anni di distanza, questa vallata versiliese (...) ha veduto (...) le sue strade, nuovamente rovinate, strappate dalle acque, i ponti crollati, le case, le campagne allegate ricoperte di sabbia e di pietrisco, e ciò nello spazio di poche ore, quanto bastarono perché i ruscelli, divenuti corsi vorticosi e torrenti, rovinassero giù dalle vicine montagne, travolgendo in una ridda macabra le risorse, la ricchezza di un’intera popolazione”.

Nella storia delle alluvioni nel bacino idrografico del Fiume Versilia ricorrono episodi dall’andamento simile: poche ore di pioggia intensissima, che si portano dietro colate di detriti e alberi, mentre i corsi d’acqua si riempiono all’inverosimile, aggredendo – nella loro folle corsa – strade, ponti, opifici e talvolta case. Durante la prima metà del XX secolo, alcuni episodi alluvionali minori (1935 e 1938) hanno riproposto l’identica teoria di frane, smottamenti, rotture d’argini e tracimazioni. In tempi ancora più recenti sono da ricordare le “piene” autunnali novembrine del 1952, 1959 e 1966.

Gli eventi si sono tutti estremamente concentrati su brevi porzioni di territorio, benché i loro effetti siano risultati particolarmente distruttivi. Grandi quantità d’acqua, canalizzate talvolta lungo la viabilità e poi riversate bruscamente lungo versanti ripidi, su terreni detritico-argillosi, riescono a provocare eventi di frana di piccola estensione, ma ad evoluzione rapida e distruttiva, in occasione di precipitazioni eccezionali, spesso estive o autunnali.

Di particolare portata distruttiva è stata poi l’alluvione dell’11 luglio 1992 (a novanta anni dalla “grande piena” del 1902). L’evento ha interessato principalmente il versante centro-occidentale delle Alpi Apuane, con “epicentro” nella zona del M. Altissimo. I dati pluviometrici riportano, nell’occasione, un afflusso meteorico elevato e concentrato nel tempo: fino a 170 mm di pioggia in appena sei ore. Soprattutto intorno all’abitato di Seravezza e in diverse frazioni della sua parte montana, si sono avuti moltissimi movimenti franosi, rapidi e violenti, che hanno causato lesioni e crolli ad abitazioni, con ben due vittime (una in località Fucina di Seravezza e l’altra all’Argentiera).

Nel tratto pianiziale, il Versilia ha dato luogo a tracimazioni e rotture di argini in più punti, con allagamento del territorio circostante, assai interessato da attività industriali, agricole e da insediamenti civili sparsi. L’11 luglio 1992, il fiume è uscito dall’alveo alla Serra di Pozzi, a Pontaranci e ha rotto l’argine destro in corrispondenza della nuova strada provinciale per Forte dei Marmi e all’altezza del depuratore consortile. Le acque del Versilia hanno poi invaso, per rigurgito, anche il Fosso Bonàzzerà e sono tracimate nei campi bassi intorno all’area dell’ex Lago di Porta (Autorità del Bacino Sperimentale del Fiume Serchio, 1992, pp. 42-49).

In conclusione, la storia climatica e le circostanze che hanno determinato l’evento alluvionale del 19 giugno 1996 e tutti quelli precedenti indicano come le Alpi Apuane costituiscano una delle aree a più elevato rischio pluviometrico del bacino del Mediterraneo. In un periodo della storia climatica della Terra in cui si starebbe assistendo ad un aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi, tale vulnerabilità potrebbe addirittura accrescersi. Questo complesso montuoso, per forma e posizione, funge così da meccanismo di innesco di una sorta di *bomba meteorologica* di estrema pericolosità, che in molti casi può attivarsi con segni premonitori molto deboli (Rapetti e Rapetti, 1996).

BIBLIOGRAFIA

- AMORFINI A., BARTELLETTI A., ZOCCO PISANA L. (1997) – *Dissesto idrogeologico e soprassuoli boschivi: il caso di Cardoso e Fornovolasco, nelle Alpi Apuane, durante gli eventi del 19 giugno 1996*, in Atti del Convegno “Piano di bacino dell’Arno e dissesto idrogeologico”, Putignano Pisano, 7 marzo 1997, C.I.S.I.A.C., Viareggio, 47-54.
- AUTORITÀ DEL BACINO SPERIMENTALE DEL FIUME SERCHIO (1992) – *Gli eventi alluvionali dell’8 giugno e dell’11 luglio 1992*, Bacino del Serchio, suppl. al n. 0, Lucca, 1-53.
- BARTELLETTI A. (2001) – *Alluvioni*, voce in “Almanacco Versiliese”, a cura di G. Giannelli, Ediz. Versilia Oggi, Ripa di Seravezza, 49-53.
- BARTELLETTI A., AMORFINI A., ZOCCO PISANA L. (1997) – *Dissesto idrogeologico e nuovi assetti forestali nel Parco delle Alpi Apuane*, Parchi, n. 20, 16-18.
- BARTELLETTI A., MIOZZO M., BRACCIOTTI S., GIANNINI R., AMORFINI A., ZOCCO PISANA L., BICHI A., RONCHIERI I., FAGARAZZI C., ROCCHI F. (1996) – *Studio per la definizione delle relazioni tra dissesti idrogeologici e copertura forestale nei bacini montani interessati dagli eventi alluvionali del 19 giugno 1996 nelle Alpi Apuane*, Relazione per il Commissario regionale agli eventi alluvionali, 1-94.
- BARTELLETTI A., MIOZZO M., BRACCIOTTI S., GIANNINI R., AMORFINI A., GUAZZI E., ZOCCO PISANA L., BICHI A., RONCHIERI I., FAGARAZZI C., ROCCHI F. (2002) – *Studio per la definizione delle relazioni tra dissesti idrogeologici e copertura forestale nei bacini montani interessati dagli eventi alluvionali del 19 giugno 1996 nelle Alpi Apuane. I. Introduzione metodologica*, Acta apuana, I, 55-59.
- BARTELLETTI A., NEPI C. (1996) – *L’alluvione in Versilia e Garfagnana del 19 giugno 1996*, inserto redazionale di Siac Notizie, X (3-4), 1-8.
- CAREDIO F., D’AMATO AVANZI G., PUCCINELLI A., TRIVELLINI M., VENUTELLI M., VERANI M. (1996) – *La catastrofe idrogeologica del 19/6/96 in Versilia e Garfagnana (Toscana, Italia): aspetti geomorfologici e valutazioni idrauliche*, in Atti del Convegno internazionale “La prevenzione delle catastrofi idrogeologiche: il contributo della ricerca scientifica”, a cura di F. Luino, Alba, 5-7 novembre 1996, CNR, 75-88.
- MELIS F. (1969) – *La bonifica della Versilia del 1559 (lezione del 24 marzo 1968)*, Accademia Economico-Agraria dei Georgofili, Firenze, 3-15.
- MUSETTI R. (1999) – *Cenni di morfologia, geologia, idrogeologia del territorio versiliese – Livelli di rischio nelle zone collinari e di pianura – cause, danni e prevenzioni*, in Atti del Convegno “Calamità naturali e dissesto ambientale in Versilia”, Pietrasanta, 20 marzo 1999, Lios Club Viareggio-Versilia Host, 8-27.
- PARIS E., PRETI F., SETTESOLDI D. (1996) – *Analisi preliminare dell’evento alluvionale del 19 giugno 1996 in Versilia-Garfagnana*, Firenze, Relazione per il Commissario regionale agli eventi alluvionali.
- RAPETTI C., RAPETTI F. (1996) – *L’evento pluviometrico eccezionale del 19 giugno 1996 in Alta Versilia (Toscana) nel quadro delle precipitazioni delle Alpi Apuane*, Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, memorie, ser. A, CIII, 143-159.
- SANTINI V. (1858-1862) – *Commentarii storici sulla Versilia centrale*, Pieraccini, Pisa, voll. VI.
- SANTINI V. (1874) – *Vicende storiche di Seravezza e Stazzema*, ms. pubbl. Pietrasanta 1964, 1-494.
- TREVISAN L., DALLAN L., FEDERICI P.R., GIGLIA G., NARDI R., RAGGI G. (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla Scala 1:100.000. Foglio 96. Massa*, Servizio Geologico d’Italia, Roma.