

8. FENOMENI DI COLATA DETRITICA TORRENTIZIA

I fenomeni di colata detritica torrentizia sono eventi parossistici di trasporto in massa di sedimenti, a carattere impulsivo, lungo aste torrentizie; generalmente si manifestano in bacini di piccola entità areale (non superiore a 20 km²) con elevate pendenze del versante. L'accumulo di sedimento in conoide che consegue a una colata detritica modifica in misura rilevante la geomorfologia del fondovalle e può provocare un ingente apporto agli alvei torrentizi.

Il fenomeno si manifesta con eccezionale rapidità; inoltre il trasporto di materiali litoidi di grossa dimensione conferisce ad esso una forza d'urto non indifferente, la quale può generare effetti devastanti qualora dovesse investire centri abitati e infrastrutture.

Il periodo nel quale avviene la quasi totalità di fenomeni di questo tipo è la stagione estiva, generalmente connessi a violenti temporali in quota.

Tali eventi risultano potenzialmente pericolosi sia per la presenza turistica nelle località montane, proprio nel periodo estivo, sia perché in molti casi il fenomeno può verificarsi in condizioni di tempo sereno nel tratto a valle, pertanto, chi vi si trova può non avere la percezione di ciò che sta per accadere.

8.1. Valutazione del potenziale detritico dei sottobacini della Val Cenischia

Al CNR –IRPI di Torino, è in corso di sviluppo un metodo empirico per la valutazione dei volumi di detrito potenzialmente mobilizzabili a seguito di un fenomeno di colata detritica torrentizia o di apporto solido a carattere impulsivo (Tropeano & Turconi, 1999) [5].

La valutazione è effettuata alla scala del singolo bacino e si avvale dell'utilizzo congiunto di dati geomorfologici e notizie storico - descrittive, nonché dell'utilizzo della fotointerpretazione.

Il modello è stato tarato prendendo in esame in prima battuta un singolo bacino (il bacino della Val Thuras, in Val di Susa), in quanto caratterizzato da omogeneità litologica e morfologica e da una alta frequenza di colate detritiche. I risultati da esso ricavati sono stati

estesi a oltre cinquanta bacini (tutti di area compresa tra 0.1 e 15 km²) delle Alpi Occidentali e Centrali, allo scopo di determinare, attraverso procedimenti di correlazione statistica, un modello generale applicabile in qualsiasi bacino montano di area inferiore a 15 km² nel quale, in passato, si sia verificato un evento di piena parossistico [5].

La formulazione è così espressa:

$$V = \frac{[AE \operatorname{tgs} r h (n + 1) e^f]}{1000} \text{ (m}^3\text{)},$$

dove:

V è il volume totale del detrito mobilizzabile in occasione di un evento di piena parossistico (espresso in m³);

AE è l'area effettiva del bacino (in m²)

tg α è la pendenza media del bacino (-)

r rappresenta il rapporto tra la copertura areale di materiale immediatamente mobilizzabile e l'area effettiva del bacino (-)

h è lo spessore medio dei detriti che possono essere rilasciati (m)

n è il rapporto tra la copertura areale di detrito disponibile al rilascio in tempi più lunghi e l'area effettiva (-)

f è la frequenza, ovverosia il numero di eventi parossistici ipotizzati in un intervallo di 100 anni (-).

L'applicazione del metodo sopra esposto ha consentito di determinare il volume di detrito potenzialmente mobilitabile in caso di fenomeno di trasporto in massa per i sottobacini Rio Bar, Torrente Crosiglione, Torrente Marderello, Torrente Claretto, Torrente Lamet e Torrente Gioglio (Tab. 8.1).

Tab. 8.1. Volumi di detrito potenzialmente mobilitabili in alcuni sottobacini del T. Cenischia
(fonte CNR - IRPI Torino).

Bacino	Volume potenzialmente mobilitabile (m ³)
Torrente Bar	13400
Torrente Claretto	85140
Torrente Crosiglione	15090
Torrente Gioglio	87000
Torrente Lamet	60000
Torrente Marderello	73000

Nell'ambito della Val Cenischia, il sottobacino del Torrente Marderello è quello nel quale più frequentemente si verificano eventi di colata detritica; nella prossima sezione si procede a una disamina morfologica, geologica e vegetazionale del bacino più dettagliata di quella riportata nel Cap. 4, per meglio comprendere quali siano i fattori scatenanti i fenomeni di colata detritica.

8.2. Torrente Marderello

Il bacino del Torrente Marderello (Fig. 8.1), la cui geomorfologia è descritta sommariamente all'interno del capitolo 4, vede la presenza al suo interno, in misura molto maggiore rispetto ai bacini contigui, di materiali di copertura detritici incoerenti; ciò spiega la maggiore frequenza e anche la maggiore importanza dei fenomeni di trasporto in massa che vi si producono. I materiali provengono da depositi di accumulo di detrito di falda provenienti dalla sommità del bacino, che presenta pendenze superiori al 100 %, ma anche da depositi glaciali e da fenomeni di disgregazione della bastionata rocciosa, evento tuttora in atto. L'enorme massa di detrito si è perlopiù concentrata ad altezze poco superiori ai 2000 m, sfruttando la minore acclività del versante.

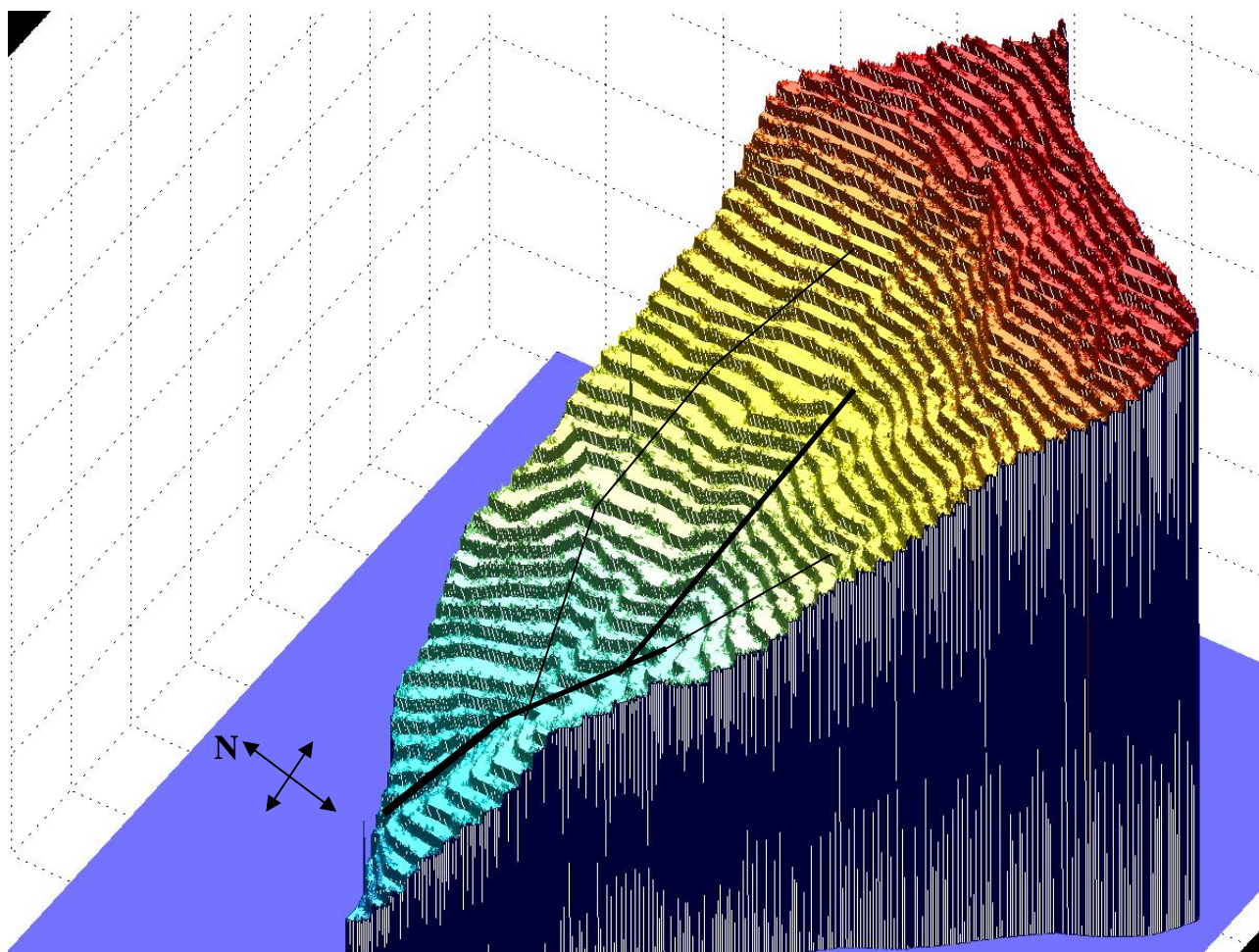


Fig. 8.1. Ricostruzione del T. Marderello in 3D

Già in condizioni di magra, la poca portata del torrente risulta visibilmente più torbida rispetto a quella del torrente adiacente, il Claretto. In condizioni di piena ordinaria, il Torrente Marderello trasporta una quantità ingente di sedimento e acquisisce un caratteristico colore bruno intenso; talora genera colate di fango e detriti, da cui il nome.

Il fenomeno della colata detritica può occorrere in pochi minuti a seguito di una ingente precipitazione, ma anche differito nel tempo a causa di una nevicata con susseguente rialzo termico.

L'accumulo detritico più cospicuo è localizzato in località Pian Marderello (Fig. 8.2); il ramo principale del torrente (Grosso Marderello) in quest'area, estesa circa 0.5 km², ha inciso la superficie per circa 50 m. In tale zona si osserva un imponente fenomeno di arretramento del ciglio della scarpata.



Fig. 8.2. Pian Marderello – La estesa superficie di accumulo del detrito e la profonda incisione del Grosso Marderello.

Un altro ingente deposito di materiali è situato nel bacino del Piccolo Marderello a una quota di circa 1900 m, dove l'incisione raggiunge i 30 m.

Considerazioni sull'assetto vegetazionale

Già negli anni cinquanta si riteneva che i frequenti franamenti nei versanti del T. Marderello fossero dovuti, in primo luogo, alla particolare natura del terreno, e, in secondo luogo, alla tipologia di vegetazione ivi presente.

Nella zona ove si è riscontrata la presenza del detrito di falda, infatti, si può osservare, a quote leggermente superiori a quelle proprie dei livelli idrici raggiunti in caso di piena, che sul substrato roccioso di calcescisti si adagia uno strato di terreno dello spessore di circa 1 m, sede di vegetazione d'alto fusto (in particolare abete bianco).

L'abete bianco non è una delle specie vegetali più adatte per il consolidamento di questo tipo di terreno: presenta infatti uno scarso apparato radicale a fronte di un peso proprio del tronco e della chioma notevole.

In caso di precipitazione prolungata o di fusione di precipitazioni solide, capace di saturare il terreno e quindi di limitarne la consistenza, anche le piante più sviluppate risultano facilmente sradicabili.

In questo modo diminuiscono le forze resistenti del pendio, che, a seguito di una precipitazione molto intensa, può ulteriormente assorbire acqua piovana. La perdita di tensione efficace del terreno può generare una frana che genera la traslazione di detrito in alveo.

Le piante, una volta sradicate, vanno ad ostruire, unitamente alla già abbondante quantità di materiale detritico, la sezione di deflusso delle acque meteoriche.

Sono pertanto state effettuate opere di decespugliamento, seguite da piantumazione con resinose e con ceduo (faggio, ontano, betulla) [17].

In particolare, si è effettuato il rimboschimento del versante sinistro del Grosso Marderello mediante piantumazione di talee di salice (nelle zone a maggiore pendenza), rododendro, pino mugo, mentre in altre zone il rinfoltimento è stato effettuato trapianto di larici e pino silvestre; è stata assicurata inoltre una costante opera di manutenzione delle aree boscate [17].

Per limitare il potenziale detritico del Torrente Marderello sono da attuare necessariamente una serie di interventi.

- Il primo e più importante intervento è il consolidamento dei pendii detritici, coadiuvato

dalla rimozione di alberi ad alto fusto e a scarso apparato radicale in grado di favorire l'ostruzione dell'alveo e quindi l'aumento del livello idrico in esso.

- Il secondo intervento riguarda la piantumazione con talee di salice e betulla, per salvaguardare il terreno dalla possibilità di raggiungere livelli di saturazione, a seguito di un assorbimento di acqua piovana, tali da limitarne considerevolmente le caratteristiche meccaniche.

Alcune specie di latifoglie, particolarmente indicate per la limitazione della saturazione idrica del terreno soggetto a franamento, non risultano utilizzabili a causa delle condizioni climatiche di pendii a quote superiori ai 1800 m s.l.m.

Diventa importante quindi il pino mugo, arbusto dall'apparato radicale ben sviluppato e dal limitato peso proprio.

Più a valle, dai 1200 ai 900 m, la vegetazione può contribuire ad allontanare il rischio di saturazione idrica se costituita da alcune specie di latifoglie con particolari caratteristiche.

Le latifoglie con apparato fogliare ben sviluppato possono intercettare fino al 30 % della precipitazione, permettendone l'evaporazione e quindi salvaguardando il terreno sottostante.

Particolarmente adatti a tale scopo risultano il comune castagno, meglio se ad alto fusto (in quanto sviluppa una fitta chioma), e anche il faggio, la cui disposizione fogliare permette di intercettare una percentuale di acque meteoriche non altrimenti raggiungibile.

Tale specie arborea predilige le quote tra 1000 e 1800 m risultando particolarmente adeguata ai versanti di maggiore pendenza del Torrente Marderello.

Eventi osservati precedentemente all'installazione della stazione meteorologica Gesi 2000

Viene di seguito riportata la sequenza degli eventi osservati direttamente dal CNR – IRPI Torino (Tropeano et al., 1996) dei quali non si dispone di misure pluviometriche dirette.

1991 (23 Luglio) - Verso le ore 16, secondo alcuni residenti di Novalesa, iniziò a cadere sull'abitato una pioggia non molto intensa; sulle pendici del Rocciamelone, invece, si scatenò un violento nubifragio. Ciò causò, lungo i rami di testata, una violenta piena con associati fenomeni di erosione laterale e rimobilizzazione dei cospicui depositi detritici

presenti in alveo, dando origine a un fenomeno di trasporto in massa torrentizio lungo tutta l'asta (Tropeano et al.).

Verso le 18, quando ormai su Novalesa non pioveva più, allo sbocco della forra rocciosa terminale transitava una massa fluida di materiale grigiastro che iniziava a scorrere verso valle con una velocità stimata compresa fra 1 e 3 m s⁻¹, causando l'alluvionamento di tutto il settore di conoide prossimo all'alveo ordinario: dopo circa 400 m era asportata la passerella in legno di collegamento tra Novalesa e la frazione S. Anna, alta 5 m sul fondo alveo (Tropeano et al.).

Più a valle, dopo altri 500 m circa, il materiale fluido ostruiva il ponte della strada provinciale Susa-Novalesa (S.P. 210), e ne superava la spalletta, depositando sul manto stradale circa 1.5 m di sedimenti; di conseguenza si registrava l'inondazione di alcuni terreni agricoli adiacenti all'alveo.

La massa in movimento continuava il cammino verso valle, dove lasciava evidenti tracce del passaggio, ampiamente visibili anche oltre la confluenza con il T. Cenischia, fino al bacino artificiale di Venaus. La coda del *mud- debris flow*, costituita da una maggiore percentuale liquida, era in grado di erodere facilmente i depositi appena formati, soprattutto a causa della elevata velocità, che a detta dei presenti, doveva aggirarsi sui 5 m s⁻¹ (Tropeano et al.).

Un sopralluogo sul terreno, compiuto ad una settimana di distanza dall'evento, consentì di rilevare ancora una discreta torbidità dell'acqua. Già nel tratto alto dell'alveo, a quota 1700-1800 m, si notavano distintamente le tracce del passaggio della miscela solido-liquida. Ma è soprattutto a valle della confluenza con il Torrente Crevacuore che si osservavano le tracce di piena più significative: le sponde costituite dal substrato roccioso, fino al limite con la vegetazione, apparivano ricoperte diffusamente da una spalmatura limoso-argillosa di colore grigio, che in alcuni punti si estendeva anche più in alto, sul prato-pascolo, fra gli arbusti e i pini (Tropeano et al.).

Nei tratti in cui le sponde non sono costituite da roccia, si rilevavano numerose frane di erosione spondale: a distanza di pochi giorni dall'evento esse avevano nuovamente scaricato nel torrente varie decine di m³ di detriti. Verso valle la colata aveva raggiunto la massima altezza dal fondo alveo. A quota 1470 fu scelta e quindi misurata una sezione particolarmente significativa: la larghezza massima a piene rive sulle due sponde risultava

di 28-30 m e l'altezza massima di circa 10 m.

In questa fascia, compresa fra 1550 e 1250 m, negli anni '50 erano stati realizzati diversi interventi di sistemazione forestale senza che avessero dato però risultati durevoli: le briglie costruite risultavano totalmente distrutte dall'azione devastante dei numerosi *debris-flow* (Tropeano et al.).

Nell'ultimo tratto, che si sviluppa sulla conoide, la miscela solido-liquida raggiunse livelli non registrati negli ultimi anni: ciò era deducibile dal fatto gli argini naturali, costituiti dal medesimo materiale appartenente ad eventi passati, risultavano sopravanzati dal deposito di apporto recente. Esso era facilmente distinguibile a pochi giorni dal fenomeno, avendo un colore nerastro per impregnazione d'acqua, molto diverso dal grigio chiaro dei vecchi depositi. Una volta persa la frazione liquida e consolidatesi, nel giro di 24 ore raggiungeva una durezza notevole, tale da essere asportato solamente con colpi di martello (Tropeano et al.).

Nel tratto in conoide, in destra, nel 1952 il Genio Civile realizzava un muraglione con lo scopo di salvaguardare il paese da eventuali alluvionamenti del torrente. L'opera misura circa 300 m di lunghezza, per un'altezza (originaria) di 4 m a monte e 1,5 a valle, mentre la sua larghezza media è di 2 m. Essa ebbe effettivamente un ruolo importante, soprattutto durante gli eventi del 1953 e 1957, preservando l'abitato da un possibile disaveamento. Il materiale che durante questi due eventi aveva raggiunto il muro arenandosi contro di esso, ne aveva colmato parzialmente la capacità d'invaso: nella zona a monte, all'epoca del sopralluogo, la sua altezza appariva infatti dimezzata, risultando di soli 2 m (Tropeano et al.).

Anche durante il *mud-debris flow* del 23 Luglio 1991 il muraglione assolse pienamente il proprio compito: la "lava" torrentizia, esondando in destra presso la prima curva, un centinaio di metri a valle dell'ultima cascata, lo raggiunse colmando le irregolarità della superficie del terreno e aggiungendo un nuovo apporto di spessore circa 20-30 cm.

I lobi laterali erano costituiti da materiale limoso-ghiaioso all'interno del quale si rilevavano blocchi con volume massimo di circa 2 m³. (Tropeano et al.)

1991 (29-30 Settembre), 1992 (Giugno, 11 Agosto) - Si produssero vari fenomeni di trasporto in massa, seppure di entità minore, lungo il tratto in conoide del Marderello, osservati da residenti e documentati fotograficamente. (Tropeano et al.)

1993 (24 Settembre) - Tra le ore 11 e le 12, a valle della cascata che raccorda la parte intermedia del bacino con il fondovalle, si manifestò un fenomeno di colata detritica torrentizia. All'apice del conoide la miscela debordò in destra e andando a lambire il muro in pietra costruito a protezione dell'abitato di Novalesa. Tale manufatto fu in parte sormontato nel tratto di monte, ma permise tuttavia di contenere la quasi totalità del materiale fuoriuscito dall'alveo. Il franco di sicurezza disponibile vide una riduzione, passando da 2 m circa a 0.5 m, a causa dell'accumulo di sedimenti di diversa granulometria. Ciò può rappresentare una situazione di grave pericolo in caso di future piene, che rischiano di non essere contenute nell'alveo.

In corrispondenza del ponte provvisorio edificato sulla strada comunale Novalesa – S. Anna a seguito dell'asportazione del precedente avvenuta il 23 Luglio 1991, la miscela solido-liquida in transito verso valle, non avendo trovato sufficiente luce, sollevò il piano viabile del ponte ed uscì in sponda destra, dove, abbandonato il materiale più grossolano, si incanalò lungo la strada che conduce all'abitato di Novalesa.

Nel tratto a valle del suddetto ponte si osservò l'occlusione dell'alveo causata da un ingente deposito di materiale grossolano immerso in una matrice sabbiosa, con conseguenti depositi di materiale nei terreni costeggianti l'alveo.

Poco a monte del ponte sulla provinciale, una parte della miscela a frazione più fine (sabbie prevalenti con ghiaie minute e rari blocchi), superò la sponda sinistra dirigendosi in parte in direzione della strada comunale per S. Rocco. Il ponte provinciale e la sede stradale in destra e in sinistra furono sepolti per oltre un metro di spessore da materiale molto grossolano. (Tropeano et al.)

1994 (26-27 Giugno) - Una nuova piena del Marderello provocò, in conoide, la rimobilizzazione dei sedimenti apportati dall'evento precedente, con sovralluvionamento dell'alveo in conoide e minaccia di ostruzione del ponte provinciale; si provvide perciò a un tempestivo sgombero dei detriti tramite pale meccaniche. (Tropeano et al.)

1994 (23 Settembre) - Precipitazioni intense e localizzate provocarono la piena del Rio Gioglio (il cui alto bacino è contiguo a quello del T. Claretto): intorno alle 22 (ora legale) si

produsse una colata di detrito lungo il tratto in conoide interrompendo la strada di comunicazione tra il capoluogo di Novalesa e le case sparse in destra del rio. La torbidità delle acque si mantenne elevata per più giorni, sino alle prime ore del giorno 28. La concomitante piena del Torrente Bar, sull'opposto versante della Val Cenischia, con minaccia per la frazione Bar Cenisio di Venaus, concorse a produrre localizzati straripamenti del Cenischia tra Venaus e Mompantero.

Analisi degli eventi particolarmente gravosi occorsi nel periodo 1994 - 2001

Con lo stesso procedimento utilizzato per definire gli idrogrammi di piena del Torrente Cenischia, si è passati alla scala del sottobacino del Torrente Marderello, con la differenza che, avendo a disposizione dei dati reali di pioggia localizzati in posizione baricentrica e con una scansione temporale di ben 5 minuti, è possibile riprodurre con il modello teorico la situazione reale, senza eccessive semplificazioni che diminuiscano la valenza dei risultati.

La cartografia utilizzata per generare la matrice contenente, per ogni elemento, la quota topografica, è in scala 1:25000. Il bacino è di dimensioni notevolmente minori (5.8 km²), pertanto le dimensioni del singolo elemento della matrice corrispondono a una superficie di 35 m² (per il T. Cenischia è di oltre 700 m); il tempo di corrivazione del bacino si aggira intorno ai 45 minuti.

Il fatto di conoscere i pluviogrammi dettagliati (il campionamento è effettuato ogni 5 minuti e la minima altezza di precipitazione rilevabile è pari a 0.2 mm) della stazione pluviometrica posta a Pian Marderello alla quota di 2150 m, unito alla estensione limitata del bacino, fa sì che si possano generare idrogrammi di piena molto realistici.

Con questo tipo di modello non risulta possibile descrivere fenomeni di colata detritica: tali fenomeni, a differenza di quelli di trasporto solido di fondo e in sospensione, non sono dipendenti dalla portata.

L'idrogramma di piena può comunque risultare utile per due motivi:

1. quantificare la portata in transito per la sezione di chiusura fino al momento in cui l'insorgere del fenomeno franoso genera l'occlusione dell'alveo;
2. nonostante l'idrogramma di piena non sia più valido dal momento in cui si verifica la colata detritica, è comunque realistico valutare con essi il volume idrico che è destinato a

transitare per la sezione di chiusura. Conoscendo il grado di saturazione della miscela solido – liquida si può effettuare una stima del volume mobilitato dalla colata detritica.

I dati della stazione pluviometrica posta a quota 3150 m s.l.m. in località Cà d’Asti (situata sul contorno Est del bacino) risultano più frammentari, ma risultano altrettanto utili per comprendere l’estensione dei fenomeni piovosi. Sarà permesso, grazie a tali dati, ipotizzare una distribuzione di piovosità variabile oltre che nel tempo, anche nello spazio.

La stazione pluviometrica Gesi 2000 ha iniziato a misurare alcune grandezze meteorologiche in data 5 Settembre 1994. Associando ai valori di precipitazione, quando possibile, i valori di velocità e direzione del vento, è possibile, oltre a impostare una traslazione della perturbazione, anche ipotizzare l’estensione del fenomeno. Se, ad esempio, la velocità del vento è pari a 10 km/h e l’evento piovoso ha durata di 30 minuti, si può ragionevolmente stimare la dimensione della perturbazione come rapporto tra durata e velocità stessa del vento (nel caso in questione il diametro risulterebbe di 5 km).

Si riportano nel seguente elenco gli eventi meteorici particolarmente gravosi, riportando, quando possibile, l’idrogramma di piena.

1994 (5 Novembre) - Evento pluviometrico di rilievo. Alla stazione di Pian Marderello, valore massimo sinora registrato di pioggia cumulata in un giorno: 99,6 mm, preceduti da 28,4 mm caduti nei due giorni precedenti. Nel trimestre Settembre-Novembre risultarono complessivamente caduti ben 480 mm, senza tuttavia dar luogo a colata detritica (l’intensità massima di pioggia non superò 8,4 mm/h) (Tropeano et al.).

Il vento è dell’ordine di 1 m s^{-1} , quindi ragionevolmente trascurabile.

In Fig. 8.3 è riportato il diagramma orario delle precipitazioni rilevate alla stazione Gesi 2000, mentre in Fig. 8.4 è riportato l’idrogramma di piena del T. Marderello relativamente all’evento.

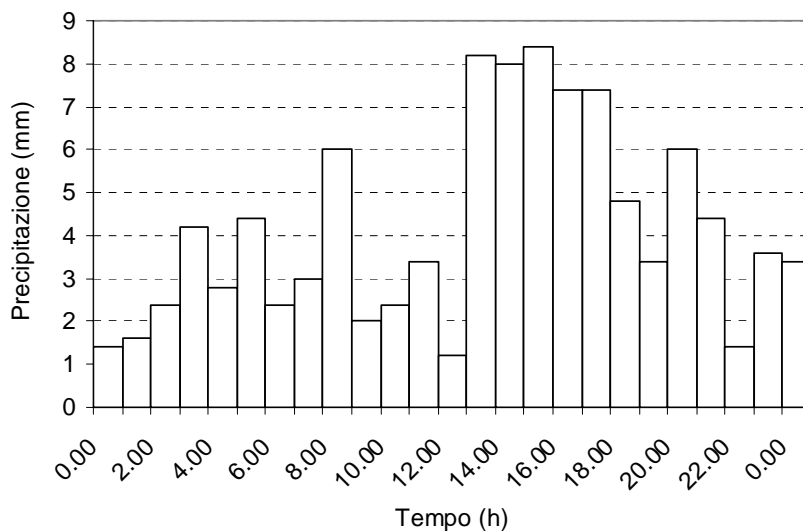


Fig. 8.3. Precipitazione relativa al giorno 5 Novembre 1994 alla stazione di Pian Marderello

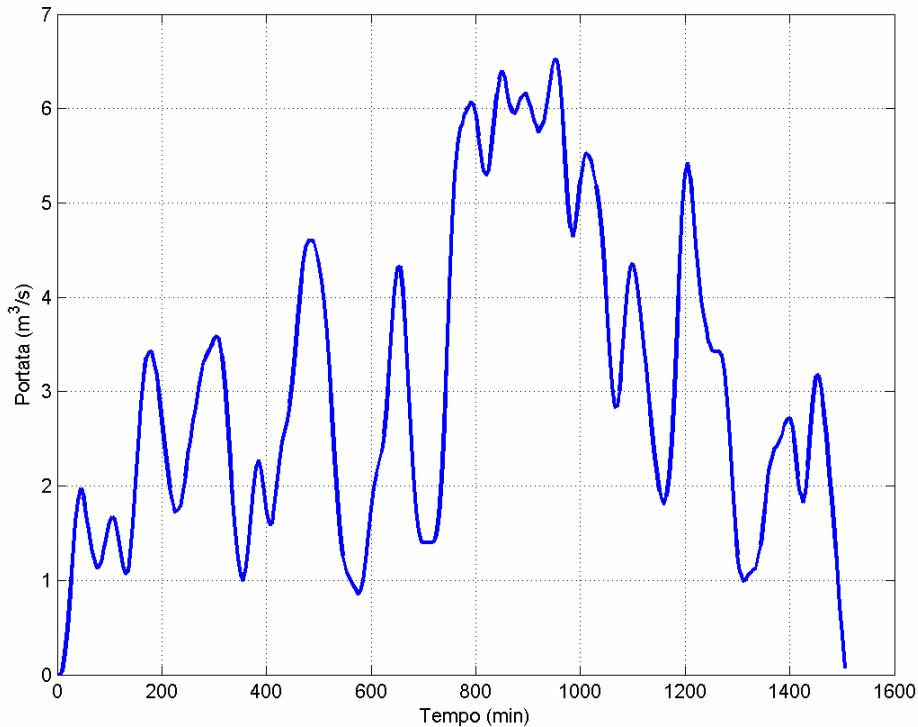


Fig. 8.4. Idrogramma di piena relativo al giorno 5 Novembre 1994

1995 (30 Maggio) - Tra le ore 11 e le 12 si registrò la caduta di 18 mm di pioggia a Pian Marderello. Il versante instabile all'altezza delle Grange S. Maria (frana di Casiò) riversò all'imbocco dell'orrido alcune decine di m³ di detrito, provocando la temporanea ostruzione dell'alveo e un conseguente incremento del carico solido in sospensione.

In conoide, il Marderello assunse il tipico colore nerastro, sintomo di possibile evento di colata. Le piogge perdurarono, con intensità trascurabile ma continuative, il giorno seguente (26 mm); le ultime pulsazioni di detrito, dell'ordine di alcuni dm³, furono direttamente osservate la tarda mattina del 1° Giugno lungo il versante già citato. (Tropeano et al.)

I fenomeni di trasporto in massa nel T. Marderello sono avvenuti con una frequenza particolarmente elevata nell'anno 1995, a seguito di precipitazioni di intensità superiore a una determinata soglia. Grazie ai dati messi a disposizione dal CNR IRPI di Torino, è possibile conoscere gli idrogrammi di piena del torrente relativi agli eventi piovosi che hanno generato una colata detritica.

Si consideri l'evento del 30 Maggio 1995. Tra le 11 e le 12 si sono riversati sul bacino 18 mm di pioggia, che hanno generato un fenomeno franoso connesso alla colata detritica che si è verificata pochi minuti dopo (Tropeano et al.).

Il grafico in Fig. 7.5 mette in evidenza l'idrogramma di piena teorico dovuto alla precipitazione appena descritta.

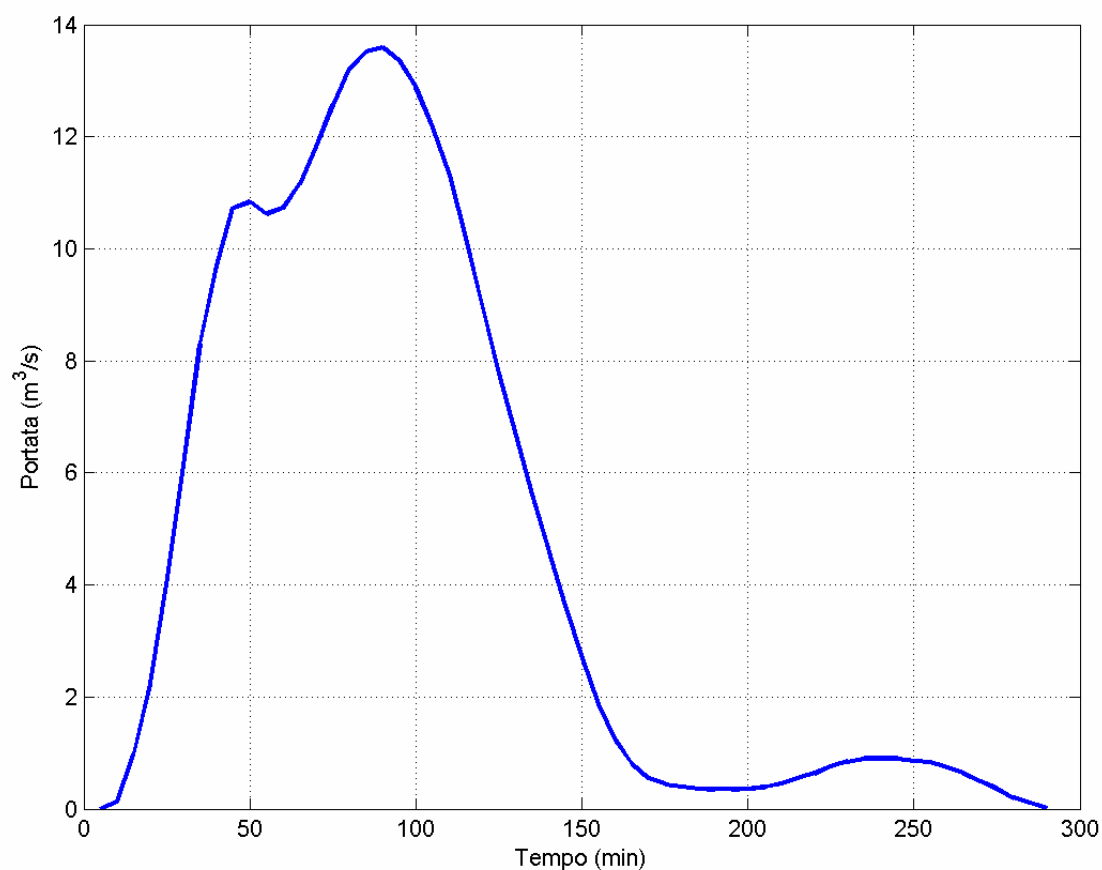


Fig. 8.5. Idrogramma di piena del T. Marderello dalle 11:15 alle 16:00 del 30 Maggio 1995

Alle copiose precipitazioni del 30 Maggio 1995 sono seguite piogge non particolarmente intense, ma costanti, il giorno 31 Maggio, che hanno generato portate non particolarmente elevate, ma capaci di trasportare a valle in maniera impulsiva alcuni dm^3 di detrito (Fig. 8.6) (Tropeano et al.).

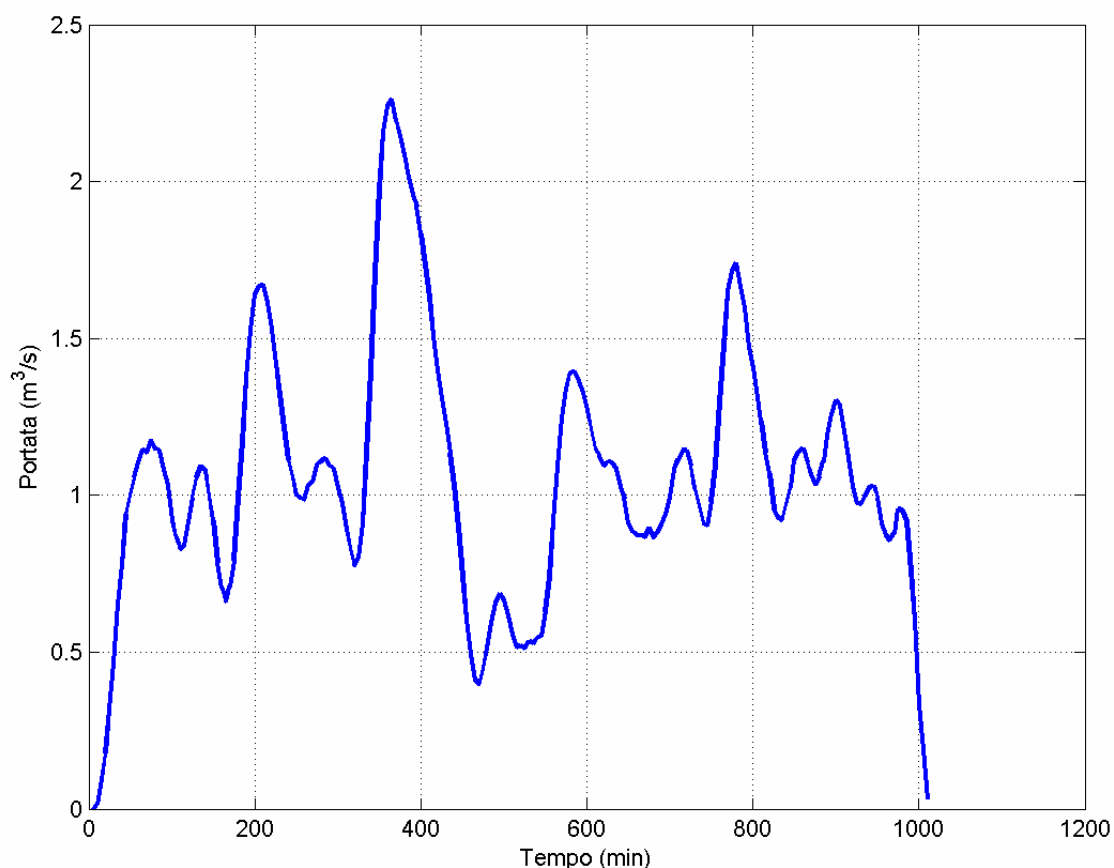


Fig. 8.6. Idrogramma relativo al giorno 31 Maggio 1995 dalle 06:25 alle 24:00

1995 (7 Luglio) - A seguito di un temporale nella sera si manifestarono piccole frane nella parte alta del bacino (Tropeano et al.). Il pluviometro di Pian Marderello ha interrotto le misurazioni per un guasto dal 4 al 10 Luglio del 1995, per cui non è stato possibile ricostruire l'idrogramma di piena.

1995 (5 Agosto) - Pioggia intensa accompagnata da grandine in quota (a Pian Marderello si registrò uno scroscio ininterrotto di 16 mm tra le ore 15 e le 16).

In meno di un'ora si produsse un *mud - debris flow* di limitata entità in conoide (Tropeano et al.).

Poco prima della precipitazione il vento a Pian Marderello proveniva da N con velocità media di 0.8 m s^{-1} , quindi non molto sostenuto.

Il fenomeno si è esaurito in 1 h e 30, il diametro per cui si può supporre pari a 4 km. L'intensità del fenomeno reale raggiunge rapidamente lo zero; anche la perturbazione utilizzata nel modello viene impostata con le medesime caratteristiche (fig. 8.7).

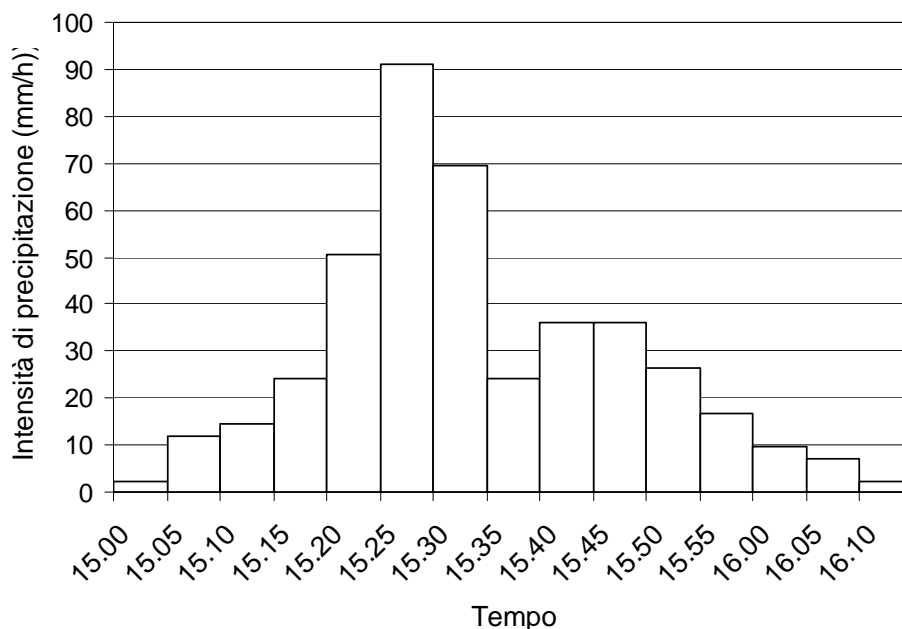


Fig. 8.7. Precipitazione relativa al giorno 5 Agosto 1995 alla stazione di Pian Marderello

Impostando la perturbazione con le caratteristiche sopra descritte, il volume di pioggia caduta sul bacino è dell'ordine dei 50000 m³; esso fluisce teoricamente alla sezione di chiusura secondo l'idrogramma di piena mostrato in Fig. 8.8. La colata detritica, di piccole dimensioni, avvenuta, può aver determinato una modificazione nell'idrogramma di piena; tuttavia l'entità di tale comportamento, nè la sua collocazione temporale, non sono quantificabili.

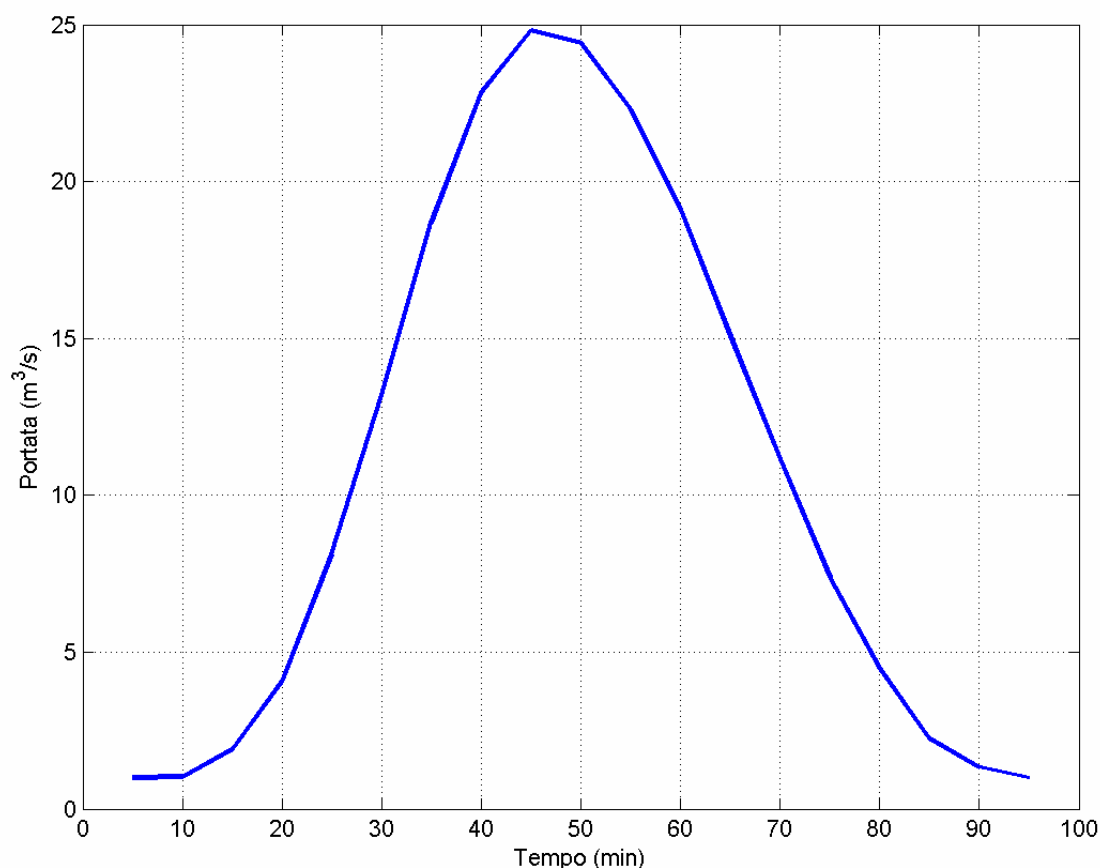


Fig. 8.8. Idrogramma di piena relativo al giorno 5 Agosto 1995 dalle 15:10 alle 16:55

Dall'idrogramma si piena si comprende che l'intensità del fenomeno è davvero ragguardevole: un temporale la cui acme ha una durata di non più di 20 minuti ha provocato una portata in un bacino di 6 km² pari a ben 25 m³, paragonabile ai 30 m³ che teoricamente il torrente ha convogliato durante l'evento dell'Ottobre 2000. Ciò dimostra come, in bacini montani di forte pendenza e superficie limitata, quel che influenza la pericolosità di un fenomeno parossistico è l'intensità di precipitazione piuttosto che la durata o i volumi della stessa. Logicamente, quando si ragiona in termini di bacino di dimensioni maggiori, come può essere la valle del Torrente Cenischia, inizia ad avere influenza l'estensione del fenomeno in termini spaziali e temporali.

1995 (11 Agosto) - Tra le ore 8 e le 17 si registrarono quattro scrosci piovosi; il principale, con inizio poco dopo le 12, apportò 16 mm in 25 minuti (Tropeano et al.). Possibile innesco di colata. La stazione meteorologica aveva interrotto l'immagazzinamento dei dati il 10 Agosto a causa di un guasto tecnico.

1995 (13 Agosto) - Alla stazione baricentrica si registrarono tre scrosci, protrattisi sino alle 17:15 circa, per complessivi 17 mm (Fig. 8.9). Il primo (il più rilevante) tra le 14:20 e le 14:40, di 9,6 mm. Intorno ai 3000 m di quota l'entità fu presumibilmente superiore, con anticipazione delle piogge a forte intensità a partire dalle 14:30 circa (Tropeano et al.).

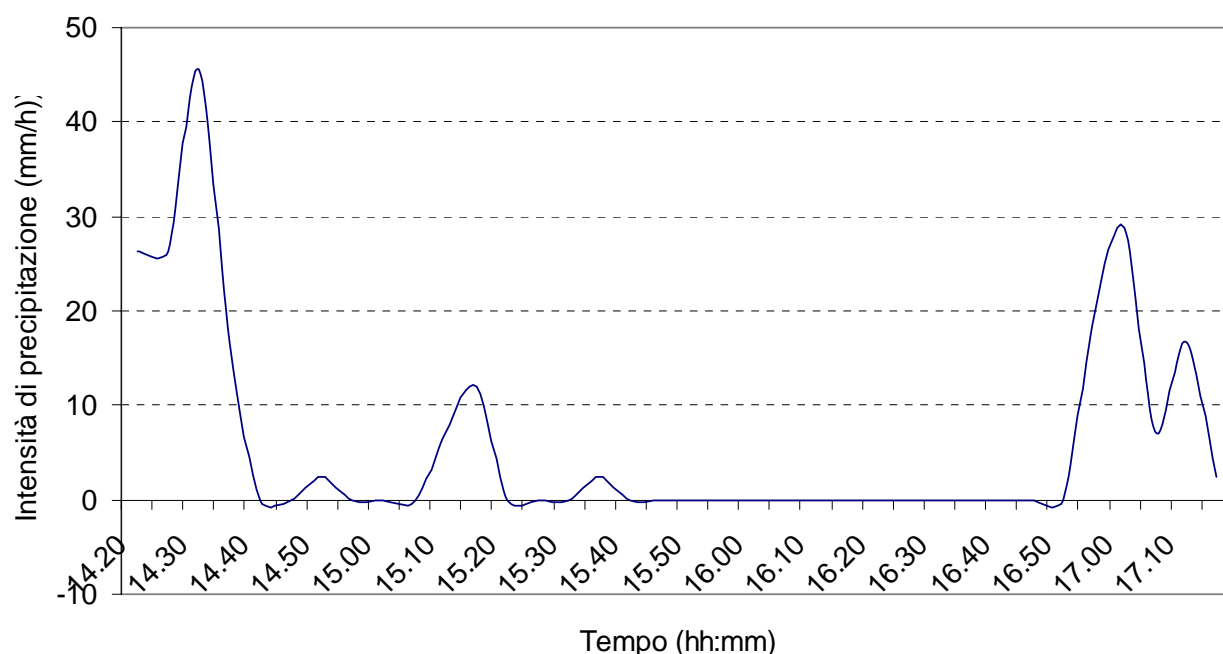


Fig. 8.9. Intensità di precipitazione misurata il 13 Agosto 1995 dalle 14:20 alle 17:15 (ora solare) a Pian Marderello

Supponendo che Pian Marderello sia stato interessato solo marginalmente dall'evento meteorico (conoscendo a posteriori la portata defluita e i fenomeni che ne sono derivati), si può supporre che l'evento stesso si sia verificato un'ora prima in località Cà d'Asti, con intensità maggiore.

L'estensione del fenomeno sembra essere stata elevata, tanto da coprire tutta la larghezza del bacino, quindi si impone di almeno 3 km.

Fenomeni di ruscellamento concentrato, con l'ampliamento di preesistenti canali in detrito a decorso parallelo, profondi 1-2 metri, furono osservati sulla pendice sottostante la cresta del Rocciamelone, alla testata del Grosso Marderello. Un *mud - debris flow* si lungo l'asta principale e anche lungo un piccolo tributario destro. Piccole frane al piede del pianoro intorno a quota 2100-2200, in detrito di calcescisti filladici, incrementarono il carico. Una colata di fango e detrito si aggiunse, da sinistra, alle stesse quote (Tropeano et al.).

Tutto ciò contribuì alla densificazione progressiva della miscela liquido-solido che, a detta dei numerosi testimoni oculari, fu preceduta da un sordo fragore e dal levarsi di pulviscolo grigio-nerastro. La colata detritica comparve verso le 15:30 alla base del salto terminale di raccordo tra il bacino montano e l'apice della conoide (Tropeano et al.).

La fortunata disponibilità di una ripresa video effettuata da un villeggiante (Sig. R. Tasini) permise di integrare quanto risulta dai dati strumentali e dalle testimonianze oculari. Il fenomeno, dopo una prima, temporanea attenuazione, ebbe una successiva ripresa circa 15 minuti dopo ed un'altra, la più imponente, verso le 17, con l'avanzata di un fronte solido-liquido, a velocità variabili dell'ordine di $1-3 \text{ m s}^{-1}$ e con fasi stazionarie di alcuni minuti. Nel corso dell'evento, le caratteristiche di moto della massa defluente si presentavano non uniformi: talora, su una stessa sezione d'alveo, apparivano più fluidi differenziati, affiancati o sovrapposti, con velocità differenti dipendentemente dalla maggior o minor percentuale liquida. Per circa 45 minuti la colata si mantenne, all'altezza del ponte di S. Anna, a livello costante. Intorno alle ore 18, la frazione liquida prese gradualmente il sopravvento consentendo una fluidificazione progressivamente elevata del materiale e facilitando il veloce scorrimento del medesimo. Al termine del passaggio della colata, si formò un deposito bilaterale di sedimenti, in parte reinciso nelle ore successive. In conoide il fronte principale giunse a superare i 6 m d'altezza sul fondo alveo. Il deposito, tutto contenuto entro le sponde, provocò mediamente un rialzo di letto di 1- 2 m. Nel tratto monitorato furono depositati sedimenti per un volume valutato in 5400 m^3 . Lungo l'intero tratto d'alveo, tra l'apice della conoide e la confluenza nel Cenischia, dello sviluppo complessivo di circa 1300 m, il deposito di nuovo apporto può stimarsi per logica estrapolazione in 28.000 m^3 . La viabilità lungo la S.P. n. 210 fu temporaneamente interrotta per parziale sormonto, sul lato sinistro del ponte, da materiali di colata (Tropeano et al.).

Nel tratto a quota intermedia dell'alveo, su 41 massi marcati, 17 furono rintracciati in sito

ancora in posizione invariata. Se ne dedusse che i mancanti in buona parte fossero stati asportati poiché all'origine erano presenti al fondo alveo, risultato sottoescavato di circa 2 m nel tratto a monte; parte di essi furono coinvolti nella colata e sospinti verso il canyon. Un solo masso, del volume valutabile in $0,25 \text{ m}^3$, fu rintracciato alla sommità di un cordone detritico, appoggiato in destra all'imbocco del canyon, alto 6-8 m rispetto al fondo alveo. E' probabile che in tale accumulo fossero presenti altri massi, ma non risultati visibili, altri infine potevano esser celati in qualche deposito ancor presente prima del salto finale (il che non fu possibile verificare per l'inaccessibilità del sito). Ricerche lungo il tronco di conoide non fornirono risultati (Tropeano et al.).

Su una cubatura totale all'origine stimata in $130-140 \text{ m}^3$, rimasero in sito $70-80 \text{ m}^3$ di massi marcati, cioè poco più della metà (Tropeano et al.).

1996 (19 Agosto) – Si verifica un nuovo evento di colata detritica: la massima intensità di pioggia rilevata è pari a 3.6 mm nell'arco di 5 minuti (43 mm/h) (Tropeano et al.).

In Fig. 8.10 è riportato il diagramma delle intensità di pioggia relativo al fenomeno temporalesco che ha innescato la colata detritica.

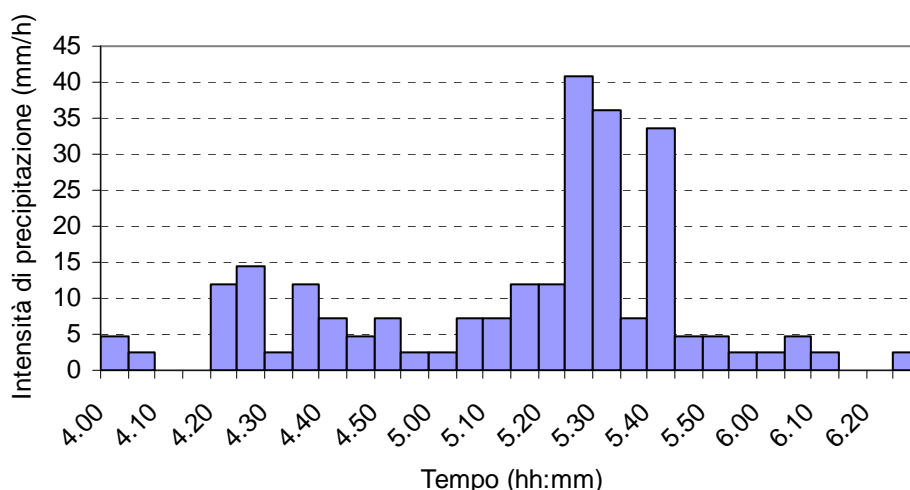


Fig. 8.10. Diagramma temporale delle intensità di precipitazione per l'evento del 19 Agosto 1996

Precedentemente a tale evento non è stato possibile individuare una direzione prevalente del vento; la velocità media del vento rilevata è di 0.5 m s^{-1} .

In Fig. 8.11 è riportato l'idrogramma di piena, considerando che il fenomeno è durato 2 ore e mezza e pertanto il diametro stimato della perturbazione è di 4 km.

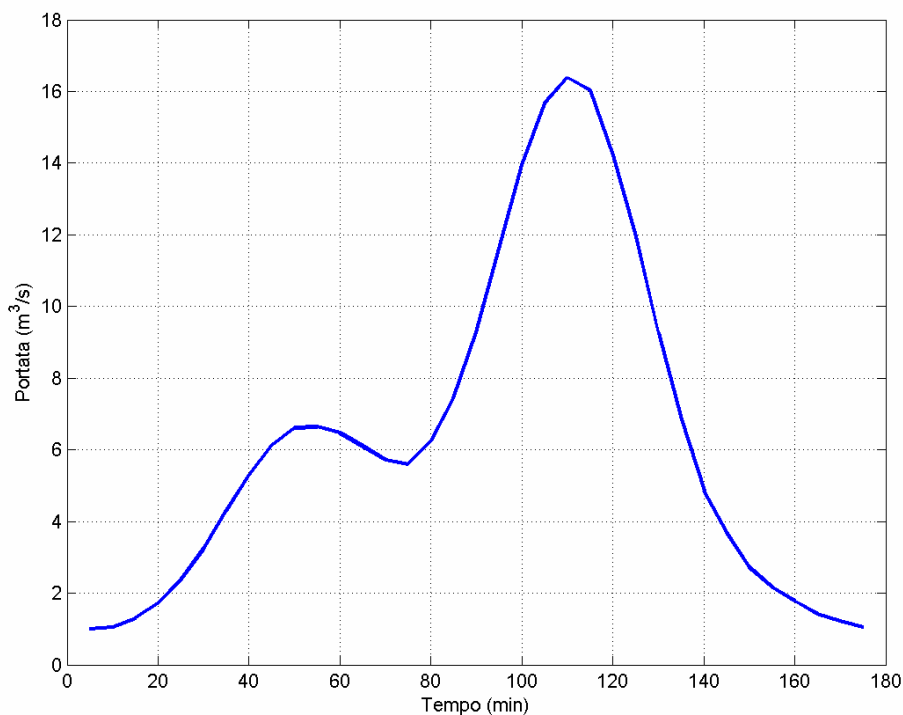


Fig. 8.11. Idrogramma di piena relativo all'evento del 19 Agosto 1996

Analisi di eventi gravosi occorsi successivamente al 1996

Successivamente all'evento del 1996, pur essendosi verificate precipitazioni di notevole intensità, non si sono più verificati fenomeni di trasporto in massa, fino al 29 Luglio 2005.

Si analizzano ora, uno ad uno, gli eventi piovosi di entità superiore ad una certa soglia di intensità (con precipitazione di intensità superiore a 4 mm in 10 minuti) avvenuti nel periodo 1996 – 2001, valutando gli idrogrammi di piena desunti direttamente a partire dai dati rilevati dalla stazione meteorologica Gesi 2000 di Pian Marderello.

1997, 7 Agosto - Evento della durata di circa 2 ore (Fig. 8.12). L'intensità massima raggiunta è di 5 mm in 5 minuti, ma l'intensità resta notevole per 20 minuti (intensità di 37.2 mm/h di media tra le ore 15:45 e le 16:05).

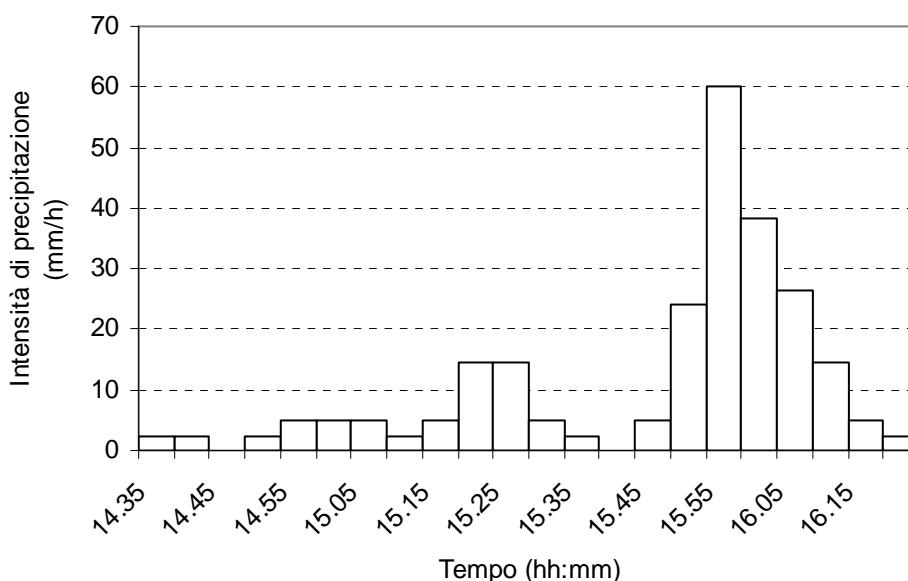


Fig. 8.12. Intensità di precipitazione relativa all'evento meteorico del 7 Agosto 1997

Nelle ore antecedenti l'insorgenza del fenomeno è stata registrata dall'anemometro la direzione di provenienza del vento (W - S - W) e la sua velocità media (1 m s^{-1}).

Considerando che, come affermato, la durata del fenomeno è stata di 2 ore, si può supporre che il diametro della perturbazione (supponendo che essa abbia avuto forma circolare) sia stato di circa 7 km.

In Fig. 8.13 è possibile visualizzare l'idrogramma di piena relativo all'evento.

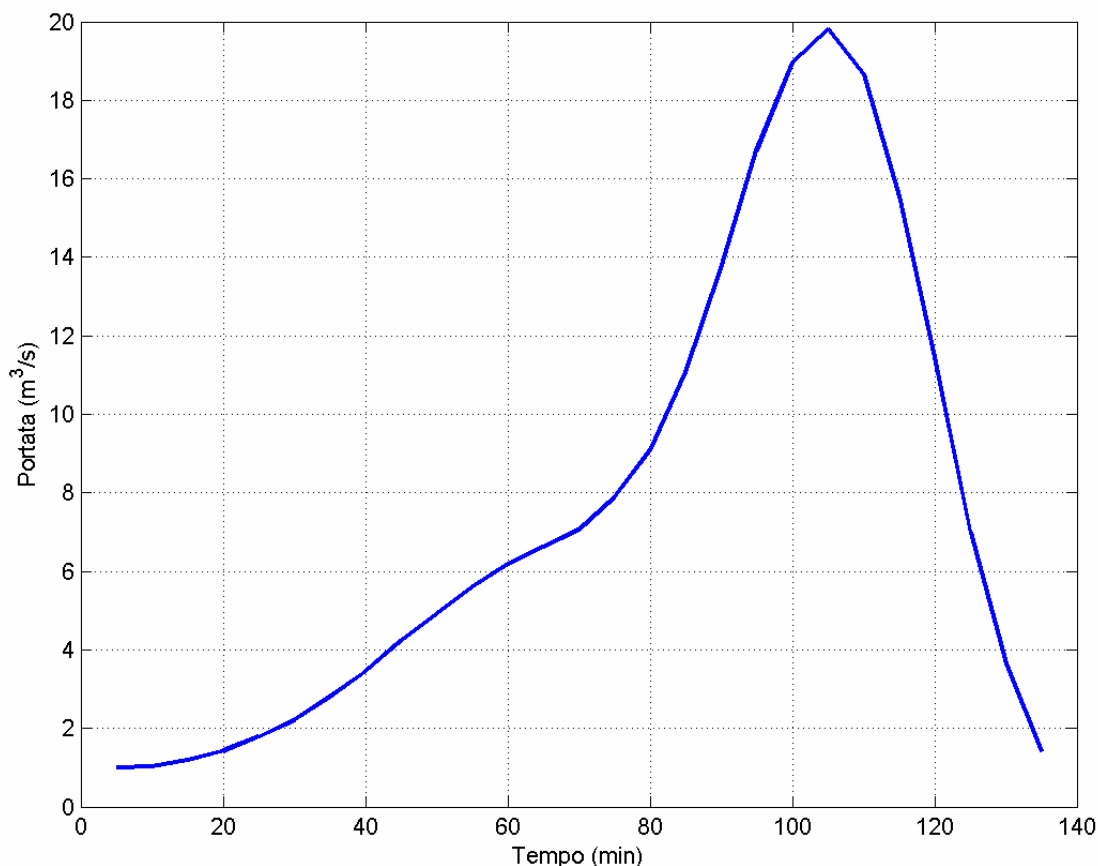


Fig. 8.13. Idrogramma di piena relativo al 7 Agosto 1997 nell'intervallo di tempo tra le ore 14:30 e le 16:50

1997, 28 Agosto – In tale occasione si sono registrati 4.4 mm di pioggia in 10 minuti (corrispondenti ad un'intensità di 26.4 mm/h). L'evento ha mantenuto una intensità elevata per oltre un'ora; per questo motivo, in Fig. 8.13, è riportato, oltre al diagramma dell'intensità istantanea di precipitazione, anche il diagramma di precipitazione cumulata (diagramma a barre).

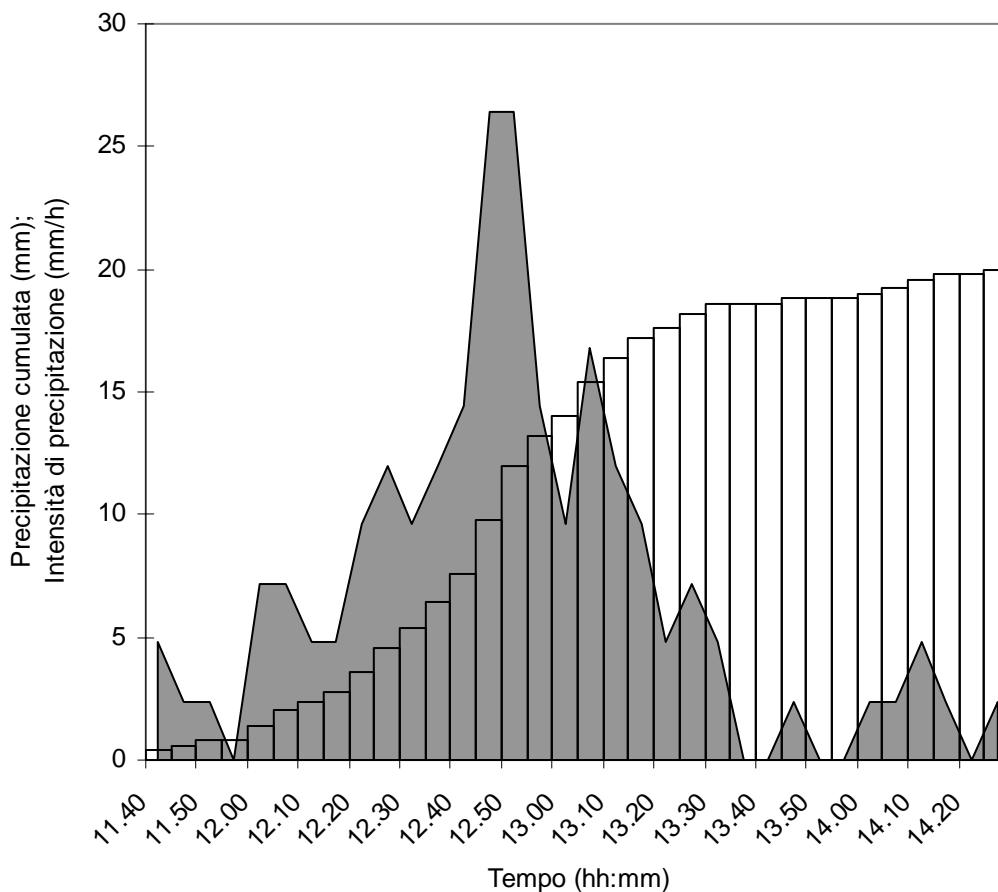


Fig. 8.14. Intensità di precipitazione (mm/h) e altezza di precipitazione cumulata in mm (diagramma a barre) per l'evento del 28 Agosto 1997

In Fig. 8.15 è riportato l'idrogramma di piena conseguente all'evento meteorico in questione, che, come si ricorda, non ha generato colata detritica torrenzia.

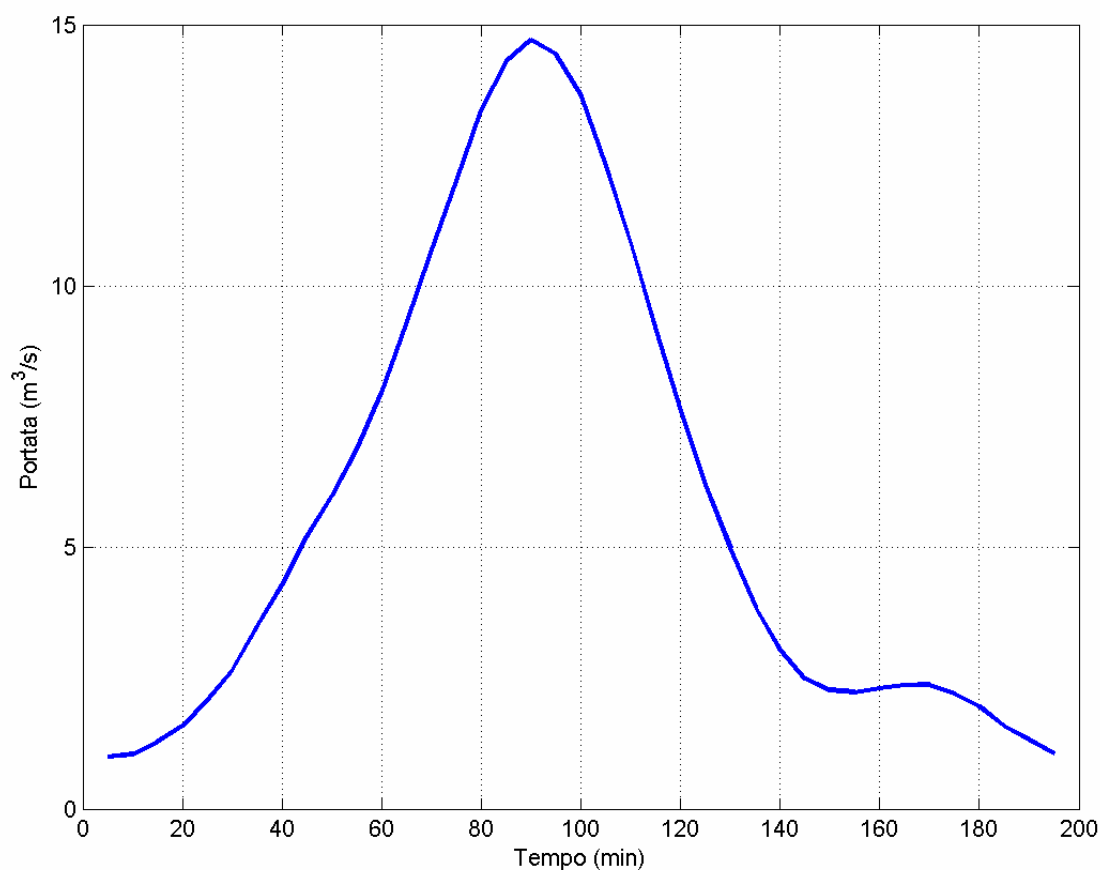


Fig. 8.15. Idrogramma di piena relativo al 28 Agosto 1997 nell'intervallo di tempo tra le ore 18:20 e le 24:00

1999, 27 Maggio – Si verifica un fenomeno tra i più intensi e prolungati mai registrati; esso si protrae per 5 ore per una altezza di precipitazione totale di 43 mm. La massima intensità registrata è di 10 mm in 15 minuti (40 mm/h).

Si rende nuovamente necessario associare, al grafico relativo all'andamento dell'intensità di precipitazione, l'istogramma della precipitazione cumulata (Fig.8.16).

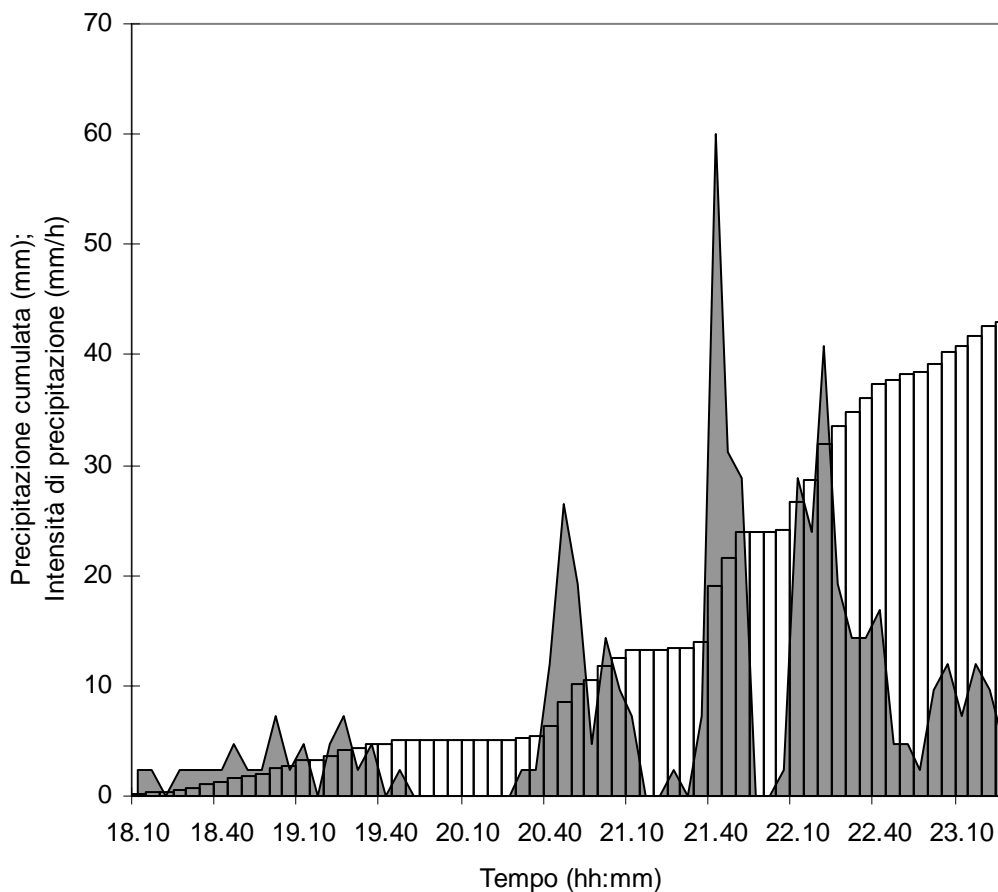


Fig. 8.16. Intensità di precipitazione (mm/h) e altezza di precipitazione cumulata in mm (diagramma a barre) per l'evento del 27 Maggio 1999

Non si è verificato alcun fenomeno di colata detritica, nonostante l'elevata intensità raggiunta connessa alla durata di oltre 5 ore dell'evento meteorico.

L'idrogramma di piena di Fig. 8.17 può quindi verosimilmente rappresentare l'andamento delle portate per la sezione di chiusura.

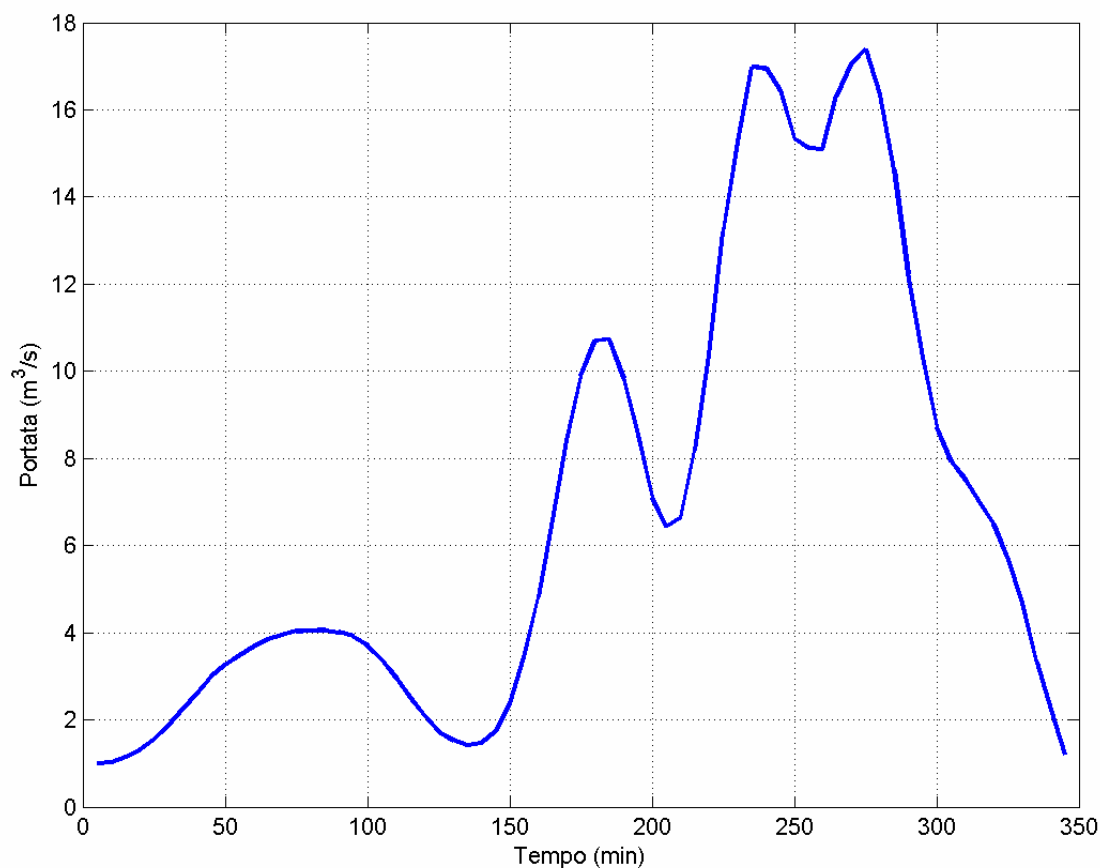


Fig. 8.17. Idrogramma di piena relativo al 27 Maggio 1999 nell'intervallo di tempo tra le ore 18:20 e le 24:00

1999, (19 Luglio) – La perturbazione che si è concentrata sul bacino per circa un'ora era proveniente da W con velocità di circa 1 m s^{-1} ; la pioggia cumulata risultante è stata di 18 mm totali.

In Fig. 8.18 il grafico mette in evidenza l'intensità di precipitazione dell'evento.

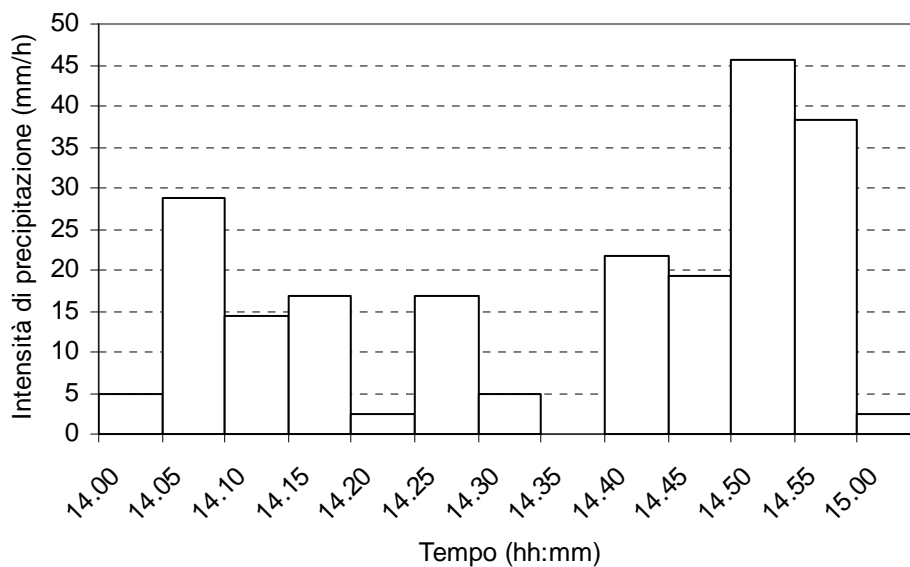


Fig. 8.18. Intensità di precipitazione dell'evento meteorico del 19 Luglio 1999

In Fig. 8.19 è riportato il diagramma della altezza di precipitazione cumulata.

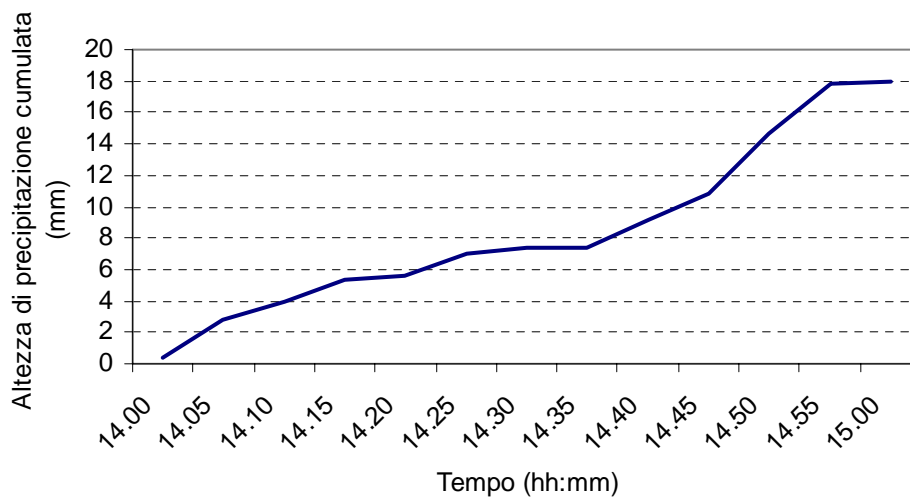


Fig. 8.19. Precipitazione cumulata registrata in occasione dell'evento del 19 Luglio 1999 a Pian Marderello

In Fig. 8.20 è possibile visualizzare l'idrogramma di piena teorico alla sezione di chiusura di Novalesa per l'evento meteorico del 19 Luglio 1999.

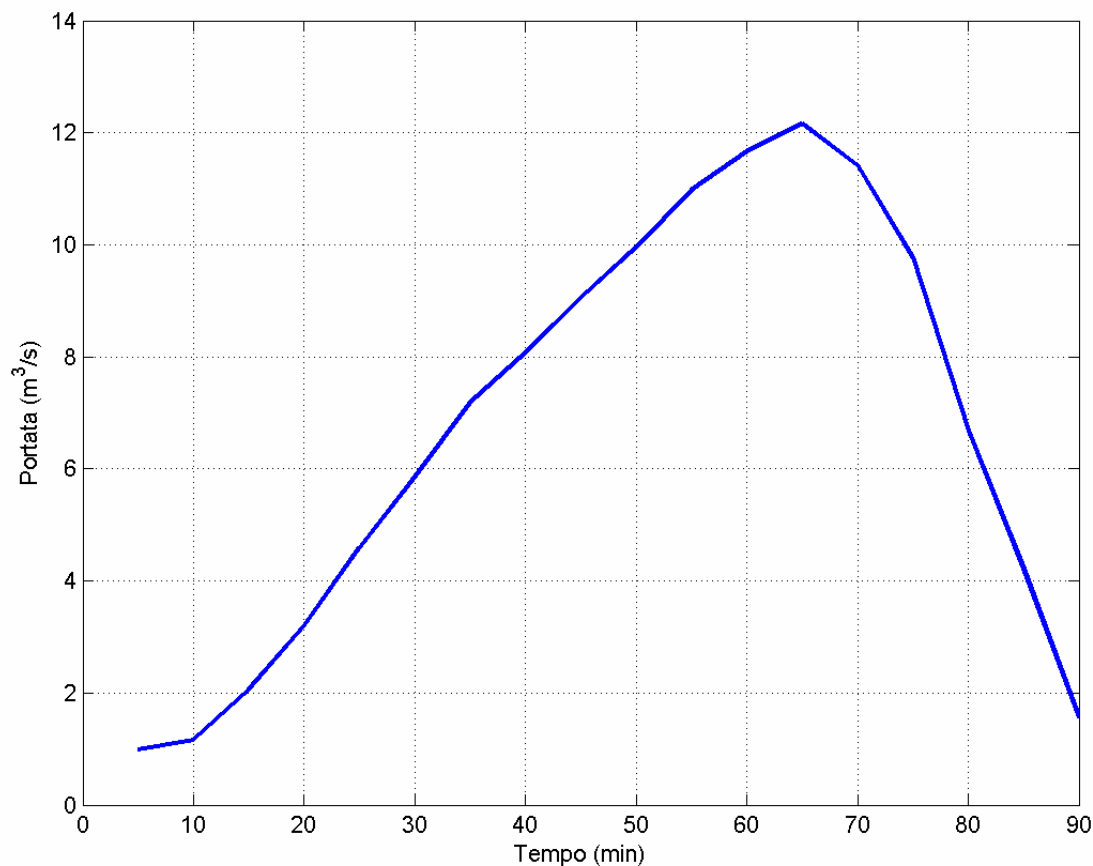


Fig. 8.20. Idrogramma di piena relativo all'evento meteorico del 19 Luglio 1999 alla sezione di chiusura del Torrente Marderello

1999, 29 Luglio – A soli 10 giorni dall'evento del 19 Luglio, si verifica un ulteriore evento meteorico rilevante (Fig. 8.21). La durata del fenomeno è di circa un'ora e 30 minuti, raggiungendo una altezza di precipitazione pari a 6.4 mm in 15 minuti (per un'intensità di oltre 26 mm/h).

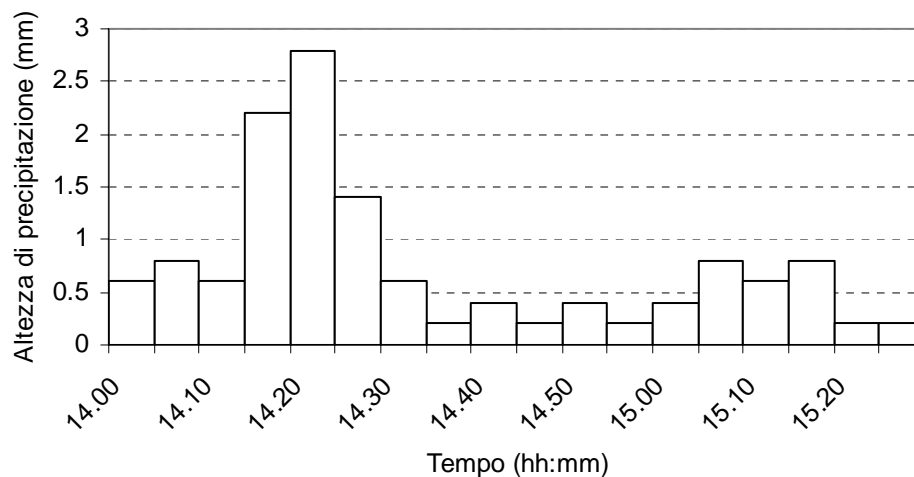


Fig. 8.21. Precipitazione rilevata al pluviometro Gesi 2000 di Pian Marderello in occasione dell'evento meteorico del 29 Luglio 1999

L'evento è nuovamente preceduto da venti occidentali con velocità media di 0.5 m s^{-1} . La perturbazione ha pertanto un diametro stimato di 2.7 km, e dà luogo all'idrogramma di piena visibile in Fig. 8.22.

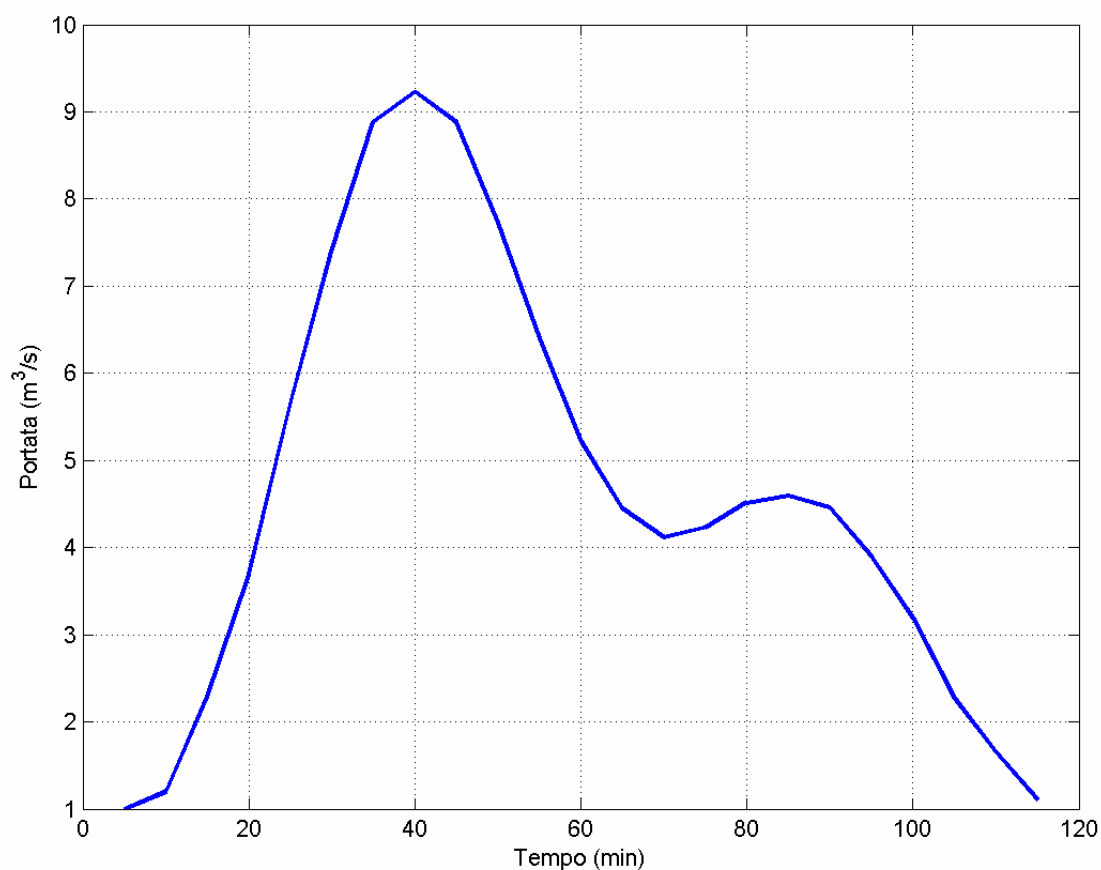


Fig. 8.22. Idrogramma di piena relativo alla precipitazione del 29 Luglio 1999

1999, 30 Luglio – Il giorno seguente all’evento del 29 Luglio, a terreno quindi già saturo, avviene uno tra i più intensi mai registrati dal pluviometro di Pian Marderello (del quale l’intensità di precipitazione è riportata in Fig. 8.23).

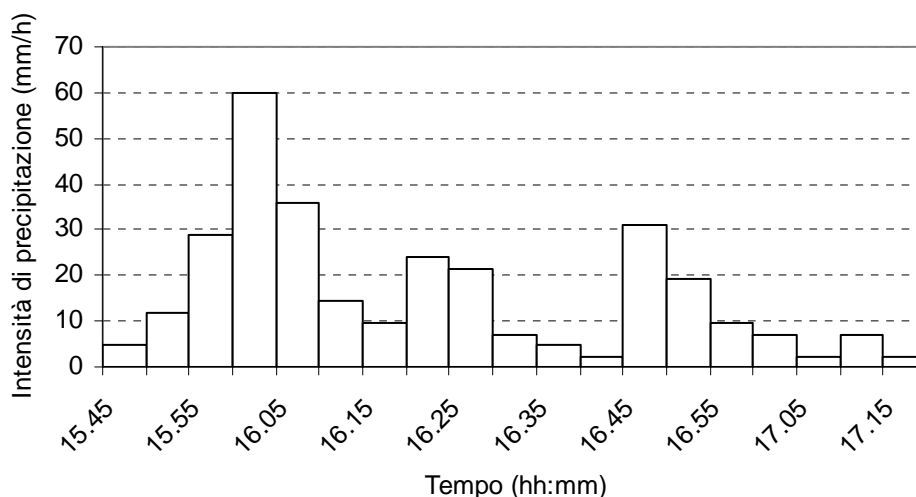


Fig. 8.23. Intensità di precipitazione rilevata al pluviografo di Pian Marderello il 30 Luglio 2005 tra le 15:40 e le 17:20

L'idrogramma di piena che ne consegue è riportato in Fig. 8.24, e non evidenzia portate particolarmente sostenute a causa della limitata dimensione del fenomeno (l'evento è stato preceduto da venti con velocità media di 1 m s^{-1} ed è durato 1:30 h, pertanto il diametro ipotizzato è pari a 1.5 km).

Non si è verificato alcun evento di colata detritica nonostante le notevoli intensità dello scroscio rilevate dal pluviografo di Pian Marderello.

1999, 31 Luglio – Per il terzo giorno consecutivo si verifica un evento di particolare intensità, raggiungendo picchi di 6 mm in 5 minuti e 11.4 mm in 10 minuti (Fig. 8.24).

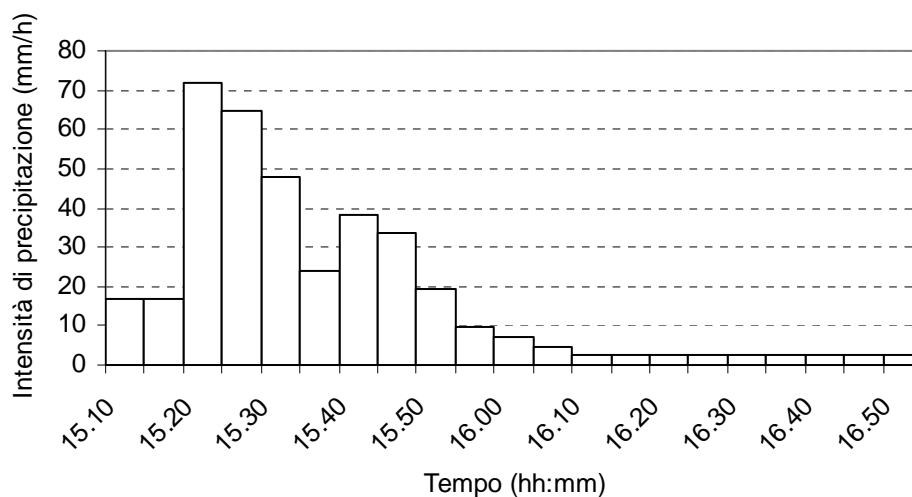


Fig. 8.24. Intensità di precipitazione registrate a Pian Marderello il 31 Luglio 1999 dalle ore 15:00 alle 17:00

L'idrogramma di piena che ne consegue è riportato in Fig. 8.25.

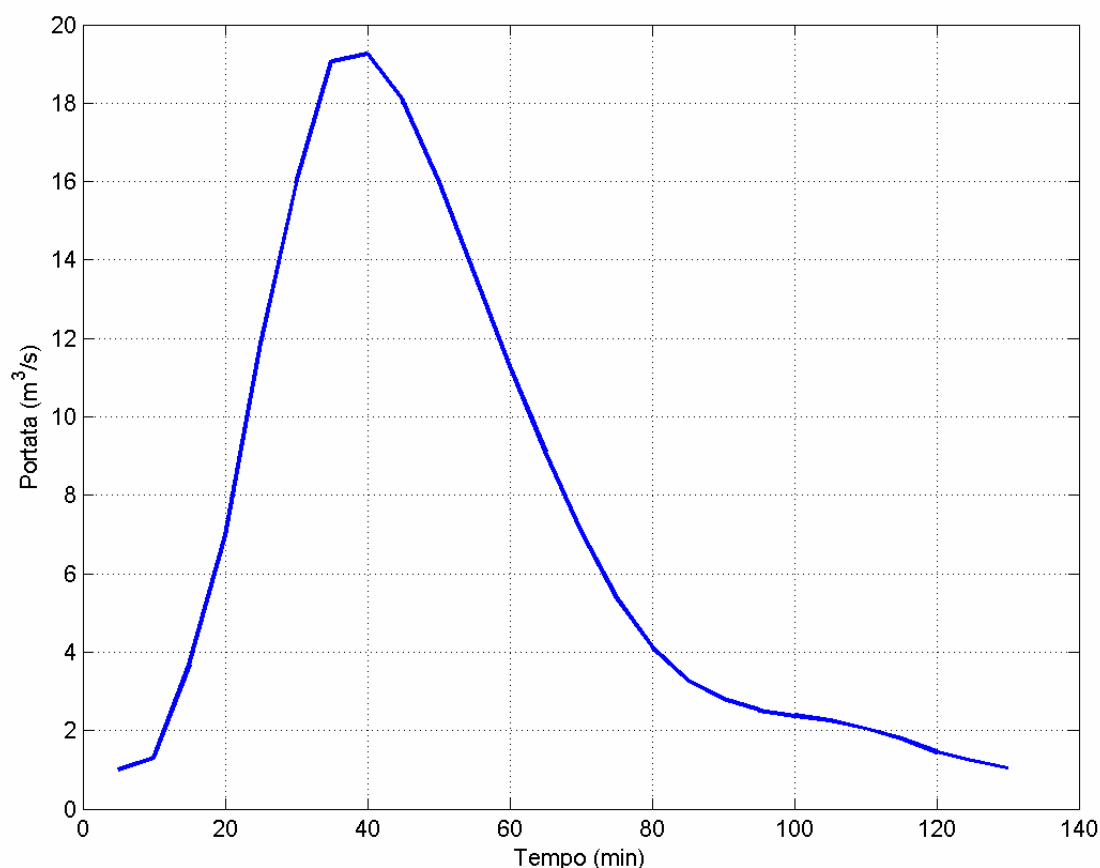


Fig. 8.25. Idrogramma di piena alla sezione di chiusura del bacino del T. Marderello relativo al 31 Luglio 1999 dalle ore 15:10 alle ore 17:30

Altri due eventi notevoli si sono verificati il 6 e l'8 Agosto, ma a fronte di intensità superiori a 4 mm in 10 minuti, essi hanno avuto una durata di circa mezz'ora.

2000,(10, 11, 12, 13 Giugno – Dal 10 al 13 Giugno si è verificato un evento meteopluviometrico particolarmente gravoso sul bacino del Torrente Cenischia. In particolare, per il bacino del Torrente Marderello si è registrata, alla stazione Gesi 2000, una altezza di precipitazione complessiva di 223 mm. La precipitazione è stata continuativa per oltre 64 ore e non si sono evidenziate pause superiori a 60 minuti; per questo si tratta l'evento come un singolo fenomeno.

In Fig. 8.26 è riportato il diagramma orario di precipitazione.

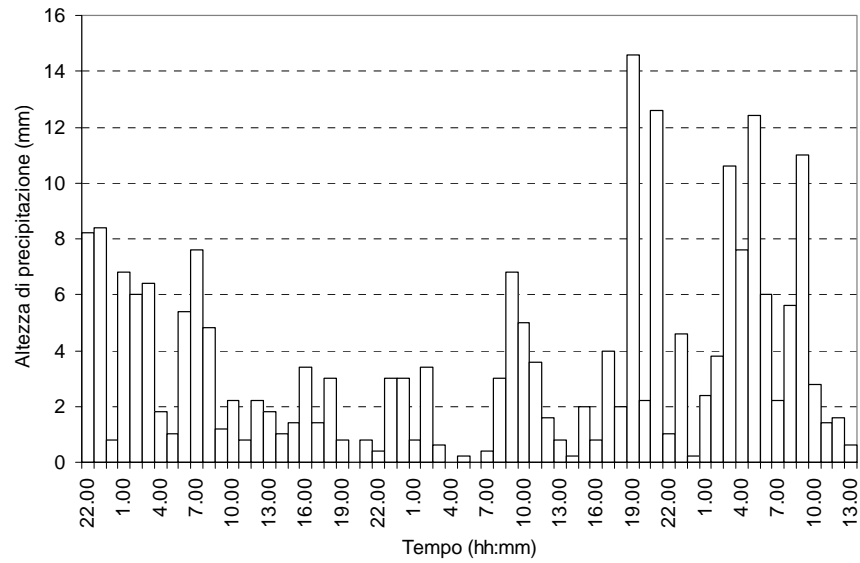


Fig. 8.26. Altezza di precipitazione oraria dalle 22:00 del 10 Giugno 2000 alle 14:00 del 13 Giugno 2000

L'idrogramma di piena, riportato in Fig. 8.27, mostra che il massimo raggiunto di portata si attesta sui 18 m^3 .

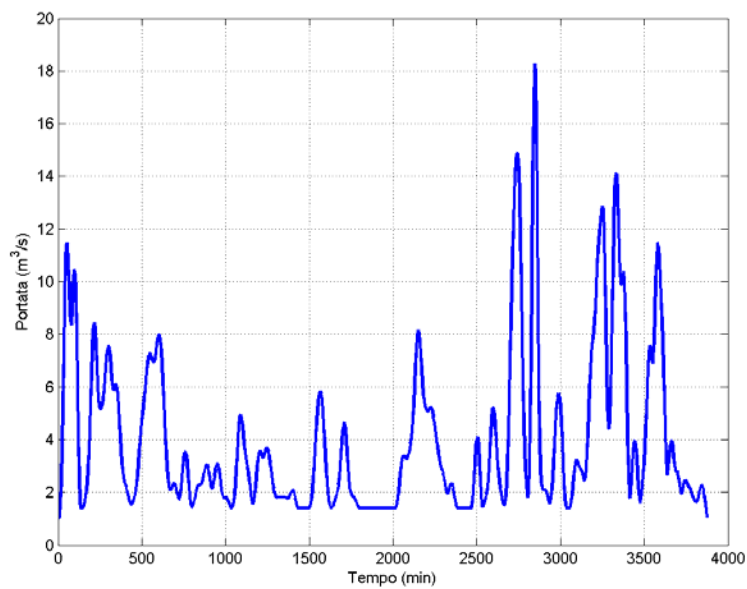


Fig. 8.27. Idrogramma di piena relativo ai giorni 10, 11, 12, 13 Giugno 2000 alla sezione di chiusura di Novalesa del Torrente Marderello

Le misurazioni alla stazione meteorologica di Pian Marderello si sono interrotte per lunghi periodi. Nel lasso di tempo compreso tra il 2000 e il 2005 non si sono comunque verificati fenomeni di colata detritica torrentizia. Il fenomeno dell'Ottobre 2000, che ha messo in crisi l'intera rete idrografica delle Alpi Occidentali, non ha comunque prodotto un evento di *debris flow* nel Torrente Marderello. Nei giorni seguenti il CNR – IRPI (Tropeano et al., 2001) ha effettuato alcune indagini in sito, individuando che un evento di colata detritica incipiente si era per qualche motivo arrestato.

Per diversi anni, quindi, il bacino del T. Marderello non ha dato luogo a fenomeni di colata detritica.

Il 29 Luglio 2005, a seguito di ingenti fenomeni meteorici verificatisi nei giorni precedenti e a un evento di notevole intensità occorso nelle prime ore antimeridiane, si verificato, dopo quasi dieci anni, un nuovo evento di *debris flow*. I dati pluviometrici rilevati dalla stazione meteorologica di Pian Marderello non sono tuttora disponibili perchè in via di elaborazione. La quantità di detrito trasportata nel corso dell'evento si attesta sui 30000 m³.

I presenti hanno descritto il fenomeno paragonandolo a una colata lavica, per il colore nero del detrito e per la bassissima velocità di traslazione dell'onda.

Il fenomeno non si è esaurito nella giornata del 29 Luglio 2005: in occasione di un nuovo evento meteorico verificatosi il giorno 2 Agosto si è ripetuto il *debris flow*. In questo secondo evento la colata aveva bassa viscosità e velocità sostenuta, al contrario di quanto osservato dai testimoni presenti durante il fenomeno del 29 Luglio.

La vasca di deposito poco a valle del salto (Fig. 8.28) è stata completamente colmata dai sedimenti; il ponte della strada comunale Novalesa – S. Anna è stato quasi completamente occluso, così come il ponte della S. P. Susa – Venaus – Novalesa (Fig. 8.29, 8.30).

Osservazioni

Le osservazioni sperimentali nel bacino del T. Marderello sono state avviate nell'estate 1994 con finalità di protezione civile: l'intento era quello di pervenire alla definizione di parametri utilizzabili per poter dimensionare e attuare misure preventive di sicurezza.

I dati rilevati legano l'insorgere dei *mud-debris flow* al verificarsi di piogge a quota superiore a 2000 m s.l.m.. Tali precipitazioni possono avere altezza cumulata anche modesta, ma intensità relativamente alta (dell'ordine dei 20-30 mm/h) per una durata che può anche essere di pochi minuti.

Il fenomeno non sempre insorge al raggiungersi di tale intensità critica: influenza hanno anche il grado di saturazione del terreno (determinato dal regime pluviometrico dei giorni antecedenti l'evento) e le condizioni di stabilità dei versanti (che evolvono giorno dopo giorno).

In particolare, sembra che una precipitazione particolarmente prolungata (indipendentemente dall'intensità) che si verifichi nei giorni precedenti l'evento critico favorisca la saturazione dei versanti in frana.

Un parametro di fondamentale importanza è rappresentato dalla temperatura: se le precipitazioni solide raggiungono quote di 2400 m o inferiori, la possibilità dell'innescò di una colata detritica diventa più remota; al contrario, se si ha un brusco innalzamento di temperatura (che provoca la fusione delle masse nivali) a cui segue un evento meteorico di elevata intensità, l'innescò della colata detritica diventa più probabile.

I fenomeni di colata detritica torrentizia si ripercuotono sul fondovalle nell'arco di una decina di minuti; ciò va a confermare la valutazione effettuata nel Cap. 4 riguardante la valutazione del tempo di corrivazione (che, valutato empiricamente, si approssima ai 45 minuti per il bacino del Torrente Marderello, che ha quota massima di 3538 m).

Le cronache storiche (Cap 11) attestano che i fenomeni di *mud-debris flow* sono ripetitivi, talora ricorrenti in uno stesso anno, ed ogni 3 - 4 anni essi sono in grado di movimentare in conoide volumi ingenti di detrito, anche dell'ordine di alcune decine di migliaia di m³.

La velocità di traslazione delle miscele è legata alla pendenza dell'alveo e alla viscosità del fluido (dipendente dalla granulometria dei sedimenti disponibili); essa è funzione della pendenza (velocità minima di 13 m s⁻¹ per pendenze superiori al 30 % e velocità media di 1-3 m s⁻¹ per pendenze inferiori al 10%).

In base ai dati disponibili si può stimare che dal 1935, anno in cui vennero avviati gli interventi di sistemazione idraulica nel bacino, il Marderello abbia trasportato a valle un volume di sedimenti non inferiore di 0,25 milioni di m³. Nonostante ciò, l'aspetto del paesaggio alle quote da dove si origina il detrito non sembra particolarmente mutevole nel

tempo; ciò conferma l'ipotesi che le quantità maggiori di sedimento provengano dalle stesse incisioni torrentizie. Tale affermazione non esclude, comunque, che le quantità di detrito mobilitate dai fenomeni di colata detritica vengano ridotte se si effettua una adeguata manutenzione delle aree vegetate.

Il bacino del Torrente Marderello rappresenta un bacino sperimentale ideale: i fenomeni si ripetono con buona frequenza (3 – 4 anni), le dimensioni areali sono limitate e pertanto si è a conoscenza delle differenti criticità che caratterizzano il bacino; inoltre, dal 1994, grazie all'installazione delle stazioni meteorologiche Gesi 2000 e Gesi 3000 da parte del CNR – IRPI di Torino si è a conoscenza immediata dell'intensità di precipitazione e di altre grandezze climatiche.

Le indagini su tale bacino possono così venire aggiornate anno dopo anno, con l'obiettivo finale di determinare la sequenza di fenomeni, climatici e geologici, che devono verificarsi perchè si inneschi la colata detritica. L'interesse riguardo al bacino del T. Marderello, oltre a essere motivato da esigenze prettamente scientifiche, è rafforzato dal fatto che nel bacino del Torrente Marderello i fenomeni di colata detritica sono particolarmente frequenti e suscitano crescenti apprensioni, ancor più che per il passato, per l'incolumità della popolazione residente e fluttuante nel periodo delle vacanze estive, proprio quando tali fenomeni hanno le maggiori probabilità di accadimento.



Fig. 8.28. T. Marderello – La vasca di deposito a valle del “Salto di Novalesa” risulta completamente colmata (Foto realizzata il 6 Agosto 2005).



Fig. 8.29. T. Marderello – Il ponte della strada provinciale Susa – Venaus – Novalesa ha rischiato di essere completamente occluso dai sedimenti (Foto realizzata il 6 Agosto 2005).



Fig. 8.30. Alveo del T. Marderello a monte del ponte della Strada Provinciale Susa – Venaus – Novalesa – Si nota il livello raggiunto dalla colata detritica; il sedimento è di natura sabbioso – limosa (Foto realizzata il 6 Agosto 2005).