

2003: un anno all'insegna di grandi anomalie climatiche - Freddo e siccità da primato - La lunga estate durata 5 mesi

Gemona, 9 giugno Le colate detritiche: alluvione in Valca-nale e Canal del Ferro - **1987: cronaca di una alluvione sfiorata** - **Vegliato e la Crete Porie**

2003: un anno all'insegna di grandi anomalie climatiche

Freddo intenso, siccità, incendi, estate dal caldo eccezionale e lunghissima, fenomeni alluvionali. Il 2003 non è ancora terminato eppure ha già fatto registrare dati da primato che solitamente si annotano nel corso di centinaia d'anni. L'atmosfera si sta inevitabilmente riscaldando, soprattutto a causa dell'uomo. La natura reagisce con estrema violenza per cercare di mantenere il suo equilibrio...

Sarà ricordato a lungo questo 2003, un anno dove diversi primati climatologici sono stati infranti nel giro di pochi mesi. Fenomeni estremi, che solitamente accadevano nel corso di decine o centinaia di anni, si sono susseguiti da febbraio ad agosto di quest'anno. Ci si augura che almeno la seconda parte d'autunno e l'inizio dell'inverno scorra nella normalità, senza lo spauracchio delle precipitazioni alluvionali che già hanno drammaticamente segnato la nostra regione a fine agosto. Proviamo ora a scendere nel dettaglio, analizzando ogni singolo evento estremo.

Gennaio quasi regolare, febbraio freddo e siccitoso, marzo completamente a secco

Dopo un dicembre ancora una volta insolito, con clima più caldo del normale a causa di venti miti provenienti dall'Atlantico, il freddo ha fatto la sua giusta comparsa (dal giorno 7) nel mese che è statisticamente il più freddo dell'anno. Il gelo sulla nostra regione proviene prevalentemente dal Circolo Polare Artico o dalle fredde pianure russe che, attraversando l'Europa orientale o i Balcani, piomba sul Friuli, non raramente sotto forma di Bora o Tramontana. Le correnti fredde sono pilotate per buona parte dei casi da una robusta figura di alta pressio-

ne che s'instaura sull'Europa centro settentrionale. L'anticiclone in questo caso blocca di fatto il flusso temperato oceanico che normalmente scorre da ovest verso est, favorendo la discesa delle fredde correnti orientali. Gennaio 2003 scorre così quasi nella norma, un tantino più freddo e siccitoso del solito. Ma è con febbraio che iniziano le grandi anomalie. Il blocco delle miti correnti oceaniche, prodotto dall'alta pressione, continua per tutto il mese con le correnti gelide orientali che continuano ad investire il Friuli, il resto del nord ed il versante Adriatico. Come si può vedere dal grafico 1, le temperature sono quasi sempre al di sotto della media stagionale, specie nei valori minimi. Il giorno 18 si toccano i $-7,4^{\circ}\text{C}$ sottozero (stazione di Godo), mentre la media delle minime alla fine del mese toccherà un valore davvero eccezionale: $-4,3^{\circ}\text{C}$, il più freddo dal 1956 ad oggi. Alta pressione significa anche presenza di tempo stabile e di conseguenza le precipitazioni risultano scarse, solo 13,7 mm in due giorni di pioggia ad inizio mese. Questo però non può considerarsi un dato estremo: febbraio è il mese più secco dell'anno su tutte le regioni settentrionali. Piuttosto quello che stupisce sono le vicende atmosferiche di marzo, un mese che solitamente segna l'arrivo delle grandi perturbazioni atlantiche ma che stavolta trova la strada sbarrata dal grande anticiclone europeo che davvero non se ne vuole andare dopo più di un

mese di permanenza. Il primo mese di primavera trascorre incredibilmente senza un goccio di pioggia, stracciando ogni record dal 1959 ad oggi, anno da cui partono regolarmente i dati per la nostra cittadina. Analizzando però i dati di Udine che partono dal 1900, non troviamo nemmeno un mese senza precipitazioni. Considerando che a Gemona piove di più che nel capoluogo di provincia, possiamo dunque stabilire che il marzo secco di quest'anno detiene un primato che supera tranquillamente i 100 anni. Un altro record impressionante sono i giorni consecutivi senza pioggia, ovvero ben 53, dal 5 febbraio al 1 aprile 2003: giornate davvero insolite per una cittadina definita "il pisedor d'Italie". La prolungata siccità ha causato un notevole abbassamento delle falde acquifere e disastrosi incendi nell'area montana. Da ricordare le devastazione sui boschi del Monte Amariana.

Aprile con gelata tardiva, ancora una volta da primato

Il dissolvimento del possente anticiclone europeo, dopo quasi tre mesi di incontrastato dominio, è coinciso con una intensa discesa di aria fredda proveniente dall'Artico. Nella prima settimana le temperature sono crollate su livelli invernali e per l'ennesima volta si è registrato un valore record: il 9 aprile il termometro è sceso a $-3,6^{\circ}\text{C}$, un valore mai registrato dal 1959 ad oggi. Con lo sblocco della circolazione atmosferica le depressioni in arrivo dall'Oceano Atlantico hanno nuovamente dispensato delle precipitazioni, purtroppo però sempre al di sotto delle medie stagiona-

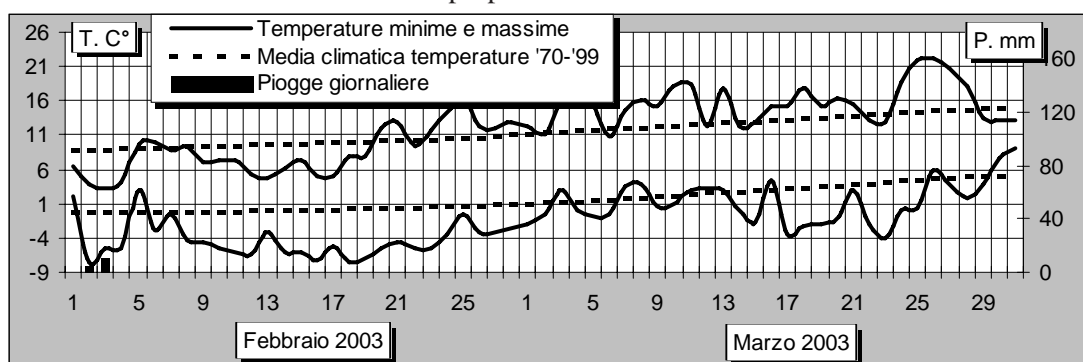
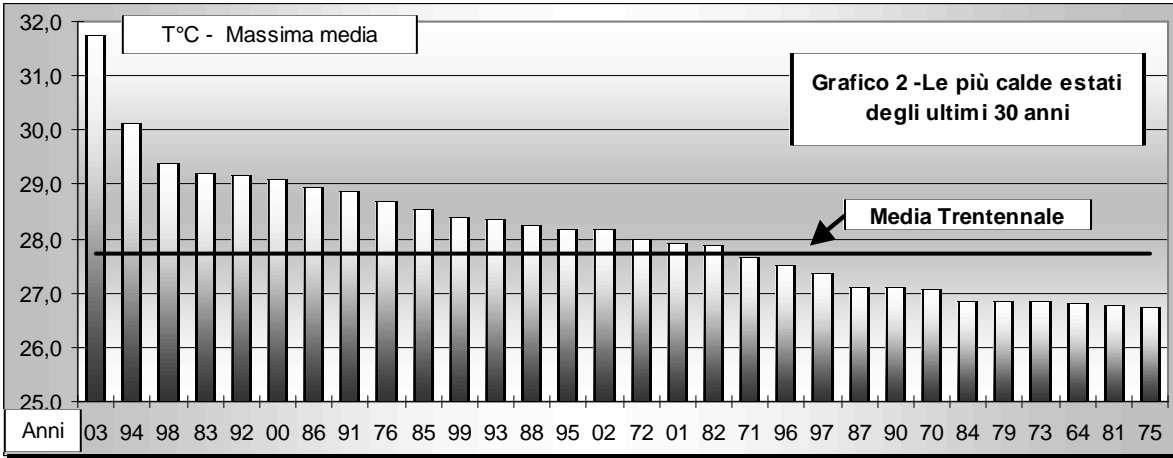


Grafico 1: Febbraio e marzo 2003 - Gran freddo e 53 giorni senza pioggia.



Luglio inizia con segnali di cambiamento che fanno ipotizzare uno stop all'estate come successo nell'anno precedente. Nella prima settimana ogni pomeriggio-sera si formano dei provvidenziali temporali che portano sollievo dalla gran calura attenuando un pochino il deficit idrico, risentito in particola-

li (154 mm contro i 184 della media trentennale).

Maggio-settembre 2003: la grande estate è durata 5 mesi

La stagione estiva appena conclusa rappresenta un evento davvero eccezionale. Si può tranquillamente affermare che è stata la più calda estate degli ultimi secoli e molto probabilmente la più intensa, o fra quelle più intense, degli ultimi 2000 anni.

Dal 1980 ad oggi sono state registrate estati caldissime. Il 1994 rappresentava fino all'anno scorso l'evento più caldo con i suoi 30,1 °C (vedasi il grafico 2) di media delle temperature massime e con 58 giorni con valori uguali o superiori a 30°C.

L'estate 2003 impressiona non solo per la sua potenza ma pure per la sua lunga durata, praticamente da inizio maggio fino a quasi fine settembre.

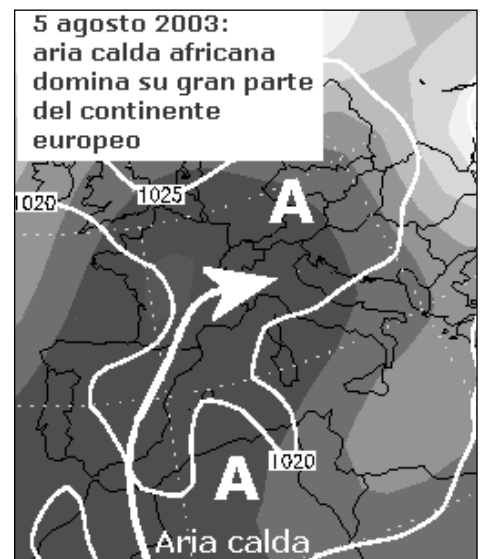
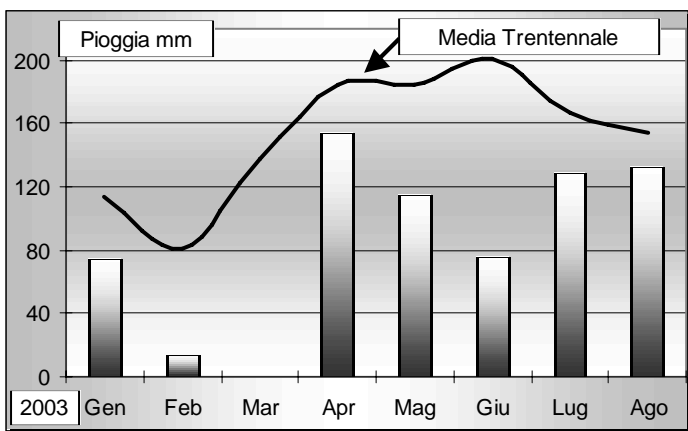
Nel mese di **maggio** ritorna sulla nostra regione (e resto d'Italia), il dominio dell'alta pressione, questa volta posizionato con il suo centro sopra i Balcani e l'Europa dell'est. Il sole, già alto in quel periodo dell'anno, surriscalda il continente europeo facendo schizzare le

temperature sopra i 30°C già nella prima settimana: 31°C proprio il 6 maggio. Caldo anche nelle settimane successive con impressionanti somiglianze con il mese di maggio del 1976. Caldo sì, ma con il transito di due perturbazioni che fanno ripiombare il clima su valori autunnali nei giorni 14 e 20. A fine mese si toccano nuovamente i 30°C, 6-7°C oltre la media stagionale. Insistono le scarse precipitazioni a causa del perdurare dell'anticiclone: piove poco più della metà di quanto normalmente accade.

Giugno segna l'arrivo dell'ennesima figura di alta pressione ma questa volta di origine nord africana, una conformazione meteorologica capace di far salire di molto la colonnina di mercurio e con tassi di umidità piuttosto alti a causa del vapore assorbito dall'aria calda in risalita dal continente africano. L'anticiclone conquista l'intero Mediterraneo per tutta la durata del mese. Il termometro sale a livelli record il 15 giugno con addirittura 36,7°C (stazione di Godo). 25 giorni sopra i 30°C, una media delle massime che alla fine del mese farà registrare 31,3°C, quasi 6°C oltre le norme del periodo! Il tasso di umidità media del 60% circa rende il caldo meno sopportabile causa la più difficile traspirazione da parte del nostro corpo. Piove poco nel mese che per Gemona è di solito il più piovoso dell'anno grazie alle formazioni temporalesche. Questa volta non si superano i 76 mm contro una media di 201 mm (vedi grafico 3).

re dalle colture. Piove però solamente sui monti e alta pianura. Il resto del Friuli rimane a secco, le colture del mais appaiono già seriamente compromesse. Nelle settimane seguenti l'anticiclone subtropicale riconquista un po' alla volta anche le nostre regioni settentrionali. Il caldo supera nuovamente quota 30°C già dal 9 luglio, ma comunque alla fine sarà il mese estivo meno torrido (si fa per dire), con 30,3°C di media delle temperature massime. Piovosità per l'ennesima volta sotto le medie climatiche con un deficit di 38 mm.

Nel mese di **agosto** l'estate riesplode in tutta la sua potenza con il consolidarsi dell'anticiclone sub-tropicale su tutto il Mediterraneo, Europa centrale ed Inghilterra. Su Spagna, Francia ed Inghilterra si registrano record assoluti (anche 40°C), da quando vengono rilevate le temperature con gli strumenti. Ben nota è la vicenda della strage di anziani verificatasi in Francia a causa delle alte temperature. Da noi non va





molto meglio: l'anticiclone che si è impadronito del centro Europa converge sul Friuli aria caldissima continentale ma più torrida, ovvero con bassa percentuale di umidità. Questa situazione è ben evidenziata dalla figura riportata: l'aria calda, originatasi sul continente nero, risale lungo la Spagna e Francia per poi investire la nostra regione. Le temperature registrate sono molto alte e nonostante il clima abbastanza secco il disagio fisico è notevole. Il 4 agosto si toccano i 37,2°C (stazione di Godo), mentre dal 1 al 24 agosto (vedasi grafico 4), la temperatura media delle massime si attesta esattamente a 35°C, un dato che corrisponde alla media de Il Cairo, la capitale dell'Egitto. L'umidità media si aggira sul 55%. L'aria più secca dei mesi precedenti e la scarsissima pioggia (almeno fino al 14) causano una intensa e prolungata siccità su tutta la regioni con perdite gravissime sulle colture del mais e violenti e quanto mai inconsueti incendi boschivi. Il giorno 14 un temporaneo cedimento dell'alta pressione lascia spazio ad un intenso fronte freddo che nel suo passaggio provoca intensi temporali ed una tromba d'aria nel pordenonese. In seguito l'estate riprende subito nuovo vigore fino al 25 quando una nuova perturbazione arrecherà nuove precipitazioni, questa volta abbondanti. Bisognerà però aspettare la fine del mese per mettere la parola fine ad un incredibile periodo di gran caldo che ha portato la nostra penisola a medie climatiche uguali o superiori alle nazioni nord africane. Purtroppo, come tutti sappiamo, il ritorno al fresco è costato parecchio con l'alluvione del Canal del Ferro e Val Canale, di cui parleremo più avanti.

A settembre fresco ma con un colpo di coda dell'estate a metà mese

Il dopo alluvione vede il ritorno dell'aria fresca dal nord Europa con crollo delle temperature massime di ben 10°C. Nella prima quindicina del mese transitano dei sistemi nuvolosi con associate piogge. Pare che l'autunno (quello meteorologico inizia il 1 settembre) si sia definitivamente impadronito della situazione ma dal 14 al 23 settembre l'anticiclone s'impadronisce ancora una volta del Vecchio Continente. Il colpo di coda dell'estate fa schizzare il termometro sui 28-30°C. A fine mese ritorna finalmente la normalità con alternanza di sole e piogge, come comunemente accade in questo periodo.

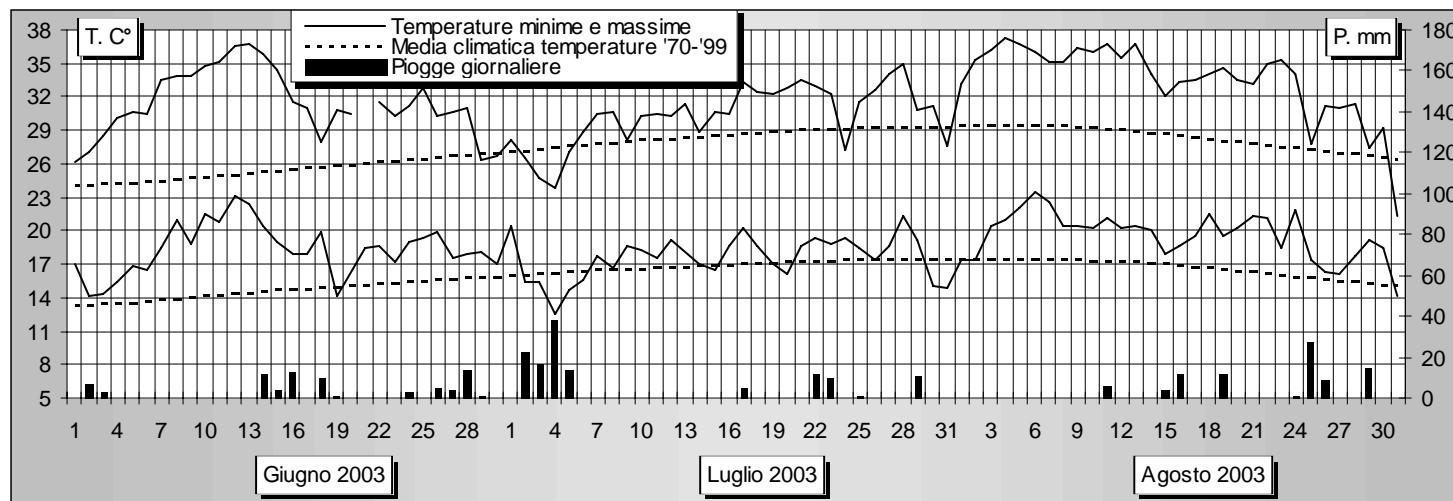
Tirando le somme...

E' fuori dubbio che l'estate 2003 rappresenta un evento eccezionale ed i dati a nostra disposizione lo stanno a dimostrare. Osservando il grafico 2 che evidenzia le estati più calde degli ultimi 30 anni, si vede primeggiare la stagione estiva appena trascorsa con ben 31,7°C di media delle temperature massime, 4°C oltre la media trentennale (stracciato il precedente record del '94). I giorni con temperature uguali o superiori a 30°C sono stati 72 su 90, ma salgono ad 82 se contiamo anche quelli registrati a maggio e settembre. Si perché l'estate è durata 5 mesi con ben poche interruzioni.

Nonostante ciò noi gemonesi possiamo ritenerci anche fortunati perché in altre località della nostra regione si sono toccati valori prossimi ai 40°C, in particolare in provincia di Gorizia e nel pordenonese (qui con tassi di umidità relativa ben più elevati che da noi, anche lungo la costa). Un beneficio è stato apportato

dalle famose brezze di monte e di valle (ma sarebbe meglio definirlo vento, vista la sua intensità), non molto amate dai cittadini e viandanti ma che hanno il vantaggio di rimescolare gli strati d'aria prossimi al suolo con quelli posti a quote superiori e di conseguenza favorire notevolmente la traspirazione del nostro corpo (grazie alla ventilazione). La grande estate 2003 non è solo la più calda da quando si effettuano delle registrazioni ma si può stimare tranquillamente che stagioni così si siano verificate solamente migliaia di anni addietro, specie verso 5000 anni fa quando la terra conobbe un periodo molto caldo definito *Optimum Climatico* o *Optimum del Bronzo*, tempi in cui *L'Uomo di Similaun* (ritrovato fra i ghiacciai del Trentino nel '91), poteva attraversare quote molte elevate grazie al ritiro dei ghiacciai dovuto al clima particolarmente mite, come succede ora.

Il pianeta si sta difatti inesorabilmente riscaldando, a causa del ben noto fenomeno dell'*effetto serra* prodotto dall'uomo con le sue emissioni di gas serra (in primis l'anidride carbonica), e purtroppo siamo solo agli inizi di quel fenomeno che gli scienziati definiscono *Tropicalizzazione del clima*, che porta verso un riscaldamento globale, desertificazione di alcune aree (anche al nostro meridione), aumento dei fenomeni estremi come alluvioni, trombe d'aria, intense ondate di caldo e via dicendo. Ne faranno di più le spese i nostri figli e nipoti che molto probabilmente si troveranno di fronte ad un clima sconvolto dal previsto repentino aumento della temperatura che avverrà ancora più intensamente di quanto successo finora. Dal 1979, gran parte degli





TEMPO AL TEMPO

scienziati sono infatti concordi nel dire che un raddoppio di anidride carbonica atmosferica fa aumentare la temperatura media superficiale terrestre da 1,5 a 4,5°C. Dagli studi più recenti emerge che il riscaldamento è probabilmente più veloce sopra la terraferma che in mare aperto. Inoltre, l'aumento di temperatura sembra avvenire con un certo ritardo rispetto alla stessa tendenza all'aumento dei gas serra. Inizialmente gli oceani più freddi tenderanno ad assorbire gran parte del calore supplementare, rallentando il riscaldamento atmosferico. Soltanto quando l'oceano entrerà in equilibrio con l'elevato livello di CO₂, il riscaldamento procederà molto rapidamente. L'IPCC (l'ente intergovernativo che si occupa dei mutamenti climatici), valuta che la concentrazione di CO₂ sarà raddoppiata verso la metà del 2100 rispetto ai valori pre-industriali. Attualmente le proiezioni indicano un riscaldamento medio globale compreso fra 0,6 e 2,5°C nei prossimi cinquanta anni, e fra 1,4 e 5,8°C entro la fine di questo secolo, rispetto alla temperatura media globale del 1990. Come si nota nel grafico 4, l'estrema differenziazione delle previsioni sull'aumento di temperatura è dovuto ai diversi ipotetici scenari sulle emissioni di gas serra e dagli aerosol di solfato.

L'alluvione in Val Canale e Canal del Ferro del 29 agosto 2003

Verso la terza settimana di agosto alle nostre latitudini l'estate mediterranea solitamente subisce un brusco stop con l'arrivo di un intenso sistema perturbato atlantico seguito da aria piuttosto fredda. Il fenomeno è conosciuto in meteorologia come *rottura dell'estate* o *Tempesta Equinoziale*. Dopodiché può lo stesso ripresentarsi un periodo caldo ma con temperature non molto elevate oppure inizia l'autunno vero e proprio con frequente transito di perturbazioni associate a piogge abbondanti. In condizioni normali, durante il passaggio perturbato che spezza la stagione estiva sono possibili locali violenti fenomeni, perlopiù temporaleschi, ma quando siamo alle prese con marcate differenze di temperatura e umidità fra nord e sud come nel caso di que-

st'anno, l'arrivo di una depressione può causare manifestazioni molto violente e addirittura alluvioni, come purtroppo è accaduto nell'Alto Friuli.

I fatti: intorno al 25 agosto scorso dall'analisi delle carte meteorologiche, appariva evidente che venerdì 29 agosto la nostra regione avrebbe accusato serie condizioni di maltempo, ma risultava molto difficile (come il più delle volte succede in questi frangenti), localizzare in dettaglio l'area dove si sarebbero verificate le piogge più intense. Un'area di bassa posizione sull'Europa centrale iniziò a richiamare forti e calde correnti sciroccali sulla nostra regione, cariche di vapore acqueo e quindi di grandi quantità di energia latente. Si pensava che nella seconda parte del giorno l'aria fredda valicasse le Alpi per portare piogge su tutta la regione ed invece il fronte freddo sfiorò solamente l'arco alpino per poi portarsi verso i Paesi dell'Est con tutto il nucleo depressionario a seguito. Il risultato è stato devastante per l'area alpina nord-orientale. Il forte vento caldo da sud carico di umidità, incontrando la barriera alpina, liberò gran parte del suo contenuto di vapore trasformandolo in nuvole e piogge intense. Le precipitazioni furono a carattere torrenziale, concentrate in un breve arco di tempo: tutti ingredienti per scatenare, purtroppo, una cosiddetta alluvione-lampo. Basti pensare che a Pontebba sono caduti 350 mm dalle 11.30 alle 18.00, con un picco di 74 mm/ora dalle 15.00 alle 18.00. Sulle montagne di pioggia ne è caduta ancora di più, si stima che sull'area del Monte Cavallo e sulle Montagne della Val Canale i quantitativi possano aver superato comodamente i 400 mm. Molto

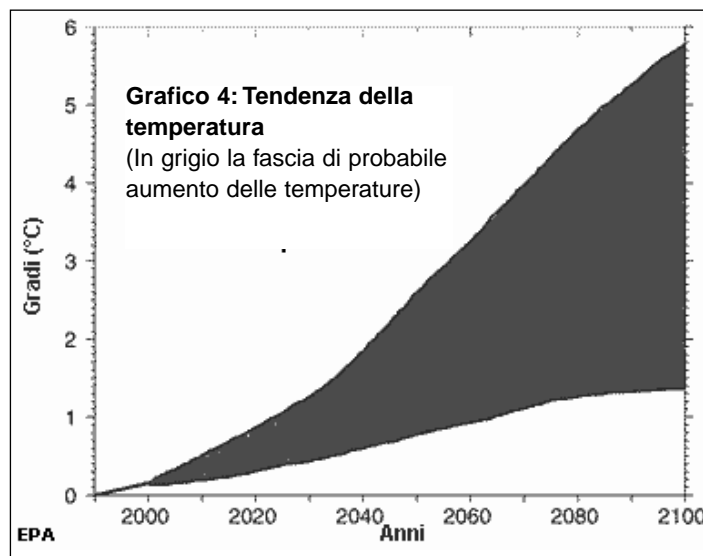
diversa la situazione da noi, su pianura e costa friulana. Come già accaduto in occasione dell'alluvione del Canal del Ferro del 1996, l'intenso vento da sud ha "laminato" gli strati atmosferici, inibendo così il formarsi di nuvole e di precipitazioni considerevoli. Sulla costa addirittura il cielo era sereno, cielo nuvoloso in pianura, da noi quasi coperto con una modesta precipitazione di 20,8 mm ed una raffica di Scirocco a ben 79 km/h (dati stazione P&M).

Gemona, 9 giugno 1987: cronaca di una alluvione sfiorata

La nostra cittadina è a rischio alluvioni? Il Torrente Vegliato potrebbe trasformarsi come il Rio Uque di Ugovizza? E' possibile. Come già abbiamo detto il futuro ci riserva una estremizzazione dei fenomeni in una località che in passato è stata più volte vittima di piogge torrenziali. Per Gemona i 100 mm/ora non sono per niente una rarità. In diversi casi si è superato in poco tempo questo valore, ingrossando notevolmente il Torrente Vegliato che raccoglie le acque piovane dalla immensa e ripida parete del Monte Cjampon. Il rischio di una esondazione del "Uajat" è stato davvero altissimo il 9 Giugno del 1987, quando una "supercella" (un cumulonembo di grandi proporzioni), ha scaricato dalle 6 alle 9 del mattino ben 136,6 mm di pioggia. L'enorme frana del 15 settembre (250.000 m³ di materiale), bloccava il normale deflusso delle acque lungo il rio "Crete Porie" che era costretta dal 1976 a scendere in "ordine sparso" lungo la grande frana. Le piogge intense associate ad un piccolo distacco franoso sul Monte Deneál produssero un "debris flow", ovvero una colata detritica fluida che portò a valle 50.000 m³ cubi di materiale tra cui massi di dimensioni notevoli.

Nel giugno 1987 il Geologo Federico Sgobino, gran conoscitore delle vicende geologiche della nostra zona, assieme all'ing. Alessandro Coccolo, elaborarono una completa e dettagliata ricostruzione di ciò che avvenne in quella mattina di 15 anni fa. Ne riportiamo fedelmente il testo che, anche se rivolto ad un pubblico di specialisti, ci sembra comunque interessante.

Massimo Marchetti





Le colate detritiche quali effetti indiretti del terremoto: l'evento del 9 giugno 1987 nel torrente Vegliato

Alessandro Coccolo*, Federico Sgobino**

* CP Ingegneria, Gemona del Friuli

** Comunità Montana del Gemonese, Gemona del Friuli

Introduzione

I corsi d'acqua montani del Friuli-Venezia Giulia sono spesso sede di fenomeni di trasporto solido di massa denominati colate detritiche o lave torrentizie. Tra le cause predisponenti assumono fondamentale importanza sia l'elevata sismicità del territorio, tale da produrre cospicui franamenti (fig. 1), sia l'alta erodibilità dei bacini idrografici, spesso costituiti da rocce argillitiche o siltitiche, gessi, ammassi morenici o detritici. Tra le cause scatenanti va soprattutto ricordata la frequenza di eventi pluvio-

metrici particolarmente intensi e di breve durata, tali da saturare gran parte dei materiali sciolti presenti nelle aste torrentizie e negli accumuli di versante. Si deve purtroppo osservare che, a fronte di un'imponente diffusione di questi fenomeni altamente distruttivi, manca nella nostra regione una concreta campagna di ricerca scientifica sull'argomento, tale da fornire gli indispensabili criteri di dimensionamento delle opportune opere di sistemazione. Conseguentemente, la progettazione degli interventi è spesso affrontata secondo un approccio quasi esclusivamente idraulico, che prescinde dalla valutazione delle azioni dinamiche della colata e dei massi ciclopici in essa trasportati e sovente porta a scelte progettuali del tutto inadeguate (ponti di luce insuffi-

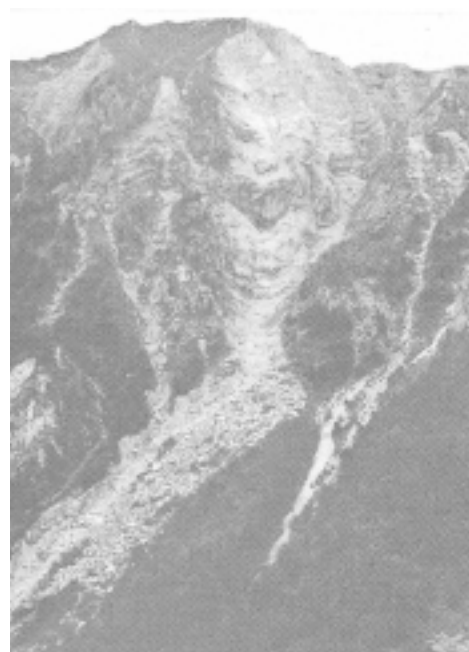


Figura 1 - Accumulo di frana risalente al 15 settembre 1976, dopo la mobilizzazione conseguente alla colata detritica del 9 giugno 1987.

ciente, opere trasversali con notevole superficie esposta all'impatto).

Di seguito vengono brevemente ricordate le caratteristiche generali dei *debris flows*, vengono illustrate alcune considerazioni sull'evoluzione morfologica del torrente Vegliato e riportati i risultati dell'analisi a posteriori dell'evento in esame.

CARATTERISTICHE GENERALI DEI DEBRIS FLOWS

Il termine colata detritica (*debris flow*) viene utilizzato per indicare un movimento in massa costituito da una parte liquida, formata da acqua o fango, e da una frazione solida di granulometria variabile dalle sabbie ai blocchi, nonché una eventuale parte organica rappresentata, ad es., da tronchi d'albero. L'innescò del fenomeno è possibile in seguito a un apporto consistente di acqua (piogge intense), tale da produrre una parziale o completa saturazione degli ammassi sciolti. Spesso il processo viene accelerato da occasionali frane di crollo, le quali possono diminuire la pressione effettiva di confinamento dei depositi e favorire così la mobilizzazione della massa fluidificata. Una volta che il processo si è innescato ha inizio la fase di corsa, in cui si possono verificare arature o depositi, a seconda del valore assunto da alcuni parametri caratteristici quali la pendenza dell'alveo, l'angolo di attrito interno del materiale trasportato e la concentrazione della fase solida.

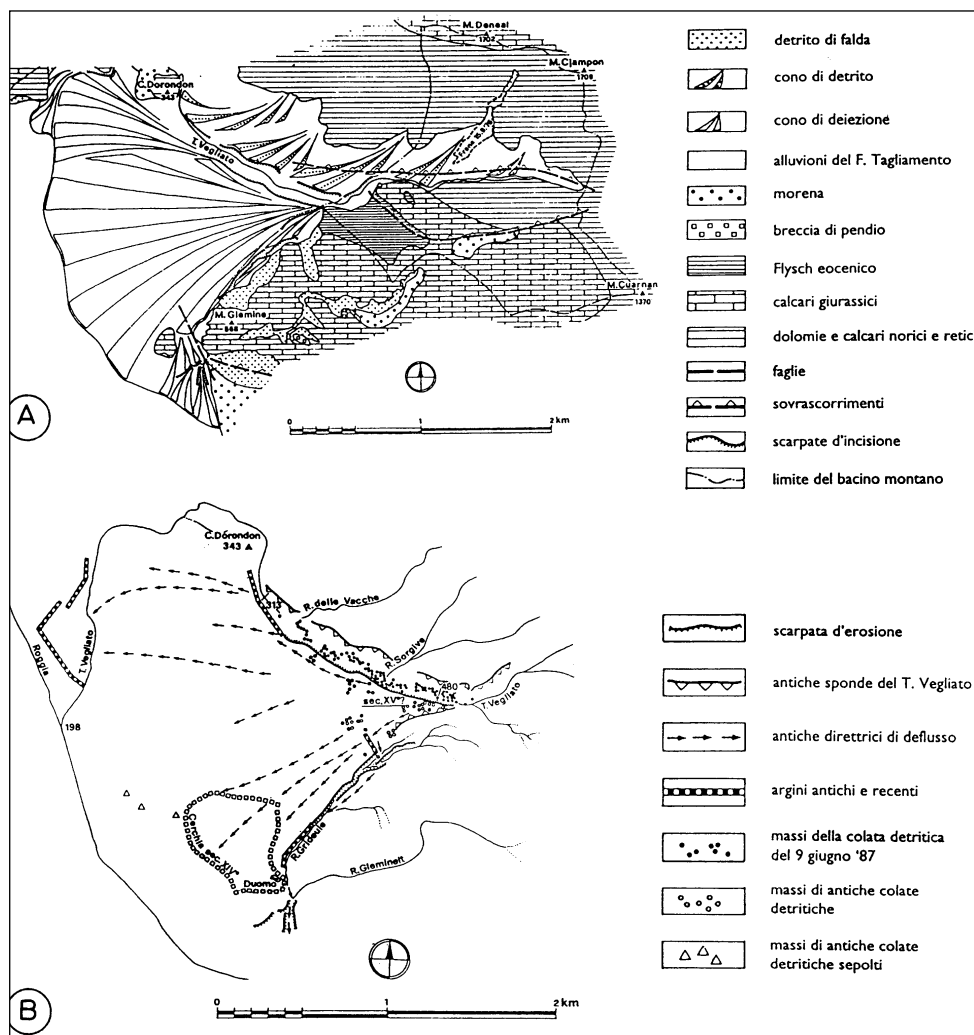


Figura 2 - (a) Carta geologica schematica del bacino del torrente Vegliato. (b) Carta geomorfologica del cono di deiezione di Gemona.

Il movimento della colata si conclude con la fase di deposito e successivo arresto, che normalmente coincide con il raggiungimento di un'area ampia, caratterizzata da bassi valori della pendenza e alta permeabilità. Durante tale fase il fronte della colata, spesso caratterizzato dalla presenza di grossi massi, decelera gradualmente, fino ad arrestarsi in uno spazio denominato *runout distance*.

Dal punto di vista ingegneristico, le grandezze caratteristiche di un *debris flow*, da ricercare attraverso analisi a posteriori, sono la velocità del fronte d'onda, il volume globale mobilizzato nel corso di un singolo evento (*event magnitude*) e la portata di picco (*peak discharge*), che si manifesta immediatamente dopo il passaggio del fronte d'onda e persiste per un lasso di tempo difficilmente superiore al minuto.

Per quanto riguarda la stima della velocità raggiunta da una colata detritica, essa è direttamente legata al modello reologico assunto per la massa fluente. Nel caso di materiali granulari viene generalmente accettato un comportamento di tipo dilatante (Takahashi, 1991), o, in alternativa, laminare visco-

so (Hungri *et al.*, 1984). In entrambe le situazioni la quantificazione della velocità risulta agevole non appena determinata la pendenza dell'alveo e la probabile altezza del fronte d'onda, in base alle tracce lasciate dal passaggio della colata. In alternativa, in situazioni come quella in esame in cui tratti d'alveo si sviluppano in curva, è possibile valutare la velocità sulla base della soprelevazione verso l'esterno subita dal fronte in quella particolare condizione di flusso. Dati caratteristici sui *debris flows* dei torrenti montani del Friuli, basati su osservazioni non strumentali, sono stati raccolti da Querini (1985 e 1986). Aratano *et al.* (1996) riportano invece i risultati degli studi compiuti sul bacino sperimentale del torrente Moscardo (4.2 km², Alpi Carniche), dove dal 1985 è in atto un'attività di monitoraggio delle colate detritiche. A tutt'oggi in tale bacino sono stati registrati undici eventi di *debris flow*, caratterizzati da velocità comprese nell'intervallo 1÷10 m/s, portata di picco di 3÷88 m³/s, magnitudo pari a 3800÷19000 m³. Per confronto gli studi canadesi (Hungri *et al.*, 1984; VanDine, 1985) riportano valori di velocità di 3÷12 m/s, volume globale mobilizza-

infatti, uno sviluppo di oltre 3,6 km di arco frontale e un raggio di ben 2,0 km (fig. 2-a).

Il torrente ha scavato il suo letto lungo il margine destro della struttura, mentre quello opposto è solcato solo da una piccola incisione che raccoglie le acque provenienti dal versante settentrionale del M. Cuarnan, denominata rio Grideule (fig. 2-b).

Notizie storiche sull'evoluzione del corso d'acqua sono molto difficili da reperire, tuttavia, quelle poche in nostro possesso sono già sufficienti per un inquadramento generale dei fenomeni. Osservando il tracciato delle antiche mura cittadine, risalenti al XIV secolo, colpisce il loro particolare andamento a cuneo rivolto verso monte (fig. 2-b). Ciò fa sorgere il dubbio che esse possedessero in origine anche una funzione protettiva nei riguardi delle alluvioni. La necessità di una tale opera di difesa, del resto, è dimostrata dal fatto che in quei tempi erano possibili eventi assai pericolosi per la cittadina. Documenti storici riportano, infatti, che nel 1430 lo straripamento del Grideule (oggi perennemente asciutto) asportò parte del cimitero del Duomo e trascinò bare

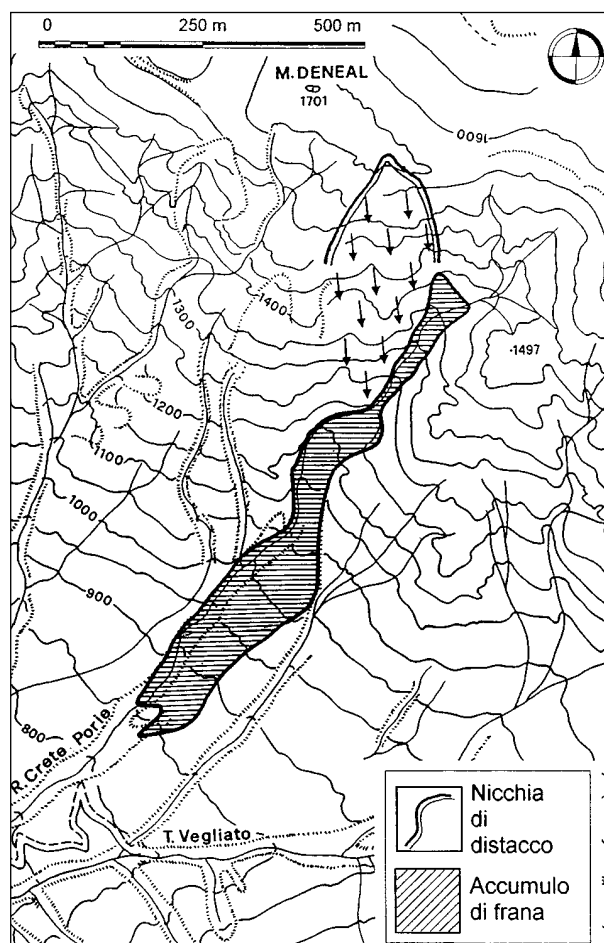


Figura 3 - Nicchia di distacco e zona d'accumulo della frana del 15 settembre 1976.

to generalmente minore di 60000 m³ (max 500000 m³), portata di picco non superiore a 600 m³/s.

EVOLUZIONE MORFOLOGICA

Il torrente Vegliato scende dalle prime pendici prealpine, alle spalle dell'abitato di Gemona, per confluire poi nel fiume Ledra. Il suo bacino è compreso fra le dorsali del M. Cjampon (1709 m) e del M. Cuarnan (1372 m) che si aprono a ventaglio sul Campo di Osoppo. Al suo sbocco in pianura il corso d'acqua ha edificato un caratteristico cono di deiezione di dimensioni veramente eccezionali. Esso possiede,

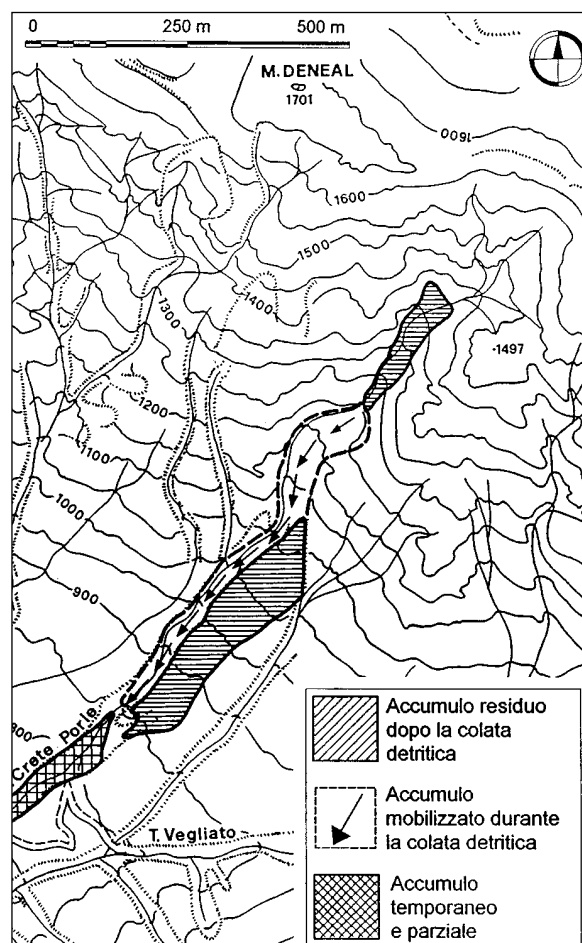


Figura 4 - Accumulo di frana dopo l'evento del 9 giugno 1987.



fino in località Paludo. Con tutta probabilità il fenomeno "fu conseguente al fatto che in quel periodo il corso del Vegliato non era ancora stabile sulle posizioni attuali, ma poteva interessare tutto l'apice del conoide. E' probabile quindi che l'esondazione rovinosa del Grideule sia stata in effetti conseguente agli apporti straordinari del Vegliato che si sono riversati in esso" come afferma Stefanini (1980) in un suo recente studio. Si trattò sicuramente di un evento di inusitate proporzioni, e che, proprio per questo, fa sorgere il dubbio sia stato l'effetto di una colata detritica, riversatasi in direzione dell'odierno rio Grideule. L'attuale alveo torrentizio è scavato all'interno di un più antico solco, con sponde divergenti di circa 30° e tali da consentire al torrente di divagare su tutto il conoide. È molto probabile che queste rappresentino le sponde del torrente in un periodo anteriore al XV secolo. Più a valle, poi, sono stati rilevati diversi alvei abbandonati di cui quello più evidente, dopo aver lambito l'antica sponda, scende in direzione della cittadina inserendosi successivamente nel Grideule, probabile direttrice dell'alluvione risalente al 1430. Proprio lungo questo tracciato è stato notato, poi, un antico argine avente il chiaro scopo di deviare le acque in direzione del vicino rio (fig. 2-b).

Per individuare le tracce di antiche colate detritiche, sono stati rilevati tutti i massi di volume superiore al metro cubo sporgenti dal terreno o affiorati entro scavi fondazionali (fig. 2-b). La loro natura litologica è risultata sempre dolomitica, palesando così la loro provenienza dal versante meridionale del monte Cjampon (fig. 2-a). L'accumulo più a monte presenta caratteristiche di freschezza tali da farlo ritenere il più recente fra quelli rilevati. Esso quindi rappresenta la traccia dell'ultima colata detritica riversatasi al di fuori dell'attuale alveo, ed è probabile che risalga proprio all'evento del 1430. Il suo accumulo certamente contribuì alla

deviazione definitiva del corso d'acqua verso l'attuale tracciato, anche se determinanti furono altre cause quali la tendenza naturale all'affossamento dell'alveo e la diversa erodibilità delle sponde. Le ricerche eseguite, poi, consentono di escludere decisamente la possibilità che la deviazione sia dovuta a fenomeni franosi avvenuti dalle pendici del Cuarnan, dato che nessun masso fra quelli rilevati sul conoide risulta essere costituito da litotipi eocenici, giurassici o cretaci che proverebbero una tale provenienza.

Osservando infine le antiche stampe del Liruti, contenute nel suo "Notizie di Gemona", si può desumere che nel XVIII secolo il torrente si era già stabilizzato sul margine destro del cono di deiezione, salvo naturalmente passare a sud del colle Dorondon. Da allora non si ha notizia di particolari eventi, se si eccettuano i lavori di sistemazione

idraulica, iniziati negli anni trenta e che deviarono il corso d'acqua lungo l'attuale tracciato.

Il giorno 15 settembre 1976, in seguito alla scossa sismica di magnitudo 6.1, si staccò un'enorme frana dalle pendici montuose comprese fra le cime del M. Cjampon e del M. Deneâl (Crete Porie) per un volume stimato di circa 250000 m³. Essa, abbattutasi sul fondovalle, intasò completamente la forra del torrente omonimo, producendo un accumulo di massi e detriti che si arrestò all'altezza dell'isoipsa 850 m (fig. 3). Con le piene successive all'evento franoso si verificarono alcuni fenomeni di colata detritica le cui dimensioni furono all'inizio piuttosto contenute e che risultarono dalla mobilitazione del margine destro del grande accumulo, dove iniziava a riformarsi il solco torrentizio originario. Colate detritiche si produssero sicuramente in occasione delle piogge cadute il giorno 13 ottobre 1976 (70 mm in 3 ore), e, soprattutto, del giorno 2 agosto 1983 (106 mm in 3 ore).

RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO 9 GIUGNO '87

Nelle prime ore del mattino del 9 giugno 1987 si abbatté su Gemona un forte temporale, caratterizzato da una precipitazione totale pari a 124.6 mm. Il *debris flow* che ne seguì ebbe origine nel grande accumulo di frana che ingombrava il medio corso dell'affluente rio Crete Porie (fig. 3). Qui si produsse il completo svuotamento della forra tra le isoipse 1050 e 1200 m (fig. 4), con esposizione della roccia costituente il fondo (fig. 5), nonché un notevole ampliamento e approfondimento del solco torrentizio già parzialmente eroso tra gli 850 e i 1050 m (fig. 4). Ad innescare il fenomeno fu una piccola frana staccatasi dalle ripide pareti sommitali del Monte Deneâl, al margine superiore della grande nicchia di distacco risalente al 15 settembre '76.

La stima del materiale coinvolto nella colata



Figura 5 - Alto corso del rio Crete Porie, zona d'origine della colata detritica.



Figura 6 - Ponte travolto dalla colata detritica del giugno 1987, che ne ha asportato completamente l'impalcato. Il franco di sicurezza era stato dimensionato considerando solamente la portata liquida del torrente..



(*event magnitude*) è stata eseguita attraverso il rilievo topografico speditivo di 16 sezioni trasversali, valutando sul posto sia l'erosione complessiva sia quella precedente all'evento del '87. La massa mobilizzata, determinata con il metodo delle sezioni ragguagliate, è risultata pari a $80000 \div 90000 \text{ m}^3$. Di essi almeno 35000 m^3 si sono arrestati all'altezza della prima briglia del rio Crete Porie, anche a causa di alcuni massi ciclopici fermatisi in prossimità di quel manufatto. La massa rimanente, valutabile in circa $45000 \div 55000 \text{ m}^3$, si è riversata verso valle, travolgendo nella sua corsa i due ponti della pista forestale (fig. 6) e danneggiando in modo grave gran parte delle briglie esistenti.

La fase di rallentamento e successivo arresto del fronte (*runout distance*) ha avuto inizio non appena raggiunto il cono di deiezione, a causa dell'allargamento della sezione trasversale del torrente e dell'insorgere di deflussi subalveo dovuti al progressivo aumento di permeabilità. Tale fase si è protratta per circa $300 \div 400 \text{ m}$. Successivamente la piena del torrente in corso ha modificato drasticamente i depositi, ridistribuendoli su di una lunghezza di circa 1200 m . In tale tratto si sono osservati $120 \div 130$ blocchi di volume $3 \div 40 \text{ m}^3$ (fig. 2-b). Complessivamente la massima distanza planimetrica percorsa dal fronte detritico è stata di circa 2800 m . La velocità del fronte del *debris flow* è stata valutata attraverso la relazione proposta da Hungr *et al.* (1984), tarata sulla base delle tracce lasciate dalla sovrapposizione del pelo libero in un tratto di torrente in curva (*forced vortex superlevation equation*). I resti di alcune briglie distrutte a monte e le lesioni sugli alberi ivi presenti hanno permesso di stimare un dislivello del pelo libero di circa $3-4 \text{ m}$ e quindi una velocità del fronte di circa 8 m/s .

La portata di picco (*peak discharge*) è stata calcolata in base alla velocità e alle sezioni trasversali rilevate nello stesso tratto. Il valore trovato è risultato prossimo a $300 \text{ m}^3/\text{s}$, circa dieci volte maggiore della portata di piena bicentenaria attesa per il corso d'acqua in esame, valutata attraverso la formula razionale in circa $30 \text{ m}^3/\text{s}$ (Fig.7 [omessa]).

La scienza e i terremoti - Analisi e prospettive dall'esperienza del Friuli - 1976-1996

Atti del Convegno, Udine 14-15 novembre 1996

Alla fine di questo inserto ci sembra utile riprendere la conclusione dello stesso geologo Federico Sgobino tratta dal suo saggio: Il cono di deiezione - Note geologiche su Gemona.

Per fortuna oggi questi fenomeni [le colate detritiche del passato] non sono più ipotizzabili, dato che non esistono depositi detritici di frana che possano essere mobilizzati dalle alluvioni. Ma l'evoluzione della zona non è sicura-

mente finita e il futuro potrebbe riservarci delle sorprese. La ricostruzione del passato serve proprio a questo: ad avere uno specchio attraverso cui poter scorgere il futuro per mantenersi pronti ad affrontarlo.

Il cono di deiezione - Note geologiche su Gemona, in AA.VV. Glemone, a cura di Enos Costantini, Società Filologica Friulana, Udine 2001

La "Crete Porie"

Chi volge lo sguardo dalla piazza Garibaldi, in centro a Gemona, verso il monte Cjampon non può non essere colpito da quella grossa, evidente, depressione a forma di arco che si posiziona tra la cima del m.te Cjampon (1709 m) a destra e la cima di Deneâl (1613 m) a sinistra. Il vallone che qui ha origine e scende verso il rio Vegliato è chiamato "Crete Porie". Questo è erto, stretto, roccioso e verso il fondo assume le sembianze di un anfiteatro antico. Il luogo è pauroso ed opprimente ma nel contempo affascinante.

Se vogliamo osservarlo da vicino: dalla cima del M.te Cjampon si va verso ovest lungo l'affilata cresta erbosa della "Pale di Cjampon" raggiungendo una zona rocciosa, ostacolata da pini mughi, la quale forma con il consecutivo crinale la parte centrale dell'acrocoro della Crete Porie (toponimo dal significato ovvio, e cioè poroso, frantumabile, friabile). Stando preferibilmente sul lato Nord, si raggiunge una punta, vertice di una serie di caratteristiche bancate rocciose diagonali e sovrapposte che sprofondano nel canali-

ne. Facendo attenzione alle fessurazioni del terreno dovute ai sismi del 1976 e a qualche masso instabile ed evitando il ciglio, che può presentare qualche pericolosità, si può avvicinarsi al centro del canalone di Crete Porie. Il luogo, dall'alto, offre un colpo d'occhio verso Gemona sorprendente, selvaggio, inquietante se lo sguardo volge verso la sede della frana un po' oltre il vallone sul versante sud del m.te Deneâl, che da qui impressiona per la mole e la vastità del fenomeno.

La frana della Crete Porie, come tutti sappiamo, si innescò per effetto di una potente scossa di terremoto il 15 settembre 1976. Con i suoi $250000-300.000$ metri cubi risultò la più vasta di tutta l'area terremotata. Tutta la massa di materiale roccioso si fermò ai piedi del canalone ostruendo il tratto centrale.

Al giorno d'oggi diversi interventi, anche recentemente eseguiti, hanno contribuito a regimentare il corso del rio Vegliato in modo ottimale permettendo così il deflusso regolare e sicuro del torrente montano anche se gran parte della frana di Crete Porie rimane ancora lassù, ai piedi del canalone.

Copetti Massimo



La frana di Crete Porie in pieno movimento alcuni anni fa - Foto Luciano Boezio