

MANUELA PELFINI (*) & SILVIA GORZA (**)

DENDROGEOMORFOLOGIA APPLICATA ALLO STUDIO DELLE COLATE LAVICHE DEL 1928, 1971 E 1979 SUL M. ETNA

ABSTRACT: PELFINI M. & GORZA S., *Dendrogeomorphology applied to the study of 1928, 1971 and 1979 lava flows on Mount Etna* (IT ISSN 0891-9838, 1994).

The present work investigates the effects of successive basaltic lava flows on the vegetation, and in particular on the annual growth rate. It is evaluated the time necessary for a complete recovery to normal growth rate after each repeated emergence and lava flow and the relationships between distance from the flow and vegetation response. Furthermore, we evaluated dendrochronology as a reliable tool for lava flow dating.

Several tens of samples were collected from *Pinus laricio* and *Betula aetnensis* located at the margins of 1928, 1971 and 1979 lava flows on the slopes of M. Etna. Trees located between 0 and 5 m from the margin of the 1971 lava flow are damaged by direct contact with the incandescent lavas and associated fires: large parts of both trunk and branches are burnt and the sequence of growth rings shows a marked scar for the year 1971. Even in cases when damage was restricted to the bark only, there are evidences of lowered growth rates soon after the eruption. Trees located beyond 5 m from the lava flow lack scars and the percentage of burnt trunks and branches progressively decreases. Slower growth rates are recorded by trees set at 100 to 500 m from the lava flow, although lacking marked evidences of damage. Trees located on the North side of the lava flow are more damaged than those set along the South side.

Scarred trees recovered their regular growth rate 7 years after the eruption. Undamaged trees located near the flow recovered after 3 years, whereas more distant trees recovered the normal growth rate after 1 year. Similar results have been obtained also for the 1928 and 1979 events.

KEY WORDS: Dendrogeomorphology, Volcanic eruption, Mt. Etna (Sicily).

RIASSUNTO: PELFINI M. & GORZA S., *Dendrogeomorfologia applicata allo studio delle colate laviche del 1928, 1971 e 1979 sul M. Etna* (IT ISSN 0391-9838, 1994).

Nel presente lavoro sono state campionate alcune decine di alberi appartenenti alle specie *Pinus laricio* e *Betula aetnensis*, ubicati ai margini delle colate del 1928, 1971 e 1979 sul lato orientale dell'Etna, al fine di tarare il metodo dendrocronologico come metodo di datazione delle colate laviche, di valutare l'influenza di una colata lavica sull'accrescimento annuale delle specie esaminate, di stimare l'entità del danno subito dalla vegetazione arborea, di valutare il tempo per cui perdura una riduzione di crescita ed infine di riconoscere eventuali relazioni tra risposta della vegetazione e distanza dalla colata.

Dall'analisi dei risultati relativi alla colata del 1971 si osserva come gli alberi cresciuti da 0 a 5 m di distanza dalla colata vengano visibilmente danneggiati dal contatto diretto con la lava incandescente o dagli incendi ad essa associati, riportando tracce di ampie bruciature sul tronco e sui rami e spesso anche una cicatrice molto evidente nella sequenza degli anelli di accrescimento, in corrispondenza del 1971. Anche quando il danno è superficiale e limitato alla corteccia è comunque presente una netta riduzione di crescita in corrispondenza dell'anno dell'eruzione. Oltre i 5 m di distanza dalla colata non sono più visibili cicatrici nei campioni ed anche la percentuale di alberi con bruciature sulla corteccia del tronco o dei rami diminuisce progressivamente. La riduzione dello spessore degli anelli annuali negli alberi non visibilmente danneggiati permane sino ad una distanza di 100 m, talora 500 m, dal margine della colata. Gli alberi ubicati sul versante settentrionale della colata risultano maggiormente danneggiati rispetto a quelli del versante meridionale.

Negli alberi che presentano cicatrici sul campione, la ripresa regolare della produzione di legno si verifica circa 7 anni dopo l'eruzione, in quelli non danneggiati ma vicini alla colata avviene circa 3 anni dopo; infine in quelli più lontani la riduzione di crescita è di solito limitata al solo anno in cui si è verificata l'eruzione. Risultati concordanti, sebbene meno evidenti, sono stati ottenuti anche per le colate del 1928 e 1979.

TERMINI CHIAVE: Dendrogeomorfologia, Eruzioni vulcaniche, M. Etna.

INTRODUZIONE

Lo scopo di questo lavoro è quello di tarare il metodo dendrocronologico per la datazione delle colate laviche effusive; è stato pertanto effettuato uno studio in aree ricche di documentazione storica così da poter poi applicare la medesima tecnica in aree vulcaniche caratterizzate da eruzioni storiche recenti non datate.

(*) Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università degli Studi di Milano.

(**) Via Marziale n. 6, Parma.

Lavoro svolto con il contributo C.N.R., Progetto strategico «Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno» e con il contributo CEE progetto SEAVOLC (Responsabile Prof. G. Pasquarello).

Si ringraziano i Proff. S. Belloni, G. Orombelli e il Dott. A. Tibaldi per la lettura critica del lavoro. Si ringraziano anche il Gruppo Nazionale Vulcanologia di Catania, nella persona di M. Neri. Il lavoro di ricerca è stato svolto dai due autori in collaborazione; per quanto riguarda la stesura del testo S. Gorza ha scritto i paragrafi 1, 2 e l'introduzione; M. Pelfini ha scritto il paragrafo 3 e le conclusioni.

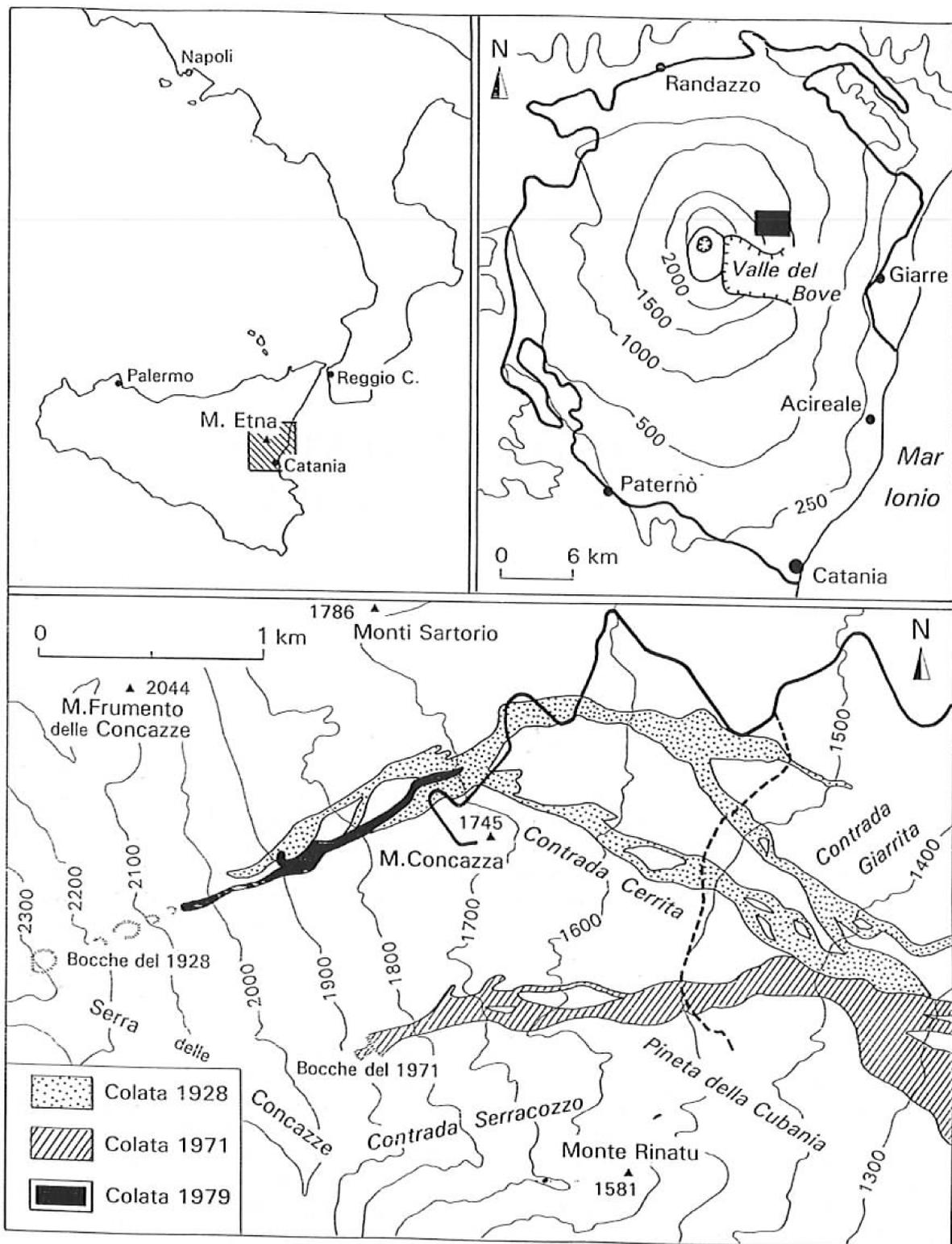


FIG. 1 - Area studiata: le tre colate considerate (1928, 1971, 1979) sono ubicate sul versante orientale del M. Etna, a N della Valle del Bove.

FIG. 1 - The studied area: the three lava flows (1928, 1971, 1979) are located on the eastern slope of M. Etna, to the N of Bove Valley.

Come è noto, alle nostre latitudini, gli alberi producono ogni anno un anello di accrescimento, formato da legno primaticcio e da legno tardivo, la cui larghezza è influenzata anche dalle condizioni climatiche ed ambientali. Repentini mutamenti di tali condizioni vengono registrati dagli alberi che formano, di conseguenza, anelli particolarmente stretti (o particolarmente larghi). Attraverso il riconoscimento di questi anelli caratteristici, o di particolari sequenze di anelli, è possibile identificare e datare gli eventi che hanno direttamente o indirettamente interessato una data area vegetata. Anche le eruzioni vulcaniche possono essere datate mediante l'identificazione di sequenze di anelli caratteristici (SCHWEINGRUBER, 1988). Si è cercato, in questo lavoro, di valutare l'influenza di una colata lavica effusiva sull'accrescimento annuale del *Pinus laricio* Poir. e della *Betula aetnensis* L. È stata posta particolare attenzione alla valutazione dell'entità del danno provocato dal contatto diretto della lava incandescente sui tronchi, della durata del danno (cioè del periodo in cui si osserva una riduzione di crescita) e del tempo necessario perché l'albero possa formare anelli annuali di

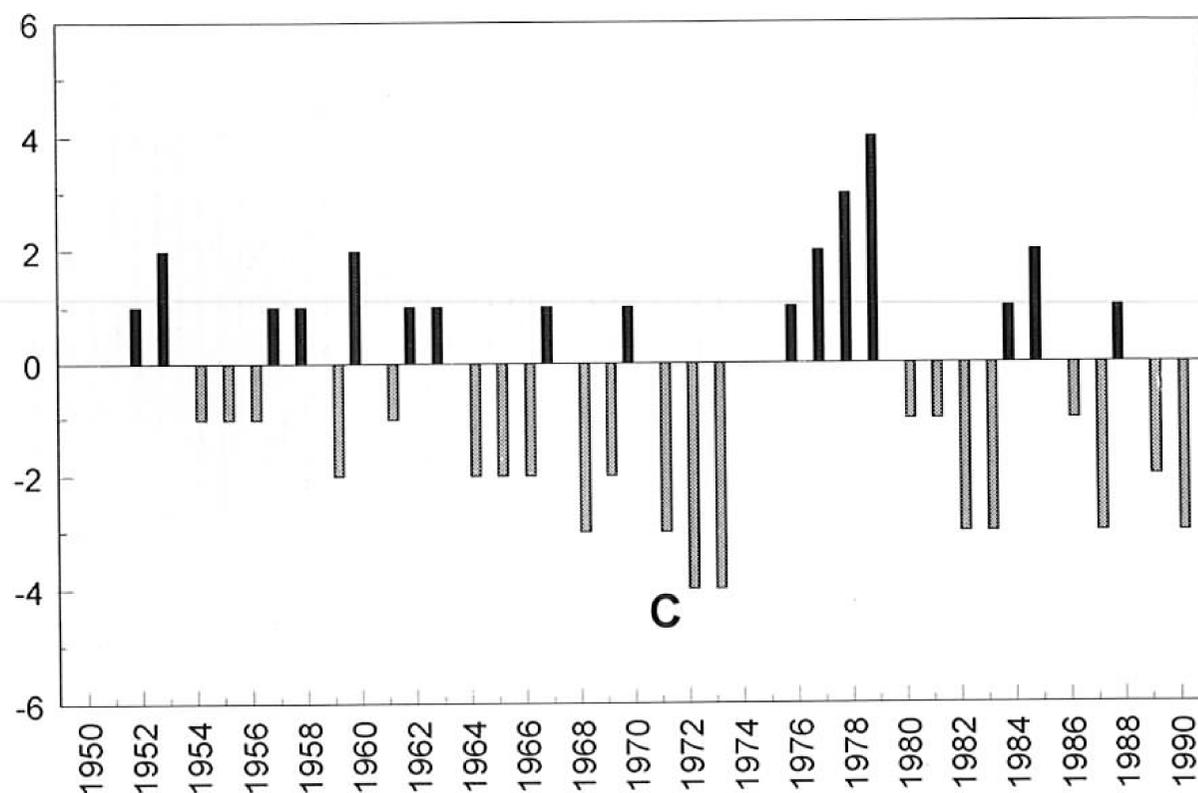
spessore analogo a quello prodotto prima dell'evento; si è cercato inoltre di riconoscere eventuali relazioni tra la risposta della vegetazione e la distanza dalla colata lavica.

Le ricerche dendrocronologiche in ambiente vulcanico concernono principalmente le eruzioni di tipo esplosivo, che immettono nell'atmosfera grandi quantità di ceneri (KAISER & KAISER, 1987; YAMAGUCHI, 1983; LA MARCHE & HIRSCHBOECK, 1984). Le ceneri vulcaniche, depositandosi sulle foglie, possono inibire la fotosintesi, soprattutto nelle regioni aride, dove raramente la pioggia può dilavare lo strato di ceneri accumulatosi. Inoltre, se la quantità di ceneri riversata nell'atmosfera è molto elevata, ne può derivare un raffreddamento climatico (SCHWEINGRUBER, 1988). In entrambi i casi è possibile osservare una riduzione dello spessore degli anelli di accrescimento in corrispondenza dell'anno dell'eruzione ed eventualmente di quelli seguenti.

Questo lavoro si propone invece come un contributo alle ricerche dendrocronologiche in ambiente vulcanico caratterizzato da attività non esplosiva.

FIG. 2 - Un esempio di *skeleton plot* realizzato per un campione di Pino laricio prelevato da un albero ubicato al margine della colata 1971 lato settentrionale. La lettera c indica la presenza della cicatrice.

FIG. 2 - An example of skeleton plot from a sample collected near the 1971 lava flow (north side) c indicates a scar on the sample.



1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO, CLIMATICO E VEGETAZIONALE

L'Etna (3330 m) è caratterizzato, in epoca storica, da un'attività prevalentemente effusiva e, secondariamente, da una debole attività stromboliana, che si manifesta principalmente con l'emissione del «pennacchio» di fumo dal Cratere Centrale.

L'area oggetto di studio è ubicata sul lato orientale del vulcano circa 5,5 km a NO del paese di Fornazzo (824 m s.l.m.); è delimitata a Nord dai Monti Sartorio e dal Monte Frumento delle Concazze, a S da Serra delle Concazze e dal Monte Rinatu (fig. 1). La zona dove sono stati effettuati i campionamenti è ubicata tra le quote 1400 m e 2000 m; comprende parte della colata lavica del 1928 a N, del 1971 a S e la colata del 1979. La colata del 1928 si estende dalle «Bocche del 1928» (2300 m) fino a quota 1000 m nei pressi di Magazzeni; a quota 1426 m confluisce con la colata del 1971. Quest'ultima, orientata all'incirca O-E nel tratto studiato, si estende da quota 1840 m (Bocche del 1971) a quota 600 m, nelle vicinanze del paese di Fornazzo. Infine la colata del 1979, fuoriuscita dalle «Bocche del 1928», è sovrapposta alla colata del 1928 fino a quota 1695 m. Le tre colate, ed il materiale piroclastico ad esse associato, classificate come «colate laviche e piroclastiti del XX secolo, fino al 1974» (ROMANO & *alii*, 1979) sono sovrapposte ai prodotti vulcanici dei centri eruttivi del Mongibello Antico e, in particolare, dei centri dell'Ellittico (ROMANO, 1982; LENTINI in ROMANO, 1982).

Per quanto riguarda le caratteristiche climatiche, l'area etnea si inserisce nel quadro del clima mediterraneo tipico della Sicilia. Tuttavia, a causa della posizione e dell'altezza del vulcano, il clima che ne deriva è di tipo mediterraneo sulla costa, mentre sui fianchi viene modificato per effetto dell'altitudine e dell'esposizione (DURBIN, 1981 in CHESTER, 1985). Quest'ultima fa sì che nelle stazioni poste ad E e SE la temperatura media annua sia inferiore a quella misurata alle stazioni di pari quota ubicate sul versante oc-

cidentale del M. Etna. In tutta l'area Etnea i mesi più caldi sono Luglio ed Agosto mentre il mese più freddo risulta essere Gennaio. Per quanto riguarda il versante orientale la temperatura media annua calcolata su nove stazioni è di circa 14°C, valore che corrisponde a quello proprio dell'altitudine 687 m s.l.m. Tale valore scende a circa 7,4°C intorno a quota 1900 m (FERRARA, 1975). Alla stazione di Zafferana Etnea (590 m) le temperature medie annue sono comprese tra un minimo di 13,9°C ed un massimo di 17,3°C, considerando l'intervallo 1957-1986 (GORZA, 1993).

Per quanto riguarda le precipitazioni, l'area etnea è caratterizzata da precipitazioni piuttosto abbondanti, concentrate nel semestre Ottobre-Marzo, connesse all'altitudine del rilievo, responsabile di fenomeni di condensazione, rannuvolamento e precipitazioni orografiche. I versanti orientale e sud-orientale risultano essere più piovosi poiché soggetti quasi sempre alla presenza di nubi formatesi per l'attività stromboliana persistente del Cratere Centrale (CHESTER & *alii*, 1985). Nel settore orientale le precipitazioni medie annue ammontano a circa 1300 mm tra i 500 e i 600 m di quota; esiste un gradiente pluviometrico positivo dal livello del mare sino ad una certa quota (circa 600 m sul versante orientale) e quindi negativo con l'aumento dell'altitudine (FERRARA, 1975). Le precipitazioni medie annue che interessano l'intero apparato vulcanico sono pari a circa 800 mm (OGNIBEN, 1966).

Alla stazione di Zafferana Etnea, nell'intervallo 1957-1986, le precipitazioni totali annue hanno raggiunto un minimo di 565,2 mm (1981) ed un massimo di 2174 mm (1976) (GORZA, 1993).

Alle quote più elevate le precipitazioni sono a carattere nevoso; il manto nevoso può raggiungere, intorno ai 2000 m, 1-2 m di altezza, sebbene la sua permanenza possa essere discontinua durante la stagione invernale (NERI & *alii*, in stampa).

Nella regione etnea i venti dominanti spirano da O e da NO e sono più forti verso la cima del vulcano, non protetta dalla barriera costituita dalle montagne settentrionali;

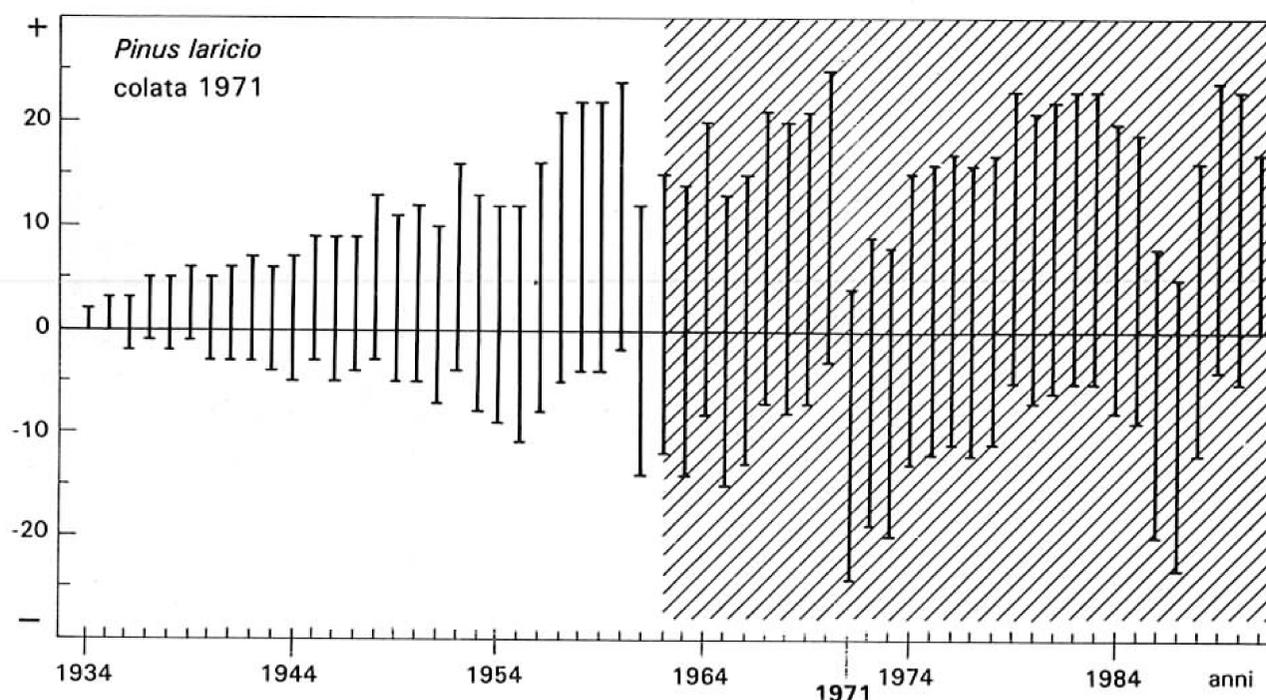


Fig. 3 - Skeleton-plot riassuntivo relativo agli alberi del Gruppo 1, lato settentrionale. La porzione tratteggiata del grafico rappresenta il 100% dei campioni. (Gli alberi hanno infatti età diversa; pertanto per i tempi via via meno recenti è disponibile un numero decrescente di campioni). Dal grafico si evince come dal 1971 al 1973 compreso, sia presente una brusca diminuzione nello spessore degli anelli per la maggior parte dei campioni (nel 1971, l'86% degli alberi mostra un calo di crescita; nel 1972, il 68%). La crescita riprende a partire dal 1974. Alcuni individui tuttavia (14%), non mostrano alcun calo di crescita in quanto «protetti», in direzione della colata, da altri alberi o da particolari morfologici.

Fig. 3 - This skeleton plot summarises the effect of lava flow on trees belonging to the Group 1 (S margin). The 100% of the sample is represented after 1962 (the trees in fact has different ages; so in less recent times a decreasing number of samples is available). In the period 1971-1973 a ring width dramatic reduction is observable for the majority of the samples (in 1971 86% of the trees show a growth reduction). The growth start again in 1974. Moreover some trees (14%) don't show any growth reduction because they are «protected», by other trees or morphological reliefs. In 1972 the 68% of the trees still show a growth reduction.

la loro azione esercitata sulla nube di vapore associata al pennacchio rappresenta un fattore microclimatico importante sul versante sottovento del vulcano (CHESTER & alii, 1985), dove si manifesta la tipica nube detta «Contessa da vento».

Dal punto di vista vegetazionale il versante orientale del vulcano è caratterizzato in particolar modo dalle boscaglie di betulla dell'Etna spesso frammiste al faggio o al pino, dalla presenza della «Cerrita», bosco a *Quercus cerris*, e dalla Pineta della Cubania, dominata dalla presenza del Pino laricio (POLI & alii, 1983; POLI MARCHESE, 1987).

Per questo lavoro sono state prese in considerazione le specie *Pinus laricio*, la cui distribuzione altimetrica è compresa tra 1300 e 2000 m (GIACOBBE, 1937) e di *Betula aetnensis*, che si spinge fino alle quote più elevate, raggiungendo il limite superiore della vegetazione forestale. I campioni sono stati prelevati tra le quote 1450 ed il limite superiore della vegetazione arborea, lungo cioè l'intera area esaminata, al fine di poter valutare l'azione della lava sugli anelli annuali.

Il *Pinus laricio* Poir., albero che può vivere fino a 3-4 secoli, sull'Etna raggiunge al massimo i 20-25 m di altezza; presenta fusto sottile e slanciato, con rami relativamente corti, e tendenti verso l'alto. La corteccia è caratterizzata da profonde screpolature longitudinali che con l'età aumentano di profondità. Il sistema radicale è molto robusto e potente; è costituito da un fittone dal quale si dipartono le radici laterali che possono raggiungere, in tarda età, anche parecchi metri di lunghezza. È un albero molto resistente alle condizioni meteorologiche avverse ed agli incen-

di, grazie alla grossa e robusta corteccia che protegge il tronco (GIACOBBE, 1937). La *Betula aetnensis*, specie poco longeva, raggiunge i 25 m di altezza, con tronco eretto; è una specie eliofila ed igrofila; predilige i terreni leggeri e sabbiosi e si insedia, quale specie pioniera, nelle radure e nei terreni denudati (FENAROLI, 1967).

2. METODOLOGIA DI LAVORO

È stato eseguito un rilevamento dendrocronologico ai margini delle colate scegliendo i campioni in tre distinte zone: a circa 5 m di distanza, tra 5 e 10 m ed oltre i 10 m; la posizione di ogni individuo è stata riportata sull'ingrandimento 1:5000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Sicilia a scala 1:10000, sezione 625010 Pizzi Deneri. Trattandosi di una ricerca dendrogeomorfologica, i campioni sono stati prelevati lungo tutto il margine delle tre colate, all'interno dell'area studiata, e non solo al limite della fascia altimetrica come si è invece soliti fare per studi dendroclimatici. Da ogni albero selezionato, sono state estratte una o più carote mediante un carotiere a mano (succhiello di Pressler), sigillando successivamente i fori di apertura mediante apposito mastice per innesti. In laboratorio le carote estratte sono state incollate su supporti in legno con scanalatura centrale; quindi sono state levigate e talora colorate in superficie, per evidenziare la sequenza degli anelli annuali. Per ogni campione è stato quindi realizzato un grafico chiamato «skeleton-plot» (SCHWEINGRUBER,

FIG. 4 - Porzione della colata lavica del 1971. In alto è visibile una dagala di modeste dimensioni.

FIG. 4 - The 1971 lava flow, a small area entirely surrounded by lava («dagala») can be observed.



1988), che consente di rappresentare le principali variazioni di crescita, cioè aumenti o diminuzioni particolarmente evidenti dello spessore dell'anello annuale. Per realizzare tale grafico, che riporta sull'asse delle x gli anni e sull'asse delle y l'entità della variazione (fig. 2), lo spessore di ogni anello viene confrontato visivamente con quello immediatamente precedente. Quando si osserva una variazione nella crescita si traccia, in corrispondenza dell'anno esaminato, un segmento di lunghezza variabile, da 1 a 4 unità, a seconda che la variazione sia lieve, moderata, forte o fortissima. Questi segmenti sono diretti verso l'alto in caso di incrementi di spessore, verso il basso in caso di riduzione. Il confronto può essere operato anziché rispetto all'anello precedente, rispetto ad un intervallo costituito da un numero variabile di anelli, scelti opportunamente, di larghezza relativamente uniforme. Pur trattandosi di un metodo soggettivo, lo «*skeleton-plot*» consente di mettere in luce e datare cambiamenti repentini ben definiti. Per ogni campione è stato misurato anche lo spessore dei singoli anelli di crescita mediante l'apparecchio di Aniol, uno strumento di misura collegato ad un personal computer che permette di registrare le misure effettuate e di disegnare direttamente la curva di crescita corrispondente (curva dendrocronologica); quest'ultima mette in relazione lo spessore degli anelli al tempo. Anche l'andamento della curva evidenzia, attraverso la presenza di picchi positivi o negativi, i periodi di crescita rispettivamente favorevoli o sfavorevoli. I campioni relativi ad ogni colata sono stati poi suddivisi in quattro gruppi in funzione della loro ubicazione (gruppo 1: alberi tra 0 e 5 m di distanza dalla lava; gruppo 2: alberi tra 5 e 10 m; gruppo 3: alberi oltre 10 m; gruppo 4: alberi presenti nelle dagale, cioè in quelle aree vegetate, interamente circondate dalla lava che, con il suo flusso, le ha isolate dal resto del bosco. Come dagale sono state considerate solo le due «isole» di vegetazione minori rispettivamente a quota 1630-1690 m (3 campioni) e 1450 m (1 campione). Per ogni gruppo è stato quindi costruito lo «*skeleton-plot*» riassuntivo (fig. 3), che riporta in ascissa gli anni ed in ordinata il numero di alberi che presentano rapide riduzioni

(segmenti verso il basso) o incrementi (segmenti verso l'alto) dello spessore degli anelli annuali. Questi grafici consentono di evidenziare eventuali «picchi» cioè intervalli di tempo o singoli anni in cui un'elevata percentuale di individui presenta la stessa variazione di crescita e quindi segnala un evento comune che ha condizionato la produzione annuale di legno. I singoli anni caratteristici e gli intervalli caratteristici osservabili nei campioni vengono definiti «anni indice» e «intervalli indice» (SCHWEINGRUBER, 1988). Per ogni gruppo è stata infine realizzata la curva dendrocronologica media, che ne mostra l'andamento generale della crescita. Gli «*skeleton-plot*» e le curve medie sono stati utilizzati per analizzare la risposta degli alberi alle variazioni ambientali.

3. RISULTATI

3.1 LA COLATA LAVICA DEL 1971 (*PINUS LARICIO*)

Lungo il margine della colata lavica del 1971 (fig. 4), sono stati campionati 117 esemplari di *Pinus laricio* (74 per il lato settentrionale e 43 per il lato meridionale) distanti dalla colata da 0 m a 500 m; inoltre sono stati carotati altri 4 individui completamente circondati, ma risparmiati, dalla colata. Sono stati anche campionati 9 esemplari di *Betula aetnensis*.

Gruppo 1: alberi tra 0 m e 5 m di distanza dalla lava

Sono stati campionati 28 individui di *Pinus laricio*, sul lato settentrionale e 17 sul lato meridionale.

Sul terreno si possono osservare situazioni differenti: in alcuni casi gli alberi sono stati direttamente colpiti dalla lava (fig. 5) che ne ha danneggiato in modo evidente il tronco; in altri casi si osservano solo accumuli di scorie alla base del tronco. In altri ancora non vi sono blocchi di lava a diretto contatto degli alberi ma sono presenti sia sul tronco sia, a volte, sulla porzione inferiore dei rami, evidenti



FIG. 5 - Albero direttamente colpito dalla lava. Nonostante la lava abbia danneggiato in modo evidente il tronco, penetrando al suo interno, l'albero attualmente cresce ancora rigoglioso.

FIG. 5 - A tree directly reached by lava and severely damaged but still growing.



FIG. 6 - Esempio di albero non direttamente colpito dalla lava ma danneggiato dal fuoco. È visibile una profonda ferita, prodotta con tutta probabilità dagli incendi che si sviluppano a causa del calore prodotto dalla lava incandescente.

FIG. 6 - An example of a tree not reached by lava but damaged by the fire. A deep wound is observable on the trunk.

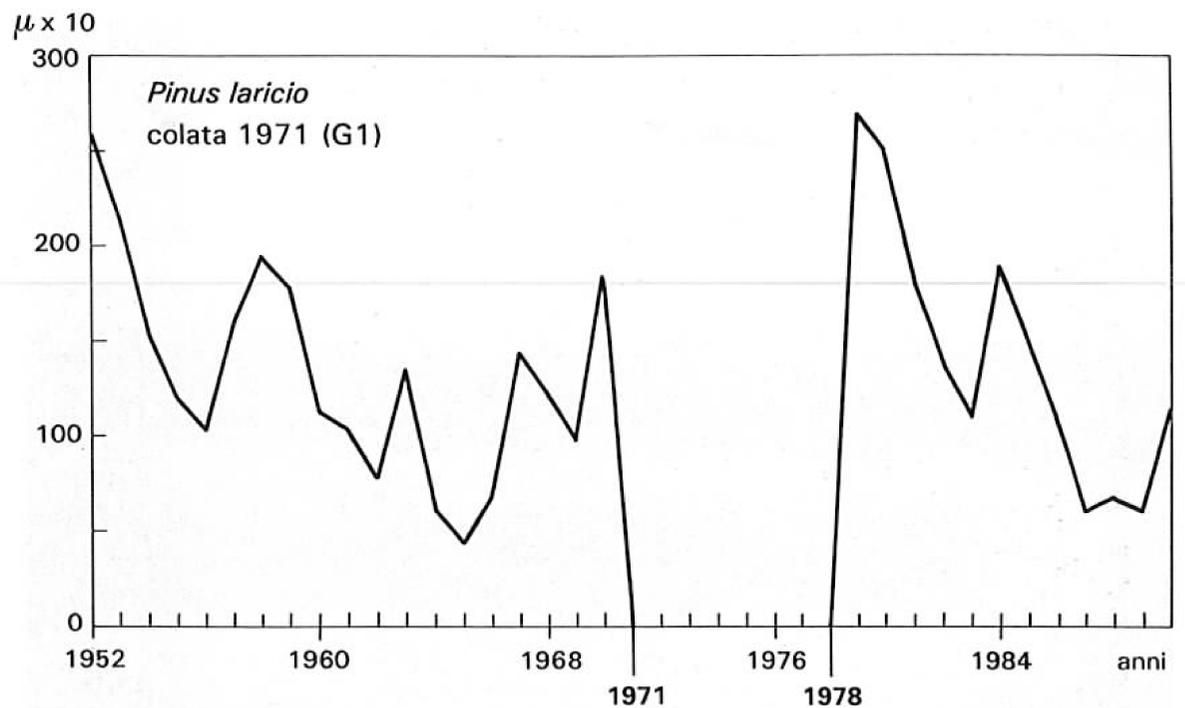
cicatrici (fig. 6). Gli alberi che hanno subito i danni maggiori, presentano cicatrici anche sulla carota (fig. 7 e 8a). Situazioni di questo tipo sono osservabili qualora i campioni vengano prelevati dal settore di tronco rivolto verso la colata, obliquamente rispetto alla ferita. Qualora vengano prelevati dalla parte opposta del tronco è più probabile osservare una marcata riduzione di crescita negli anni successivi all'eruzione. Gli alberi meno danneggiati, senza evidenti modificazioni esterne, presentano comunque marcate riduzioni nello spessore degli anelli di accrescimento annuale (fig. 9 e 8b) in corrispondenza dell'anno 1971 e successivi. Tutti gli alberi dunque hanno registrato in modo evidentissimo l'evento vulcanico, spesso mediante una drastica riduzione dello spessore degli anelli di accrescimento, e, a volte, attraverso la mancanza stessa degli anelli annuali.

Nel dettaglio per quanto riguarda il *lato settentrionale*, dall'analisi dei singoli «skeleton-plot», dello «skeleton-plot» riassuntivo (fig. 3) e delle singole curve dendrocronologiche, si osserva come gli alberi appartenenti al gruppo 1 presentino nell'86% dei casi una riduzione di crescita in corrispondenza dell'anno dell'eruzione e primi anni se-

guenti. Gli stessi alberi nel 22% dei casi presentano ampie bruciature sulla corteccia esterna del tronco, a circa 1-2 m di altezza dal suolo, ed una cicatrice sulla carota: si tratta prevalentemente di alberi colpiti direttamente dalla lava. La metà dei campioni che presentano la cicatrice sono caratterizzati dalla presenza di un alone scuro che si protrae indietro per circa 10 anelli; la cicatrice sulla carota è presente a volte solo nel campione prelevato nel settore di tronco rivolto verso la colata; nei campioni estratti a 90° dai precedenti, cioè parallelamente alla direzione della colata, sia verso monte che verso valle, la cicatrice infatti spesso non è visibile, sebbene si possa osservare, nella maggior parte dei casi, una notevole riduzione dello spessore degli anelli di crescita. Molte volte in corrispondenza della cicatrice mancano alcuni anelli annuali; tale assenza è riscontrabile, sebbene in maniera minore, anche dalla parte opposta del tronco, dove può mancare solo l'anello del 1971 o ancora, quest'ultimo può essere estremamente sottile. Molti alberi (57% di quelli danneggiati), pur trovandosi al margine della colata presentano bruciature superficiali sulla parte esterna della corteccia ma nessuna cicatrice nella sequenza degli anelli annuali, probabilmente grazie

FIG. 7 - Porzione della curva di accrescimento (dal 1952 al 1990) di un solo campione prelevato da un albero visibilmente danneggiato dal contatto con la lava, ubicato al margine della colata. In corrispondenza del 1971 è visibile l'interruzione della crescita. Sul campione è presente una cicatrice (foto 8a). La ferita viene rimarginata nel 1978.

FIG. 7 - A portion of the dendrochronological curve (1952-1990) from a tree damaged by the lava. The tree was located very close to the lava margin. A growth interruption corresponds to 1971. A scar can be observed on the sample (photo 8a). The wound has been healed in 1978.



allo spessore della corteccia che ha limitato il danno causato dal fuoco. Il 7% degli alberi danneggiati, pur essendo stati colpiti dalla lava, non mostrano bruciature sulla corteccia esterna. È probabile che questi alberi siano stati colpiti da blocchi di lava consolidati e già freddi in superficie, in grado comunque di provocare danni meccanici al tronco, a cui ha fatto seguito la mancata produzione degli anelli negli anni 1972-1973. Gli alberi più danneggiati riprendono a crescere producendo anelli di spessore simile a quelli precedenti l'eruzione, nel 1978; quelli caratterizzati dalla presenza di una cicatrice, nel 1976; quelli senza cicatrice nel 1975 e nel 1974. Anche nella curva dendrocronologica relativa al gruppo 1 — lato settentrionale si osserva, in corrispondenza del 1971, una brusca riduzione dello spessore degli anelli, a cui fa seguito una lenta ripresa fino al 1980 (fig. 10).

Per quanto riguarda il *lato meridionale*, i danni dovuti all'eruzione interessano il 76% degli alberi. Tra questi però solo l'11% presenta un'evidente bruciatura dovuta al fuoco sul tronco, a cui corrisponde la cicatrice sulla carota. L'effetto del danno si estende anche fino al 1978 compreso, cioè mancano 8 anelli di crescita in corrispondenza della cicatrice. Il rimanente 65% degli alberi danneggiati presenta bruciature esterne a cui tuttavia non corrispondono cicatrici sulle carote. Anche gli alberi privi di bruciature ma caratterizzati da chiome danneggiate, mostrano generalmente una riduzione di crescita per il 1971, che si estende talora fino al 1973.

Ne deriva che anche se l'albero non ha subito danni diretti, l'evento è stato comunque registrato attraverso una minor produzione annuale di legno. La ripresa della crescita avviene per tutti gli alberi negli anni 1973-1974, in modo evidente e rapido. Anche la curva media (fig. 11) relativa al lato meridionale, conferma come esista un picco negativo nel 1971 che si mantiene anche nel 1972-1973 mentre la crescita riprende in modo netto nel 1974.

Gruppo 2: alberi tra 5 m e 10 m di distanza dalla colata

In questo gruppo sono stati analizzati 18 campioni prelevati sul lato settentrionale della colata e 7 su quello meridionale.

Per quanto riguarda il *lato settentrionale*, la riduzione di crescita del 1971 è osservabile complessivamente nell'89% dei casi (il 61% mostra una brusca riduzione mentre il 28% un calo modesto) mentre l'11% non mostra alcun calo. Le carote estratte non presentano cicatrici da fuoco sul campione, anche se il 17% degli alberi ubicati a 6-8 m dalla lava mostra bruciature sul tronco, probabilmente superficiali, dalla parte rivolta verso la colata, dovute probabilmente agli incendi connessi al calore prodotto dalla lava incandescente. Si osserva comunque una crescita molto ridotta, in corrispondenza del 1971, che si protrae talora fino al 1975.

Gli alberi caratterizzati dall'aver il tronco annerito dal fuoco senza vere e proprie bruciature e quelli privi di danni esterni si trovano a 8-10m di distanza dalla colata; i campioni corrispondenti non mostrano evidenti riduzioni dell'anello corrispondente al 1971. Anche in questo caso si osserva come, allontanandosi dalla colata principale, l'entità del danno diminuisca rapidamente. La ripresa della crescita avviene mediamente nel 1973; è tuttavia più lenta (1976), come è ovvio pensare, negli alberi visibilmente danneggiati dal fuoco.

Per quanto concerne il *lato meridionale* nessun albero mostra evidenti e marcate bruciature sul tronco dovute al fuoco e spesso non si osserva alcuna riduzione di crescita. Gli spessori degli anelli annuali tornano a valori simili a quelli precedenti l'anno dell'eruzione nel 1974, tre anni dopo l'evento.

Gruppo 3: alberi a distanza maggiore di 10 m dalla colata

In questo gruppo sono stati analizzati 28 campioni per il lato settentrionale e 19 per quello meridionale.

Su nessun campione del *lato settentrionale* sono state osservate cicatrici anche se il 3% degli alberi possiede bruciature dovute al fuoco sul tronco e il 7% ha la corteccia annerita dal fuoco. Gli alberi danneggiati esternamente si trovano ad una distanza relativamente vicina alla colata principale (10-15 m) e a circa 20 m dalla lingua di lava che si stacca dalla colata principale a 1660 m di quota e si ri-congiunge alla colata principale a 1530 m di quota.

Negli alberi posti a maggiori distanze dalla lava non so-

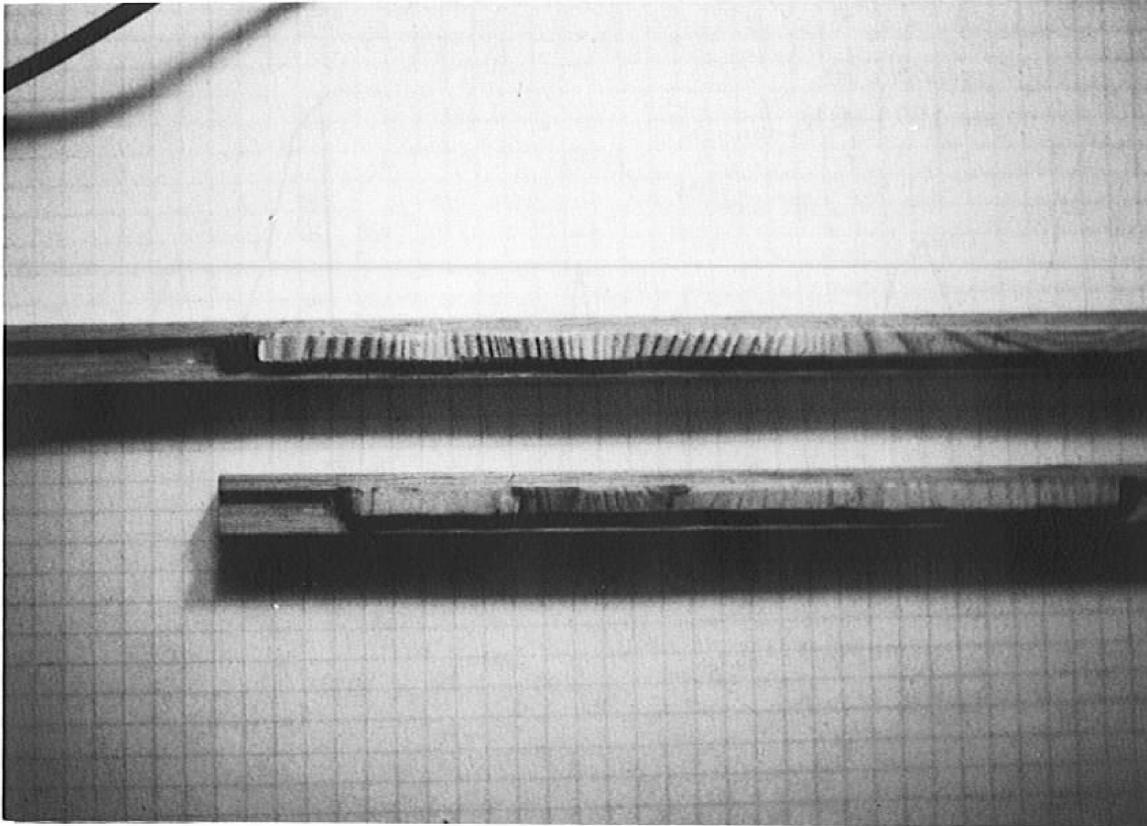


FIG. 8 - Campioni prelevati rispettivamente: a) da un tronco investito dalla lava, in prossimità della ferita (carota in basso nella foto); sono visibili la cicatrice del 1971 e l'alone scuro che si estende indietro per circa 10 anelli. b) da un albero vicino alla colata ma non direttamente colpito dal flusso. Si osserva una marcata riduzione dello spessore degli anelli di accrescimento che inizia nel 1971.

FIG. 8 - The lower core was extracted from a trunk reached by lava, near the wound: the 1971 scar and the dark halo that cover 10 rings is evident. The upper core (b) was obtained from a tree close to the lava flow but not directly affected by the flow. A strong reduction of the ring width started in 1971.

no invece presenti bruciature né cortecce annerite. Quando vi sono tracce di danni da fuoco la crescita risulta ridotta dal 1971 al 1973. I 2/3 degli alberi ubicati a 10-15 m di distanza e privi di bruciature presentano ugualmente una riduzione dell'anello 1971 mentre i rimanenti non hanno registrato l'evento.

Spostandosi a maggiori distanze dalla lava (100-500 m) si nota che l'effetto della colata viene ancora risentito dagli alberi ma in misura sempre meno marcata: infatti in corrispondenza del 1971 c'è un lieve calo di crescita solo per il 50% degli alberi, un calo un poco più evidente nel 33% dei casi mentre non vi alcun segno di danno per il rimanente 17%. Esiste pertanto una rapida attenuazione dell'«effetto lava» sui tronchi degli alberi man mano che ci si allontana dalla colata. La ripresa della crescita avviene mediamente nel 1972 sia negli alberi più vicini che in quelli più lontani dalla lava; mentre quelli danneggiati dal fuoco riprendono a crescere nel 1973.

Per quanto riguarda il *lato meridionale* sono state analizzate 19 carote. Queste non mostrano cicatrici da fuoco in corrispondenza del 1971 e solo due alberi, caratterizzati da modeste bruciature sul tronco, presentano una diminuzione di spessore in corrispondenza del 1971, una notevole crescita nel 1972 seguita da un ulteriore calo nel 1973-1974 ed una nuova ripresa nel 1975. Nessun albero presenta bruciature sulla corteccia: il 54% (distanza 35 m) mostra una riduzione piuttosto evidente nel 1971, il 10% (distanza 57 m) una riduzione lieve, il 31% (distanza 54 m) mostra un calo nel 1971 a cui segue un grande anello in corrispondenza del 1972 e quindi una decisa riduzione nel 1973-1974. La ripresa di crescita avviene mediamente nel 1973.

Gruppo 4: Dagale

Nelle due dagale sono stati prelevati complessivamente 4 campioni: tre alberi mostrano un danno limitato alla corteccia ma nessuno di essi presenta cicatrici da fuoco sulla carota. In corrispondenza del 1971 si osserva tuttavia una

marcata riduzione di crescita che si mantiene anche nel 1972; la ripresa avviene nel 1973 (fig. 12). Poiché questi alberi distano circa 3-4 m dalla colata, è stato fatto un confronto tra la curva media degli alberi cresciuti nella dagala e quella ricavata dai campioni del gruppo 1. In entrambi i gruppi si osserva la grande riduzione di crescita in corrispondenza del 1971; nel 1972 gli alberi della dagala presentano ancora anelli molto sottili mentre al margine della colata già possono mostrare un modesto incremento nello spessore degli anelli.

In fig. 13 è riportata l'ubicazione degli alberi campionati e l'entità del danno subito.

3.2 LA COLATA LAVICA DEL 1971 (BETULA AETNENSIS)

Per quanto riguarda la betulla dell'Etna, sono state estratte 9 carote di cui 4 per il lato settentrionale e 5 per il lato meridionale; queste ultime sono risultate tuttavia più recenti del 1971 e pertanto non utilizzabili. Dei 4 esemplari del lato settentrionale 3 si trovano tra 0 e 5 m di distanza dalla colata lavica (Gruppo 1) e uno a 20 m (Gruppo 3). Nessun campione presenta cicatrici da fuoco ma 3 alberi su 4 hanno invece bruciature sulla corteccia e mostrano un forte calo di crescita nel 1971. L'albero privo di bruciature esterne non mostra alcuna riduzione in corrispondenza del 1971. Il successivo incremento di spessore si verifica mediamente nel 1973.

3.3 LA COLATA LAVICA DEL 1928

Gli alberi al margine della colata lavica del 1928 sono stati campionati tra le quote 1400 m e 1850 m (limite della vegetazione arborea in questa zona). Sono stati campionati 92 alberi appartenenti alla specie *Pinus laricio* ma solo 11 individui risultano essere nati prima del 1928. Dato il basso il numero di esemplari utili, non è stata fatta la distinzione tra i due lati della colata.

FIG. 9 - Porzione di curva dendrocronologica relativa ad un albero privo di danni esterni, distante pochi metri dalla colata lavica. Risulta ancora evidente il picco negativo corrispondente all'anno dell'eruzione ed ai due anni immediatamente successivi.

FIG. 9 - Part of a dendrochronological curve obtained from a tree without external damage. The tree was located few meters far from the lava flow. The minimum in the curve corresponds to the 1971 M. Etna eruption and to the following two years.

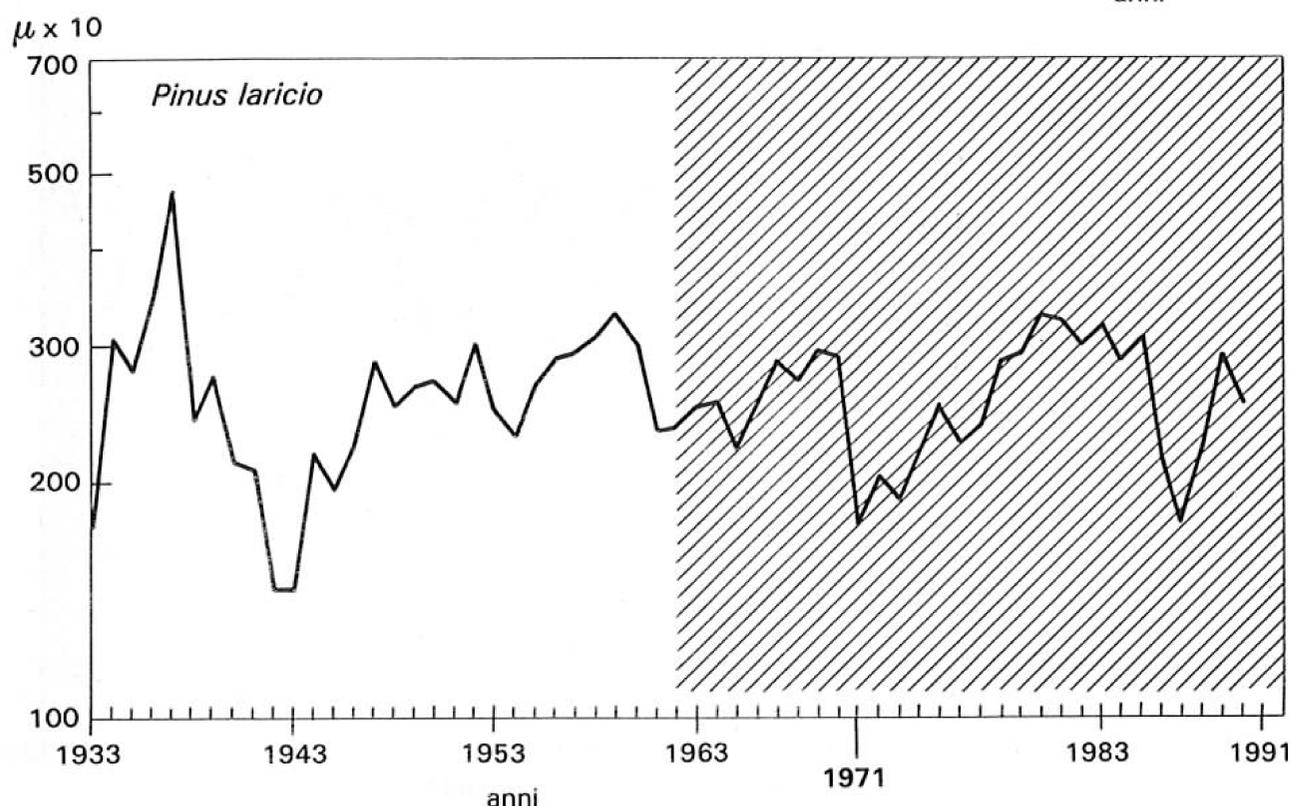
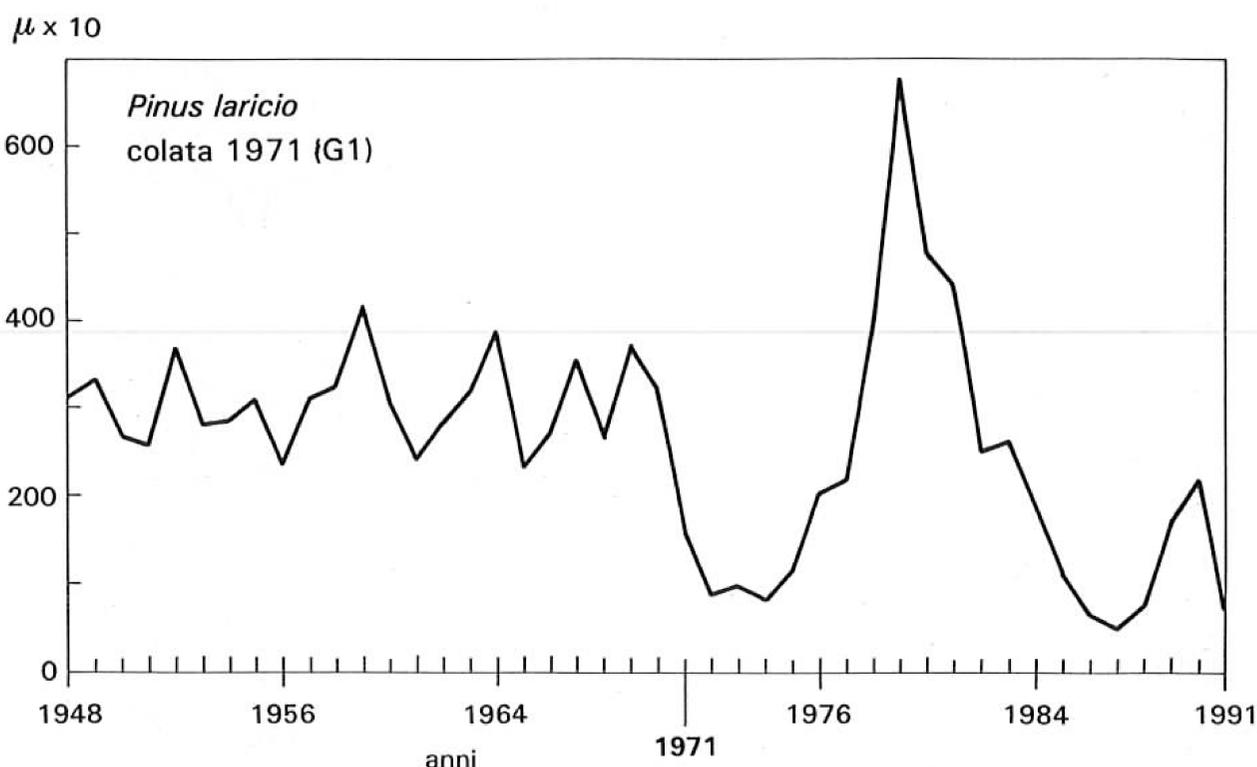


FIG. 10 - Curva dendrocronologica media relativa agli individui di pino laricio campionati sul lato settentrionale della colata del 1971 (gruppo 1). Solo a partire dal 1962 (parte tratteggiata) la curva rappresenta la media del 100% degli alberi campionati. Si può osservare la brusca riduzione dello spessore degli anelli annuali in corrispondenza del 1971 ed il successivo incremento a partire dal 1974. Nella porzione iniziale della curva media i picchi risultano più evidenti a causa del numero di campioni via via decrescente verso sinistra.

FIG. 10 - Dendrochronological mean curve of the samples collected on the northern side of the 1971 lava flow (Group 1). Only since from 1962 the totality of the samples is represented. It is evident the rapid ring width reduction in 1971 and the subsequent increase after 1974. In the first part of the curve the peaks are more evident because the number of samples diminishes to the left.

Per il Gruppo 1 sono stati analizzati 2 campioni. I due alberi corrispondenti non presentano sul tronco bruciature dovute al fuoco né vi sono cicatrici sulle carote; solo l'anello corrispondente al 1928 ha una larghezza inferiore a quella degli anelli adiacenti ma la ripresa della crescita avviene già nel 1929, indicando così un danno molto modesto. Inoltre in quest'area l'eruzione, durata solo due giorni (3-4 Novembre 1928), è avvenuta alla fine del periodo vegetativo del Pino laricio; anche lo spessore della colata è alquanto modesto.

Per il Gruppo 2 è disponibile un solo campione, prelevato da un albero senza danni esterni, che presenta, in corrispondenza del 1928, un modesto calo di crescita. Il nuovo incremento si verifica nel 1929-1930.

Per il Gruppo 3 sono stati analizzati 7 campioni. Nessun albero è stato colpito direttamente dalla lava né dagli incendi connessi.

Nel 1928 il 71% degli alberi mostra un calo di crescita ma tale decremento dello spessore annuale si inserisce in un periodo di crescita difficile, che va dal 1920 al 1932. È pertanto difficile identificare con sicurezza l'evento vulcanico.

3.4 LA COLATA LAVICA DEL 1979

La colata lavica del 1979, sovrapponendosi a quella del 1928, non ha colpito direttamente la vegetazione. L'analisi della colata del 1979 e dei suoi effetti sulla crescita degli alberi, è stata fatta analizzando i campioni prelevati da 21 alberi appartenenti alla specie *Betula aetnensis* in quanto più rappresentati nei pressi della colata. Anche in questo caso, dato l'esiguo numero di esemplari analizzati, non è stata fatta la separazione dei campioni prelevati sui due lati della colata.

Per il Gruppo 1 sono stati considerati 8 campioni. Quasi tutte le carote presentano segni dovuti al fuoco sul tronco o sui rami. Di questi tuttavia solo il 12% è caratterizzato dalla mancanza dell'anello annuale del 1979 e dalla presenza della cicatrice da fuoco; un altro 25% mostra solo un forte calo di crescita in corrispondenza del 1979; il 63% non presenta segni di riduzione di crescita. L'interruzione di crescita nel 1979 è quindi tipica solo degli individui danneggiati direttamente dalla lava o dal fuoco ad essa collegato, mentre

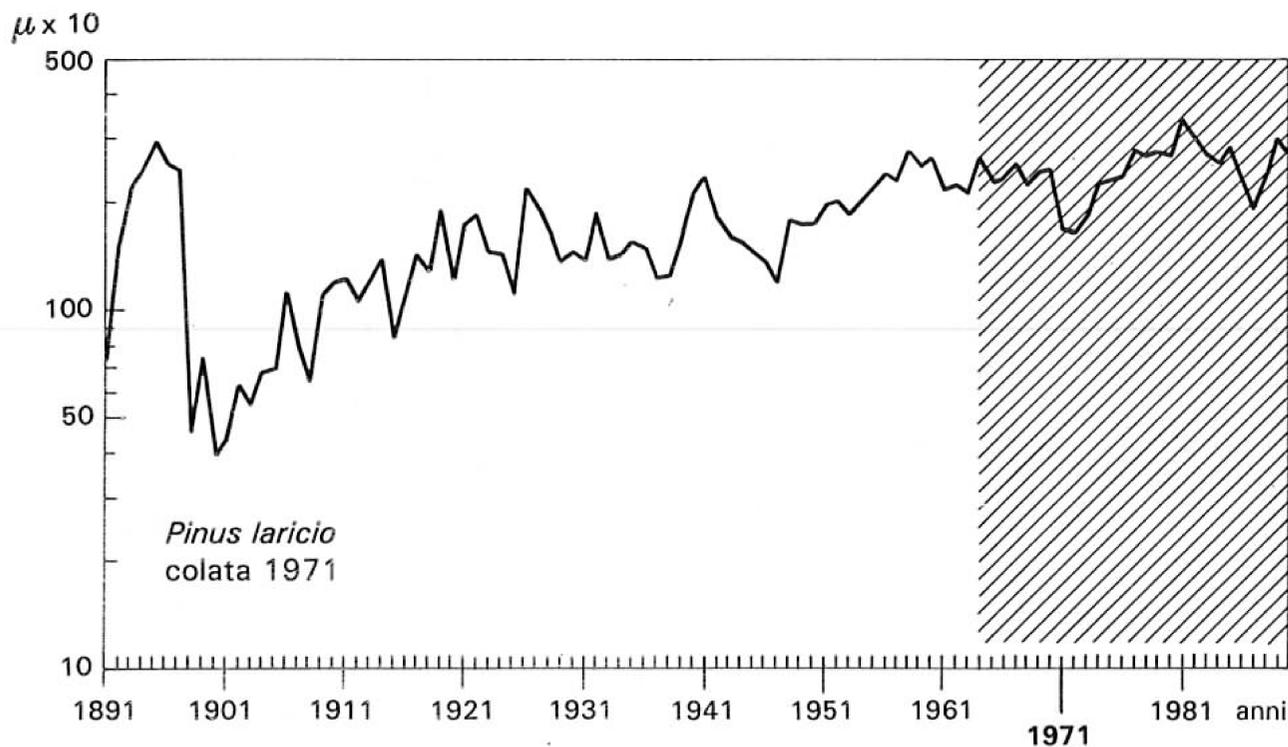
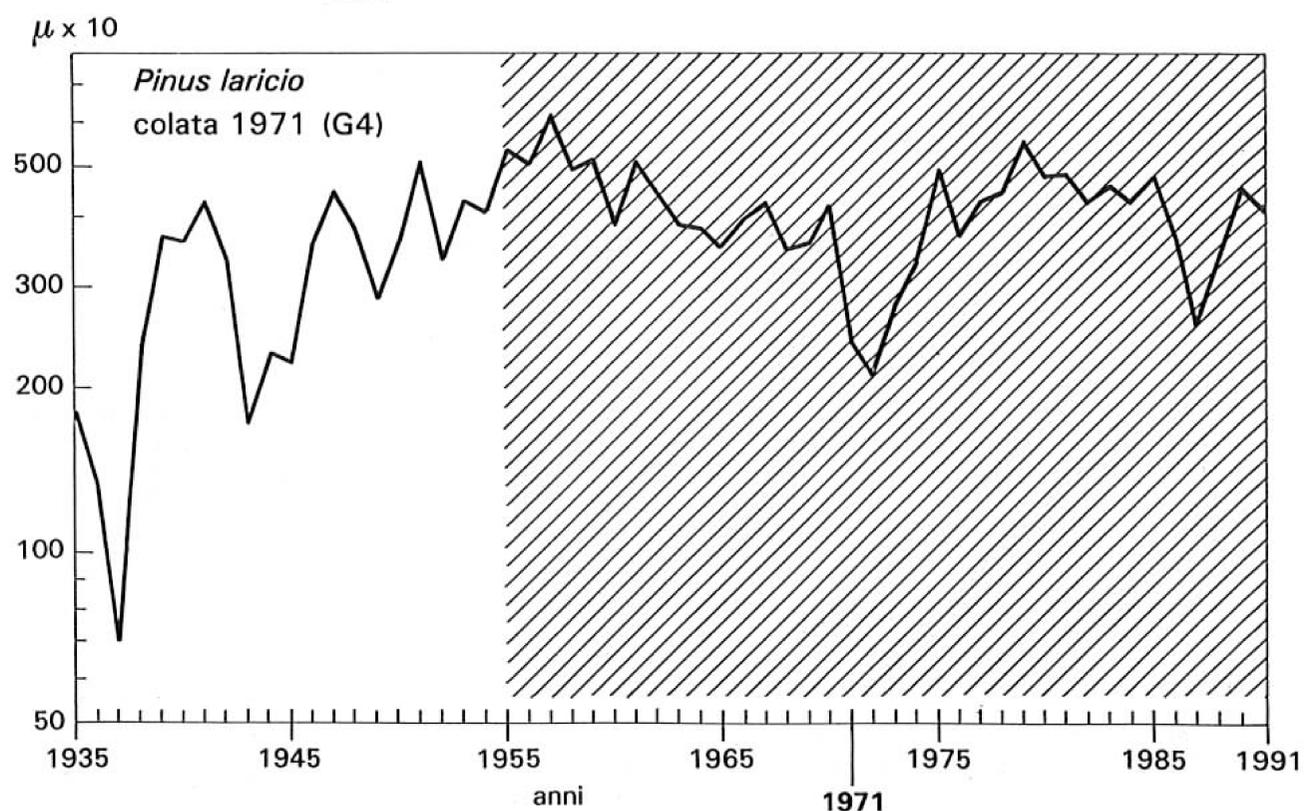


FIG. 11 - Curva dendrocronologica media relativa al pino laricio gruppo 1 lato meridionale. La media si riferisce al 100% dei campioni solo a partire dal 1964. Anche in questo grafico è visibile il picco negativo relativo al 1971.

FIG. 11 - Dendrochronological mean curve for *Pinus laricio* (Group 1 Southern side). The mean is referred to the totality of the samples only for the period 1964-1990. In the curve the 1971 negative peak is evident too.

FIG. 12 - Curva dendrocronologica media relativa agli esemplari di pino laricio ubicati nelle dagale della colata 1971. Il 100% dei campioni è rappresentato a partire dal 1955. Anche per gli alberi delle dagale si osserva una marcata riduzione di crescita in corrispondenza del 1971; il 1972 è ancora un anno critico; la ripresa della crescita si ha a partire dal 1973.

FIG. 12 - Dendrochronological mean curve for trees (*Pinus laricio*) located in small areas surrounded by lava. The totality of the samples is represented since 1955. For these trees also a strong growth reduction correspond to 1971. The 1972 is still a critical year; the new growth increase occurred after 1973.



negli individui senza i segni del contatto con la lava o con il fuoco, non è riscontrabile alcuna riduzione di crescita nel 1979. La ripresa della crescita, per gli alberi con cicatrice da fuoco o con forte riduzione dell'anello, avviene sempre nel 1980.

Per il Gruppo 2 sono stati analizzati due campioni, prelevati da betulle ubicate tra 5 e 10m di distanza dalla colata lavica; queste non presentano mai i segni dovuti al contatto del fuoco sulla corteccia; un solo individuo presenta un anello più stretto in corrispondenza del 1979-80. La ripresa avviene nel 1981.

Per il Gruppo 3 sono stati analizzati 6 campioni. La quasi totalità degli alberi non presenta bruciature sulla corteccia e mostra nel 50% dei casi un calo di crescita nel 1979 ed una ripresa nel 1980, mentre nell'altro 50% non si osserva alcuna riduzione di crescita in corrispondenza del 1979.

Sono stati anche prelevati ed analizzati 5 campioni raccolti in una dagala: solo 2 di essi presentano segni dovuti al contatto con la lava incandescente e una riduzione dello spessore dell'anello 1979, con ripresa regolare della crescita nel 1980.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha consentito di ricavare alcune considerazioni utili per l'utilizzo della dendrocronologia in ambiente vulcanico.

Gli alberi molto vicini alla colata del 1971 (0-5m di distanza) risultano visibilmente danneggiati: spesso sono caratterizzati da ampie bruciature sulla corteccia e da cicatrici da fuoco sulla carota. Gli individui con queste caratteristiche sono più numerosi sul lato settentrionale (21,4%) della colata lavica rispetto al lato meridionale (11%). A volte il danno causato dal fuoco può rimanere limitato alla corteccia; in tal caso i campioni non presentano cicatrici visibili. (14,2% lato settentrionale e 6% lato meridionale). Anche in questi casi è comunque evidente la netta riduzione di crescita caratteristica del 1971. Le cicatrici da fuoco sui campioni del lato settentrionale sono più marcate di quelle degli alberi del lato meridionale. Nel 50% dei casi si osserva anche un alone scuro che si protrae indietro nel tempo per circa 10 anni; tale fenomeno non è invece osservabile per gli esemplari del lato meridionale.

I campioni prelevati dalla parte opposta del tronco, ri-

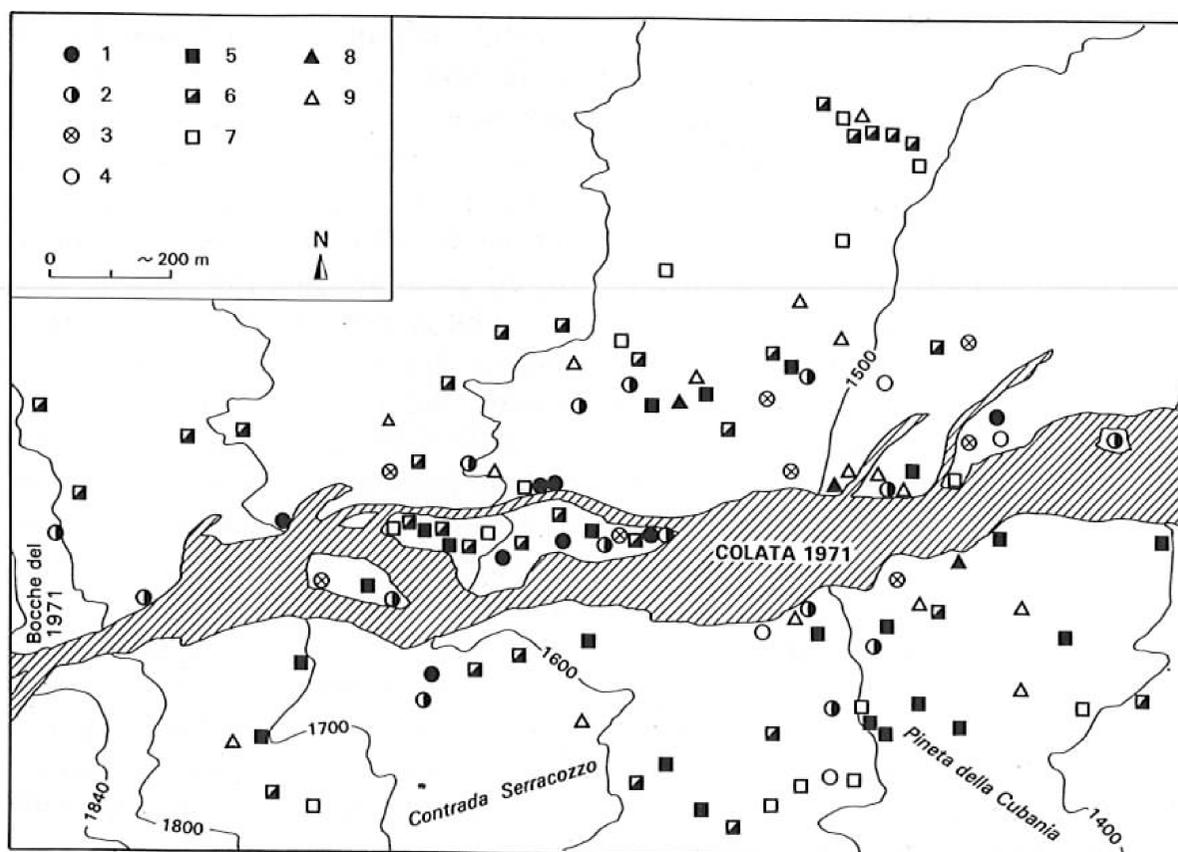


FIG. 13 - Ubicazione degli alberi campionati ai margini della colata del 1971 e rappresentazione schematica del danno subito dagli alberi: 1) Bruciatura sul tronco e cicatrice sulla carota; 2) Bruciatura sul tronco e forte riduzione (o assenza) dell'anello 1971; 3) Bruciatura sul tronco e riduzione dell'anello 1971; 4) Bruciatura sul tronco e lieve riduzione dell'anello 1971; 5) Tronco senza danni e forte riduzione (o assenza) dell'anello 1971; 6) Tronco senza danni e riduzione dell'anello 1971; 7) Tronco senza danni e lieve riduzione dell'anello 1971; 8) Bruciatura superficiale sul tronco e crescita costante nel 1971; 9) Tronco senza danni e crescita costante nel 1971.

FIG. 13 - Location of the trees sampled near the 1971 lava flow. The symbols show the different damage for each trees: 1) Burn on the trunk and scar on the core; 2) Burn on the trunk and strong 1971 ring reduction (or absence of the ring); 3) Burn on the trunk and reduction of 1971 ring; 4) Burn on the trunk and small reduction of 1971 ring; 5) trunk without damage and strong reduction (or absence) of 1971 ring; 6) trunk without damage and reduction of 1971 ring; 7) trunk without damage and small reduction of 1971 ring; 8) Superficial burn on the trunk and regular growth in 1971; 9) trunk without damage and regular growth in 1971.

spetto alla colata, in genere non presentano cicatrici ma gli anelli annuali corrispondenti risultano alquanto sottili. Qualora siano presenti tutti gli anelli annuali, è possibile stabilire il numero di anni necessari per rimarginare completamente la ferita. Nel caso della colata del 1971 si è potuto osservare che, per gli alberi ubicati tra 0 e 5 m occorrono in media 3-7 anni, per quelli ubicati tra 5 e 10 m occorrono 2 anni ed infine per gli alberi più lontani di 10 m è necessario un solo anno. Allontanandosi dalla colata lavica diminuisce rapidamente il numero di individui danneggiati esternamente; già a 5 m di distanza non si osservano cicatrici sulle carote.

Per quanto riguarda il calo di crescita del 1971, gli alberi del Gruppo 1 — lato settentrionale mostrano una riduzione molto marcata nell'86% dei casi, mentre quelli del versante meridionale nel 76% dei casi. Gli alberi del Gruppo 2 sul lato settentrionale nell'89% dei campioni presentano una riduzione dello spessore degli anelli; sul lato meridionale nel 43% dei casi. Infine gli alberi del Gruppo 3 presentano, sul lato settentrionale, un calo nel 61% dei casi tra 10-55 m di distanza dalla colata e del 33% tra 100-500 m. La riduzione di crescita si avverte negli alberi fino a circa 500m di distanza dalla colata, sul lato settentrionale e fino a 70 m su quello meridionale.

È evidente come gli esemplari del lato settentrionale siano stati più danneggiati dall'eruzione rispetto a quelli del lato meridionale. Allo stato attuale delle conoscenze

non è tuttavia possibile stabilirne la causa; è probabile comunque che la presenza del vento giochi un ruolo importante. Poiché i venti dominanti spirano da NO a SE e gli alberi presentano spesso chiome «a bandiera», sarebbe logico aspettarsi danni maggiori alla vegetazione posta a S della colata. Dato che i risultati ottenuti sottolineano il contrario, è possibile dedurre l'importanza della situazione meteorologica del momento dell'eruzione. Questa è infatti responsabile della propagazione degli incendi e dell'onda di calore prodotta dalla lava.

Per quanto riguarda la betulla dell'Etna, il tempo di ripresa medio è di 1 anno. Dall'analisi dei campioni sembra inoltre che i danni si siano verificati solo qualora la lava sia entrata in contatto con l'albero o si sia effettivamente sviluppato un incendio.

Per quanto concerne la colata lavica del 1928, gli alberi presi in considerazione non presentano mai danni dovuti al contatto con la lava o agli incendi. Tutti gli individui posti tra 0-5 m mostrano un calo di crescita, anche se modesto, nel 1928 e una ripresa della crescita nel 1929. Per gli alberi distanti dalla lava più di 10m invece, la registrazione dell'evento risulta molto incerta.

Per quanto riguarda la colata del 1979, solo le betulle direttamente interessate dalla lava forniscono utili informazioni; infatti solo il 12 % di quelle poste tra 0 e 5m di distanza dalla colata mostra una cicatrice da fuoco per il 1979 e la mancanza dell'anello annuale del 1980 (la ripresa

di crescita avviene nel 1981) e solo il 25% presenta invece un calo di crescita. La ripresa avviene mediamente nel 1980. Già a pochi metri di distanza la betulla risente modestamente degli effetti prodotti dall'eruzione vulcanica. Solo negli individui più giovani è visibile un discreto calo di crescita nel 1979.

Da quanto esposto si può dedurre come durante l'elaborazione e la sintesi dei dati sia importante tener conto di tutti i fattori, topografici ed ambientali, caratteristici della zona in esame. Gli alberi reagiscono infatti a tutte le modificazioni ambientali e climatiche che si manifestano nell'arco dell'anno e le traducono in variazioni dello spessore, della morfologia e delle caratteristiche chimiche e fisiche degli anelli di accrescimento. Più gli eventi sono drastici ed interessano un intero gruppo di alberi, più i «segnali» (cicatrici, anelli sottili, tessuto calloso ecc.) sono evidenti. Le maggiori difficoltà concernono tuttavia l'identificazione dell'evento o del parametro che ha provocato un certo tipo di reazione. In altre parole un picco negativo nello skeleton-plot riassuntivo e/o nella curva dendrocronologica può essere provocato da numerosi fattori o agenti diversi. Le indagini di tipo dendrocronologico devono essere quindi effettuate parallelamente a ricerche geomorfologiche, climatologiche ecc., in modo da poter separare i «segnali». È infatti solo con indagini di dettaglio di natura diversa che si può attribuire una causa agli anni di stress identificati nei campioni. Ad esempio da un confronto effettuato tra i dati di emissione delle ceneri vulcaniche, documentata per il 1940, 1942, 1960, 1971, 1976, 1979, 1980 e 1983 (CHESTER & alii, 1985) e l'andamento delle curve di crescita delle due specie considerate, si è potuto osservare come intorno al 1944 le curve presentino un picco negativo che potrebbe essere messo in relazione con le emissioni di ceneri degli anni precedenti (1940-1942); il 1961 è stato un anno di crescita difficoltosa e, al contempo, un anno di continua attività esplosiva dal Cratere Centrale e dal Cratere di NE. Anche nel 1971, anno della prima colata esaminata, vi sono stati eventi esplosivi con emissione di ceneri da una voragine di nuova formazione alla base del cono orientale, soprattutto in Maggio. Una modesta diminuzione dello spessore annuale si ha anche in corrispondenza del 1983.

Sebbene questa ricerca sia limitata ad una zona arealmente poco estesa, i risultati ottenuti dovrebbero consentire di evidenziare come la dendrogeomorfologia possa costituire uno strumento di indagine preciso ed utile per datare le colate laviche.

Dal presente lavoro si possono dedurre alcuni criteri utilizzabili per indagini dendrogeomorfologiche in ambiente vulcanico caratterizzato da attività non esplosiva.

1) Innanzi tutto è importante prelevare i campioni ai margini delle colate, là dove i danni alla vegetazione sono maggiori. Particolarmente significativi sono gli alberi visibilmente danneggiati dalla lava e nei quali sono presenti evidenti cicatrici. Tali alberi dovrebbero essere campionati sia in prossimità della ferita, dove è più probabile trovare la cicatrice, sia dalla parte opposta del tronco dove è possibile riconoscere anelli sottili e quindi datare la cicatrice. Tuttavia poiché uno o più anelli potrebbero mancare, occorre campionare anche alberi non danneggiati, così da poter sincronizzare le curve tra loro e datare, di conseguenza, l'evento. Una volta ricavata la data della colata è possibile anche stabilire il tempo necessario affinché gli alberi ricomincino a crescere senza difficoltà, sempre che non intervengano altri fattori che limitino la produzione di legno.

2) I campioni dovrebbero essere raccolti entro pochi metri di distanza dalla colata in quanto il segnale si attenua rapidamente.

3) Le curve dendrocronologiche dovrebbero essere confrontate con i dati climatico/ambientali per evidenziare eventuali andamenti comuni e riconoscere le cause che hanno portato, ed esempio, alla produzione di anelli sottili.

4) Dove possibile occorre tenere in considerazione la direzione dei venti responsabili della propagazione degli incendi e dell'onda di calore, in occasione delle eruzioni.

5) È necessario utilizzare le specie più sensibili, quelle che più facilmente risentono delle modificazioni ambientali in atto e gli alberi visibilmente danneggiati.

Rimangono ancora aperti alcuni problemi quali la causa della riduzione di crescita, in corrispondenza dell'anno dell'eruzione e degli anni successivi, in quegli alberi non colpiti direttamente né dalla lava né dagli incendi. Occorrerebbero pertanto ulteriori indagini tra cui misure dirette dei valori di temperatura a distanze via via maggiori dalla lava incandescente, in relazione a diverse situazioni meteorologiche.

BIBLIOGRAFIA

- CHESTER D.K., DUNCAN A.M., GUEST J.E. & KILBURN C.R.J. (1985) - *Mount Etna, the anatomy of a volcano*. Chapman and Hall, London, 404 pp.
- C.T.R. Regione Sicilia, (1988) - *Sez. 625010 Pizzi Denari*, scala 1:10000.
- DURBIN C.S. (1981). In: CHESTER D.K. & alii (1985) - *Mount Etna, the anatomy of a volcano*. Chapman and Hall, London, 404 pp.
- FENAROLI L. (1967) - *Gli alberi d'Italia*. Martello, Milano, 320 pp.
- FERRARA V. (1975) - *Idrogeologia del versante orientale dell'Etna*. Atti 3 Conv. Intern. Acque sotterranee, Palermo, 1-5 novembre 1975.
- GIACOBBE A. (1937) - *Ricerche ecologiche e tecniche sul Pinus laricio Poir. e sul Pinus austriaca*. Hoess. Nuovi Ann. Agricoltura, 341-494.
- GORZA S. (1993) - *Aspetti dendrogeomorfologici e dendroecologici delle colate laviche del M. Etna*. Tesi inedita Dipartimento di Scienze della Terra, Univ. di Milano, 372 pp.
- KAISER F. & KAISER C. (1987) - *The Katmai eruption of 1912 and the Alaska earthquake of 1964 as reflected in the annual rings of sitka spruce (Picea sitchensis) on Kodiak island*. Dendrochronologia, 5, 111-125.
- LA MARCHE V.C. Jr., & HIRSCHBOECK K.K. (1984) - *Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions*. Nature, 307, 121-145.
- LENTINI F. (1982) - *The geology of Mt. Etna basement*. In: ROMANO R. (1982) - *Mount Etna Volcano: a review of the recent Earth Science studies*. Mem. Soc. Geol. It., 23, 205 pp.
- OGNIBEN L. (1966) - *Lineamenti idrogeologici dell'Etna*. Riv. Min. Sicil., Anno 17, 100-102.
- NERI M., COLTELLI M., OROMBELLI G., & PASQUARÈ G. (in stampa) - *Ghiacciai pleistocenici dell'Etna: un problema aperto*. Rend. Ist. Lomb. Acc. Sc. Lett.
- POLI E., MAUDERI G. & RONSISVALLE G. (1983) - *Carta della vegetazione dell'Etna (scala 1:50000)*. Prog. In: Promozione e Qualità dell'Ambiente. C.N.R., Roma.
- POLI MARCHESE E. (1987) - *Il paesaggio vegetale dell'Etna*. Oasis, 4, 77-84.
- RITTMANN A., ROMANO R. & STURIALE C. (1972) - *L'eruzione etnea dell'Aprile-Giugno 1971*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, ser. 7, 4, 3-27.
- ROMANO R. (1982) - *Mount Etna Volcano: a review of the recent Earth Science studies*. Mem. Soc. Geol. It., 23, 205 pp.
- ROMANO R., STURIALE C. & LENTINI F. (1979) - *Carta Geologica del M. Etna*. scala 1:50000 in: ROMANO R. (1982) - *Mount Etna Volcano: a review of the recent Earth Science studies*. Mem. Soc. Geol. It., 23, 205 pp.
- SCHWEINGRUBER F.H. (1988) - *Tree Rings*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 276 pp.
- YAMAGUCHI D.K. (1983) - *New tree ring dates for recent eruptions of Mount St. Helens*. Quat. Res., 20, 246-250.