

## LA LETTURA DEGLI ARCHIVI NATURALI PER LO STUDIO DELL'EVOLUZIONE DEL CLIMA

Paolo Bartolomei<sup>1</sup>, Paolo Ferretti<sup>2</sup>, Francesco Marabini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ENEA - Laboratorio di Radiodatazione, Bologna

<sup>2</sup> ISMAR - CNR, Bologna

### 1 - Introduzione

La sezione basale di albero studiata proviene da un tronco di pioppo affiorato nel letto del fiume Po nella primavera del 1997 in un evento di magra del Po. Si tratta di un tronco di diametro massimo di 2 m ed una lunghezza di 12 m (fig. 1).

Le analisi, eseguite presso il laboratorio di datazione  $C^{14}$  dell'ENEA di Bologna, hanno determinato un periodo di vita dell'albero compreso nell'intervallo temporale 130 - 390 A.D. per una durata, calcolata in base al conteggio degli anelli, di circa 150 anni.



Figura 1 - Tronco di pioppo rinvenuto nel letto del Po nel 1997

## 2 - Brevi cenni sulle variazioni climatiche

Per comprendere l'importanza del risultato delle analisi effettuate è bene ricordare che il clima ha subito notevoli variazioni nel corso dei tempi geologici. Per quanto riguarda il Quaternario, gli ultimi due milioni di anni, si sono susseguiti periodi glaciali intervallati da periodi interglaciali. Il periodo attuale, l'Olocene, fa parte di un interglaciale che si protrae da circa diecimila anni. Pur nell'ambito di un generale miglioramento climatico, rispetto all'ultimo periodo glaciale, si sono manifestate nell'Olocene importanti variazioni climatiche che hanno avuto grande influenza sia sugli ambienti fisici sia sugli ambienti biologici.

Si tratta di variazioni climatiche, freddo-umide alternate a caldo-secche. Il fenomeno sembra manifestarsi con cicli sia dell'ordine delle centinaia, sia dell'ordine di decine di anni.

Sulla base di indagini geologiche, geomorfologiche, glaciologiche, paleobotaniche, archeologiche e storiche, è stato possibile ricostruire il susseguirsi delle oscillazioni del clima con una certa, precisione specialmente per i tempi storici.

Per i tempi più recenti, poi, quando hanno avuto inizio e sono andate sempre più diffondendosi le registrazioni metereologiche, le fluttuazioni del clima sono state meglio riconosciute e dettagliate.

Le valutazioni delle fluttuazioni climatiche per i tempi storici precedenti, le registrazioni strumentali si basano su dati di natura parameteorologica, quali le descrizioni relative ad eventi meteorologici estremi, oppure all'andamento delle fronti glaciali, alle modificazioni delle fasce vegetazionali naturali, al regime dei corsi d'acqua, dei laghi e delle paludi, all'andamento dei raccolti, alla comparsa o scomparsa di particolari specie di animali o piante e alle caratteristiche degli anelli di accrescimento dei tronchi degli alberi o dendrocronologia.

Per quanto riguarda gli ultimi 4000 anni è possibile trovare validi riscontri storici per tutto l'emisfero settentrionale delle fluttuazioni climatiche evidenziate in special modo dalle curve dendrocronologiche.

Lo studio delle curve dendrocronologiche riveste particolare importanza in quanto, rappresentando ogni anello la registrazione di un anno di vita della pianta, non vi sono ritardi temporali tra causa ed effetto nelle variazioni climatiche. Gli anelli degli alberi che si sono sviluppati in annate fredde sono più stretti di quelli corrispondenti a condizioni climatiche migliori. Gli anelli sono quindi degli archivi naturali che conservano la memoria della storia climatica anno per anno. Cosa che invece non si verifica in altri casi, basta ricordare che nel caso di avanzamento (variazione climatica fredda) o arretramento (variazione climatica calda) dei ghiacciai alpini vi è uno sfasamento temporale tra causa ed *effetto* dovuto alla rigidità del mezzo utilizzato.

### 3 - Considerazioni sulla storia e l'ambiente dove è vissuto il pioppo

Nella figura 2, il periodo di vita del pioppo rinvenuto nel letto del Po è stato riportato in una curva dendrocronologica di riferimento con in evidenza le età storiche e preistoriche.

Da tali curve trarre i riscontri storici con le variazioni climatiche è relativamente semplice trattandosi di operare su larga scala su fluttuazioni climatiche dell'ordine di migliaia di anni. Risultano infatti evidenti i periodi freddo-umidi della fine del Neolitico, dell'età del ferro, dell'alto medioevo e della piccola età glaciale intervallati agli optimum climatici dell'età del bronzo, dell'epoca romana, e del medioevo.

In particolare la vita del pioppo in esame si viene a collocare in un periodo di deterioramento climatico in corrispondenza della fine dell'impero romano.

Ad un primo esame delle curve dendrocronologiche del pioppo in studio si nota come al centro della sezione (la parte più antica) lo spessore delle curve sia più del doppio rispetto allo spessore delle curve più esterne (parte più recente). Considerando l'intervallo 130 - 390 A.D. in cui sarebbe vissuto l'albero, in base alla curva dendrologia di riferimento, si osserva che dal 230 al 250 A.D. si ha un picco di optimum climatico per poi avere un brusco cambio di peggioramento climatico che prosegue oltre l'intervallo considerato per il tronco studiato. Attualmente gli studi e le analisi nel tronco rinvenuto nel letto del Po continuano con taratura del periodo di vita del suddetto pioppo mediante confronto con altre curve dendrocronologiche dell'area padana.

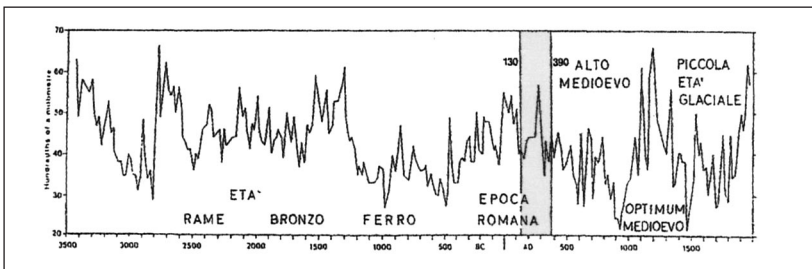


Figura 2 - Curva dendrologica relativa alle età storiche e preistoriche. In evidenza il periodo di vita del pioppo

### 4 - Esempi pratici di utilizzo di curve dendrocronologiche

Per capire come siano utilizzabili le curve dendrocronologiche nell'interpretare i meccanismi che presiedono alle variazioni climatiche e alla loro influenza nell'evoluzione degli ambienti naturali, si considera l'evoluzione del delta del Po mediante confronto delle variazioni della parte terminale del corso d'acqua negli ultimi mille anni.

## 5 - Storia sintetica dell'evoluzione del delta del Po

Antecedentemente al 1125 A.D. il ramo principale era il Po di Ferrara che terminava in mare in posizione più a S dell'attuale delta. Nel 1125, causa la *rotta di Ficarolo*, il ramo principale del Po deviò verso N sviluppando il ramo del Po "delle Fornaci".

Nel XVII sec. il continuo, forte apporto solido diretto verso N costrinse i veneziani a deviare verso S. mediante il canale artificiale di Porto Viro (1602), il ramo principale del Po per evitare l'interrimento della laguna veneta. La figura 3 mostra uno schema dell'evoluzione del delta moderno del Po e verifica come il massimo avanzamento del delta sia avvenuto dal 1600 al 1750 e 1820 ed evidenzia il diminuito incremento dopo tale periodo.

Fino ad ora si è accettata l'idea che questo fenomeno dovesse essere imputato all'aumentato apporto detritico conseguente al taglio dei boschi, alla mancanza di difesa del suolo e alla coltivazione delle terre, specialmente nella fascia collinare del bacino idrografico del Po. In realtà, la progradazione del delta in questo periodo è un fenomeno comune in tutta Europa e in generale nell'emisfero settentrionale: l'attività umana è senz'altro una concausa, ma per spiegare meglio il processo è utile considerare anche le variazioni climatiche.

Le variazioni climatiche sarebbero rappresentate da periodi freddo-umidi alternati a periodi caldo-secchi con durata dell'ordine di alcune centinaia di anni; l'ultima di queste oscillazioni freddo-umide inizia nel 1600 e termina nel 1850 ed è nota come "piccola età glaciale": attualmente saremmo quindi in un periodo caldo. Entro questa sequenza di fluttuazioni climatiche a "grande scala" si evidenzia un'alternanza di più brevi cicli freddo-umidi e caldo-secchi con durata variabile da 10 a 35 anni, mediamente 20 anni. Questa sequenza di fluttuazioni climatiche viene bene identificata dalle curve dendrochronologiche ed è interessante notare la coincidenza del maggior sviluppo del delta del Po con i periodi freddo-umidi della piccola età glaciale ed in particolare l'evento della "*rotta di Ficarolo*", in un periodo precedente di condizioni climatiche avverse.

L'esame dei rilievi topografici del delta del Po dal 1600 ad oggi (Carbognin e Marabini, 1995) ha permesso di formulare un'ipotesi suffragata dai fatti, almeno a grandi linee.

In un periodo freddo-umido l'equilibrio della zona costiera è regolato dal rapporto tra il grande apporto solido e la frequenza di mareggiate: se l'apporto solido prevale per abbondanza sulla capacità di attacco da parte delle onde di tempesta, l'ampiezza della spiaggia tende ad aumentare, mentre se prevale la capacità distruttiva delle mareggiate, la linea di riva arretra.

Durante il periodo caldo-secco, l'apporto solido al mare è scarso, ma anche le mareggiate sono meno frequenti, quindi la tendenza naturale è di oscillazioni della linea di riva attorno ad una posizione di equilibrio con, al massimo, qualche avanzamento. Ne deriva che i periodi di condi-

zioni freddo-umido, sono determinanti per l'evoluzione della fascia costiera.

Dal 1600 fino al secolo scorso il delta del Po si è sviluppato enormemente perché l'apporto solido, relativo alle condizioni climatiche della piccola età glaciale, era talmente enorme che le mareggiate non riuscivano ad incidere negativamente sull'equilibrio costiero. Successivamente le fluttuazioni climatiche di più modesta entità, con periodi da 10 a 35 anni, hanno prodotto avanzamenti minori finché, dall'inizio di questo secolo con il culmine dopo gli anni '50, l'apporto solido dei periodi freddi è diventato insufficiente per la forte antropizzazione della fascia costiera e dell'ambiente retrostante. Ciò ha fatto sì che per il periodo freddo-umido degli anni '50 e '70 prevalesse l'azione del moto ondoso con la sua capacità distruttiva su un ambiente costiero non più adeguatamente rifornito di materiale da parte fluviale.

È interessante notare come queste variazioni climatiche, valide per meglio comprendere l'evoluzione del delta del Po, siano presenti negli stessi periodi anche in altre parti del mondo.

## 6 - Confronto tra il delta del Po e il delta del Nilo

D'altra parte, se si considera un altro grande fiume che sbocca nel Mediterraneo, il Nilo, e si confronta il succedersi delle piene con una curva dendrocronologica dal 500 a.C. ad oggi si nota una corrispondenza delle magre con i periodi freddo-umidi (fig. 4).

Ciò è in contrasto con quanto esposto precedentemente, ma se si considera che il Nilo, dalla zona equatoriale dove nasce, riceve il massimo di piovosità prima di attraversare le zone desertiche del Sudan e dell'Egitto e quindi di arrivare al Mediterraneo, è possibile spiegare questa apparente contraddizione.

La figura 5 mostra le variazioni di estensione delle fasce climatiche in Africa ed Europa durante i periodi freddo-umidi e caldo-secchi: il risultato del confronto indica che le fasce climatiche possono variare di 8°-10° di latitudine verso N e S causando un ampliamento della zona equatoriale durante i periodi più caldi e un ampliamento delle zone polari durante i periodi freddi.

La contrazione areale della zona equatoriale, durante i periodi più freddi, causa una diminuzione nella quantità di pioggia, mentre la riduzione in ampiezza, durante i periodi caldi, delle zone polari produce un ampliamento della fascia climatica equatoriale con conseguente aumento della quantità di piogge che causeranno un aumento di portata nelle ricorrenti piene del Nilo. Ciò significa che gli effetti sull'ambiente negli stessi periodi variano a seconda della latitudine e per questo il Po e i maggiori fiumi europei mostrano lo stesso andamento a differenza del Nilo. Ne deriva che i fiumi compresi nella fascia di latitudine di 30°-50° subiscono gli stessi effetti negli stessi periodi caldo-secchi e freddo-umidi. Questo



