

STORIA PALEOVEGETAZIONALE TARDIGLACIALE-OLOCENICA NELL'AREA DEL MAR DI MARMARA ORIENTALE

Fabio Fusco¹ & Marianna Ricci Lucchi¹

¹Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna, v. Zamboni 67, 40127 Bologna.
(e-mail: fusco@geomin.unibo.it, marianna@geomin.unibo.it)

ABSTRACT: Fusco F. & Ricci Lucchi M., Lateglacial to Holocene palaeovegetation changes in Eastern Marmara Sea area (IT ISSN 0394 – 3356, 2004).

The history of the vegetation throughout the Lateglacial and the Holocene is outlined by means of pollen analysis carried out on a core from the eastern Marmara Sea. Six pollen assemblage zones, indicating peculiar vegetation features, have been distinguished and interpreted as the vegetation response to climatic changes. During Lateglacial Interstadial and Younger Dryas (corresponding to the lower three zones), only herbaceous and shrubby communities, dominated by *Artemisia*, developed under cold and dry climate conditions. A slight forest expansion characterizes the lower pollen assemblage zone representing the Lateglacial Interstadial. Forest development characterizes the upper three pollen zones and is indicated by both the expansion of arboreal pollen taxa (AP) and increase of pollen concentration. This change is radiocarbon dated to 10,650±40 BP, and is interpreted as the vegetation response to the onset of interglacial climate conditions at the beginning of the Holocene. Particularly, the first forest phase is characterized by the marked expansion of a mixed deciduous oak forest, which is replaced by a mixed pine-oak forest. The increase of *Pinus* marks the beginning of the Mediterranean climate phase. Cultivated arboreal taxa (i.e., *Juglans*, *Castanea*, *Olea* and *Vitis*) spread during the upper pollen zone due to human activities.

RIASSUNTO: Fusco F. & Ricci Lucchi M., Storia paleovegetazionale tardiglaciale-olocenica nell'area del Mar di Marmara orientale. (IT ISSN 0394 – 3356, 2004).

Viene ricostruita la storia della vegetazione nel Tardiglaciale e nell'Olocene attraverso l'analisi pollinica di un sondaggio eseguito nel Mar di Marmara orientale. Sono state riconosciute sei zone polliniche corrispondenti a sei differenti fasi vegetazionali, ognuna con proprie caratteristiche di fisionomia e composizione come risposta a peculiari condizioni climatiche. Le prime tre comprendono parte dell'oscillazione interstadiale tardiglaciale e il Dryas Recente e sono caratterizzate da formazioni erbaceo-arbustive dominate da *Artemisia* indicanti un clima generalmente freddo e arido. Successivamente si osserva un mutamento molto marcato nella composizione e nella struttura della vegetazione con lo sviluppo di foreste in seguito all'instaurarsi di condizioni climatiche interglaciali. Questo cambiamento è datato con un'analisi al radiocarbonio a 10.650±40 anni fa. All'interno dell'Olocene si distinguono tre fasi forestali dominate, dapprima, solo da latifoglie decidue (in particolare *Quercus*) e, poi, in associazione con *Pinus*. L'espansione dei pini testimonia un cambiamento nella distribuzione annuale delle precipitazioni in senso mediterraneo. L'ultima fase forestale è caratterizzata dalla diffusione del castagno, dell'olivo, del noce e della vite dovuta presumibilmente all'attività dell'uomo.

Keywords: palynology, vegetation, Lateglacial, Holocene, Marmara Sea

Parole chiave: palinologia, vegetazione, Tardiglaciale, Olocene, Mar di Marmara.

1. INTRODUZIONE

La ricostruzione della storia vegetazionale del tardo Quaternario si basa principalmente sulle analisi palinologiche. In particolare, lo studio del polline fossile in sedimenti marini offre un quadro molto utile perché rispecchia le caratteristiche della vegetazione nelle regioni circostanti il mare, soprattutto dove scarseggiano lunghe e adeguate serie polliniche continentali come l'area adiacente il Mar di Marmara.

Lo scopo di questo lavoro è quello di studiare nel dettaglio la storia tardoquaternaria della vegetazione in un'area dalle caratteristiche climatiche peculiari. Il Mar di Marmara, infatti, un piccolo bacino semichiuso nel Mediterraneo orientale, si trova interposto tra la fascia delle steppe aride a sud-est e quella delle foreste temperate a nord-ovest, risentendo della loro reciproca vicinanza in relazione alle diverse modificazioni climatiche.

Esistono pochi studi palinologici di dettaglio in questa zona. Koreneva (1971) ha studiato una carota non datata nel Mar di Marmara occidentale mentre, in

un lavoro più recente (Mudie *et al.*, 2002), sono state analizzate cinque carote del Mar di Marmara di età compresa tra 33.500 e 1990 anni fa e una carota del Mar Nero di età olocenica, mediante le quali viene ricostruita la storia vegetazionale del corridoio Mar Nero-Mar Egeo dal Pleniglaciale al presente.

Nel presente lavoro sono riportati i risultati di uno studio palinologico eseguito su una carota prelevata all'imbocco del Golfo di İzmit a una profondità di -152,6 m, durante una crociera oceanografica organizzata dall'Istituto di Scienze Marine del CNR di Bologna. Sulla stessa carota sono stati effettuati studi micropaleontologici (foraminiferi e ostracodi), sedimentologici e malacologici i cui risultati sono oggetto di un articolo in preparazione.

Su frammenti conchigliari rinvenuti all'interno di un intervallo sabbioso alla profondità di 262 cm è stata eseguita una datazione al ¹⁴C mediante spettrometria di massa con acceleratore (AMS) che ha restituito l'età non calibrata di 10.650±40 anni (C. Mchugh, 2002, com. pers.).

2. LA VEGETAZIONE E IL CLIMA ATTUALI

Nel settore orientale del Mar di Marmara si osservano rilievi che vanno da circa 700 m slm fino a 1600 m slm. Il clima attuale è di tipo mediterraneo ma varia in relazione alla distribuzione dei rilievi geografici, passando da zone costiere relativamente umide a zone più interne semiaride. La vegetazione può essere suddivisa in due tipi principali distribuiti per fasce altitudinali (Zohary, 1973; Roberts & Wright, 1993): *i*) una foresta costiera eu-mediterranea che si spinge fino alla fascia collinare, composta prevalentemente da *Quercus ilex*, *Q. coccifera*, *Pinus halepensis*, *P. brutia*, *Olea oleaster* var. *europaea*, *Pistacia lentiscus*, con sottobosco ricco di elementi erbacei; le precipitazioni, prevalentemente invernali, variano da circa 300 mm/a a circa 1000 mm/a e la stagione estiva risulta secca; *ii*) una foresta decidua mesofila a carattere eusinico, in cui gli alberi dominanti sono i faggi, le querce decidue e i pini. Le precipitazioni sono distribuite regolarmente nel corso dell'anno con una media superiore ai 600 mm/a. Più a est, verso la Turchia centrale, si assiste a una graduale transizione verso le steppe aride anatoliche, cioè una vegetazione quasi priva di alberi dominata da *Artemisia* e piante erbacee come Asteraceae, Poaceae e Chenopodiaceae, con le precipitazioni concentrate soprattutto in inverno e mai superiori a 300 mm/a. La zona di transizione verso queste steppe è occupata da una foresta-steppe con alberi e arbusti sparsi e precipitazioni comprese tra 300-600 mm/a, concentrate soprattutto d'inverno.

3. MATERIALI E METODI

La litologia della carota Im-5 consiste di peliti grigiastre, a tratti intervallate da livelli millimetrici più sabbiosi, e interrotte nella porzione inferiore da un livello centrimetrico di sabbie conchigliari. Al di sotto di questo livello, le peliti sono organiche e laminate, con alcuni livelli conchigliari, mentre quelle sovrastanti appaiono massive e più povere in sostanza organica.

Sono stati analizzati 39 campioni, trattati seguendo il metodo di laboratorio classico (cf. Faegri & Iversen, 1989; Moore *et al.*, 1991), che consiste in attacchi con HCl 20%, HF 40%, e KOH 10%. Per la stima delle concentrazioni polliniche è stato utilizzato il metodo di Stockmarr (1971) che prevede l'aggiunta di una pasticca con un numero noto di spore di *Lycopodium* sp. all'inizio

del trattamento in ogni campione.

Vengono qui presentati il diagramma pollinico percentuale di dettaglio (fig. 2), il diagramma per gruppi di *taxa* ad affinità ecologiche e climatiche (fig. 3), il diagramma pollinico sintetico per alberi-*Pinus*-arbusti-erbacee-igro/idrofite assieme a quello delle concentrazioni totali (fig. 4).

4. DIAGRAMMI POLLINICI

I risultati delle analisi palinologiche hanno permesso di definire 6 zone polliniche numerate dal basso verso l'alto dalla Im5-1 alla Im5-6 (fig. 2 e fig. 3).

Zona Im5-1.

La zona è caratterizzata dalla dominanza di piante non-arboree (NAP) e da concentrazioni polliniche basse (intorno ai 6000 granuli/g in media). Tra gli alberi, si nota un'espansione delle latifoglie (soprattutto di *Quercus* che raggiunge il 30%) e contemporaneamente una riduzione di *Pinus*.

Zona Im5-2.

La zona presenta una marcata riduzione delle latifoglie arboree ed è caratterizzata dalla dominanza di *Artemisia* (che qui raggiunge percentuali del 50%) accompagnata da un'espansione di *Pinus* e *Juniperus*.

Zona Im5-3.

La zona si differenzia dalle precedenti per il calo di *Artemisia*, la marcata espansione delle Poaceae e il picco del t. *Sparganium*. Tra gli alberi, si osserva un

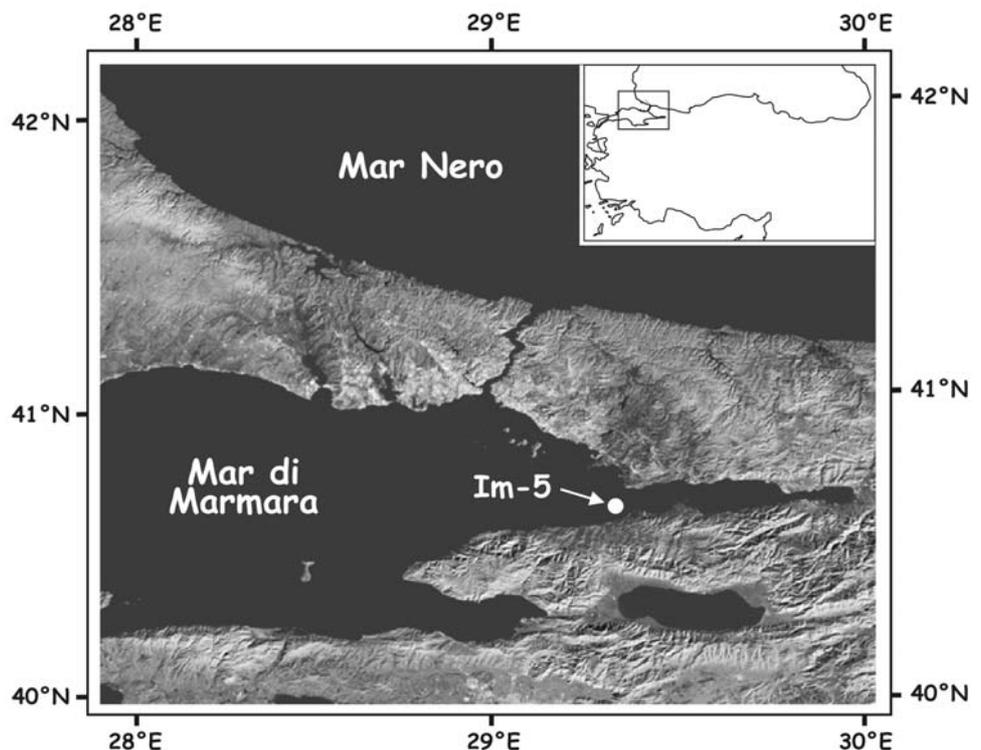


Fig. 1 - Ubicazione del sondaggio Im-5.
Location of the core Im-5.

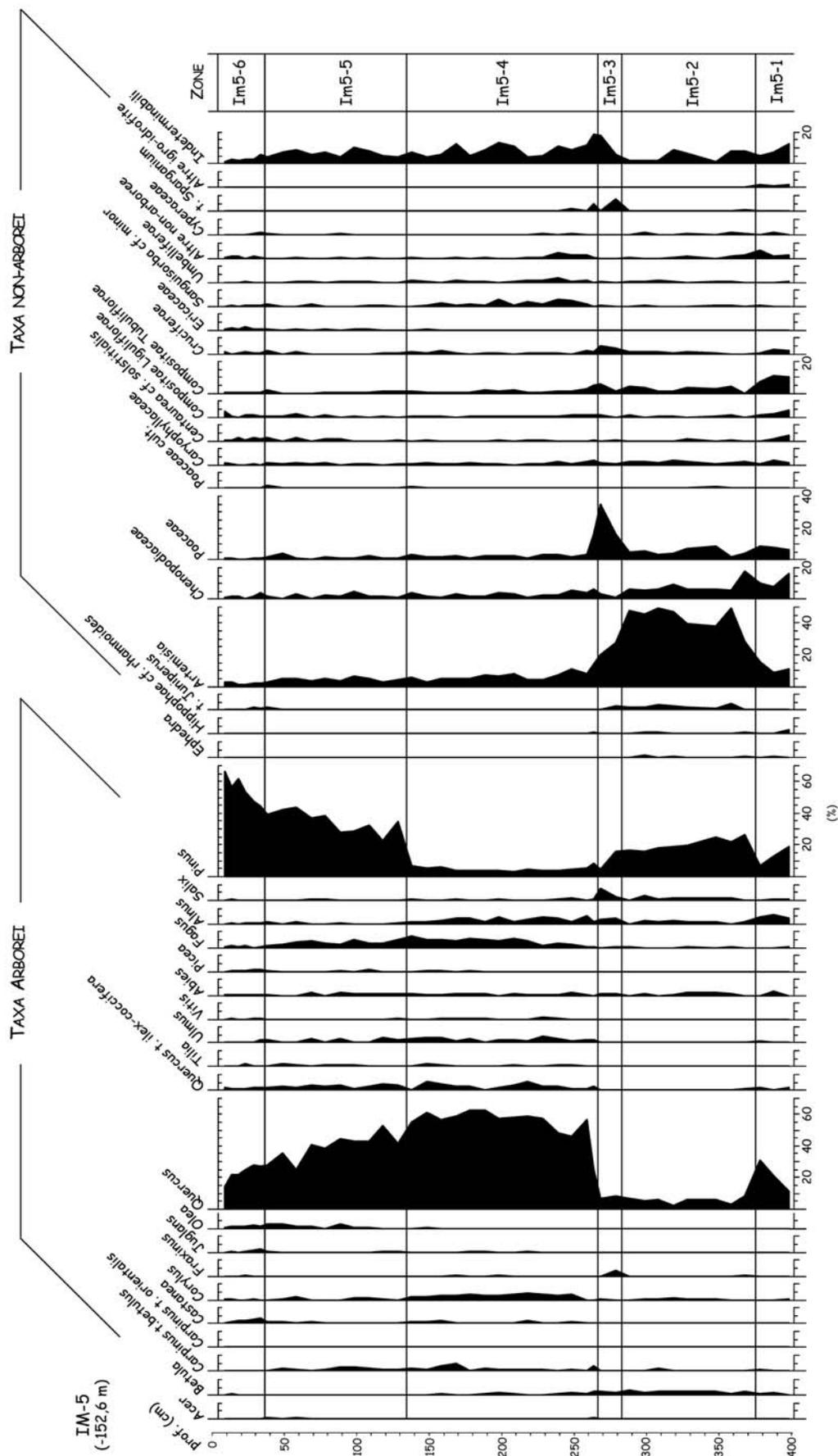


Fig. 2 - Diagramma pollinico percentuale dei principali taxa del sondaggio Im-5. Pollen percentage diagram of selected taxa for the core Im-5.

calo di *Pinus* e un moderato aumento delle latifoglie, soprattutto di *Salix* e *Alnus*. Le concentrazioni polliniche totali restano ancora basse (attorno agli 8000 granuli/g).

Zona Im5-4.

La caratteristica più evidente è la marcata espansione di *Quercus* accompagnata dall'incremento delle altre latifoglie del querceto misto come *Corylus*, *Carpinus t. betulus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Quercus t. ilex-coccifera*. Si osserva, inoltre, l'espansione di *Fagus*. Gli elementi non-arborei subiscono una forte riduzione (da circa il 60% della zona precedente a circa il 20% in media). Le concentrazioni polliniche registrano un marcato aumento (fino a circa 80.000 granuli/g), ad eccezione della parte basale della zona dove restano ancora basse.

Zona Im5-5.

La zona è caratterizzata da una nuova espansione di *Pinus* e una concomitante riduzione di *Quercus*. Parallelamente si osserva anche un calo progressivo delle concentrazioni polliniche totali.

Zona Im5-6.

Questa zona si distingue dalla precedente per l'aumento percentuale di piante legnose coltivate come *Olea*, *Juglans* e *Castanea*. Continua l'espansione di *Pinus* e la riduzione di *Quercus*. Le concentrazioni sono basse, di poco superiori agli 8000 granuli/g in media.

5. DISCUSSIONE

E' possibile suddividere il diagramma pollinico in due porzioni, ognuna comprendente tre biozone. La porzione inferiore è caratterizzata dalla dominanza di elementi non-arborei e da concentrazioni polliniche basse (fig. 4), che indicano un paesaggio non forestato a praterie e steppe. All'interno di questo paesaggio però, si osserva una significativa espansione forestale (Im5-1) a cui segue lo sviluppo di una steppa arbustiva (Im5-2) e infine il passaggio a un ambiente più umido indicato dall'espansione delle Poaceae e degli elementi acquatici (Im5-3). La porzione superiore mostra, invece, la prevalenza degli elementi arborei sulle comunità erbaceo-arbustive con concentrazioni polliniche elevate, testimoniando lo sviluppo di formazioni forestali. In particolare (fig. 4), inizialmente si sviluppa il querceto misto, mentre in seguito esso si riduce per l'espansione di *Pinus*. Nell'ultima zona pollinica, la Im5-6, tale contrapposizione si accentua e si nota anche l'espansione delle piante legnose coltivate (*Juglans*, *Castanea*, *Olea*, *Vitis*) la cui curva diventa continua.

La transizione dalle steppe alle foreste avviene poco più di 10.000 anni fa, cioè

all'inizio dell'Olocene. Le formazioni steppiche delle zone Im5-2 e Im5-3 sono determinate dalle condizioni climatiche fredde ed aride che si verificarono in Europa e nel Medio Oriente durante il Dryas Recente. A quel tempo, infatti, in tutta l'area mediterranea orientale e in Anatolia si diffusero steppe fredde e aride a dominanza di Chenopodiaceae, *Artemisia*, Asteraceae e Poaceae (Bottema, 1995), molto simili per composizione alle steppe delle zone Im5-2 e Im5-3, come evidenziato anche in altre carote del Mar di Marmara (Mudie *et al.*, 2002; Caner e Algan, 2002). La modesta ma significativa espansione delle arboree nella zona Im5-1 può essere riferita all'«oscillazione interstadiale tardiglaciale» (o complesso Allerød/Bølling), che segnò la prima ricolonizzazione forestale dopo l'acme glaciale.

Il passaggio dalle steppe alle foreste segna il drastico mutamento di clima verso condizioni calde e umide dovute all'interglaciale olocenico. Il primo segnale di questa trasformazione viene registrato con la culmina-

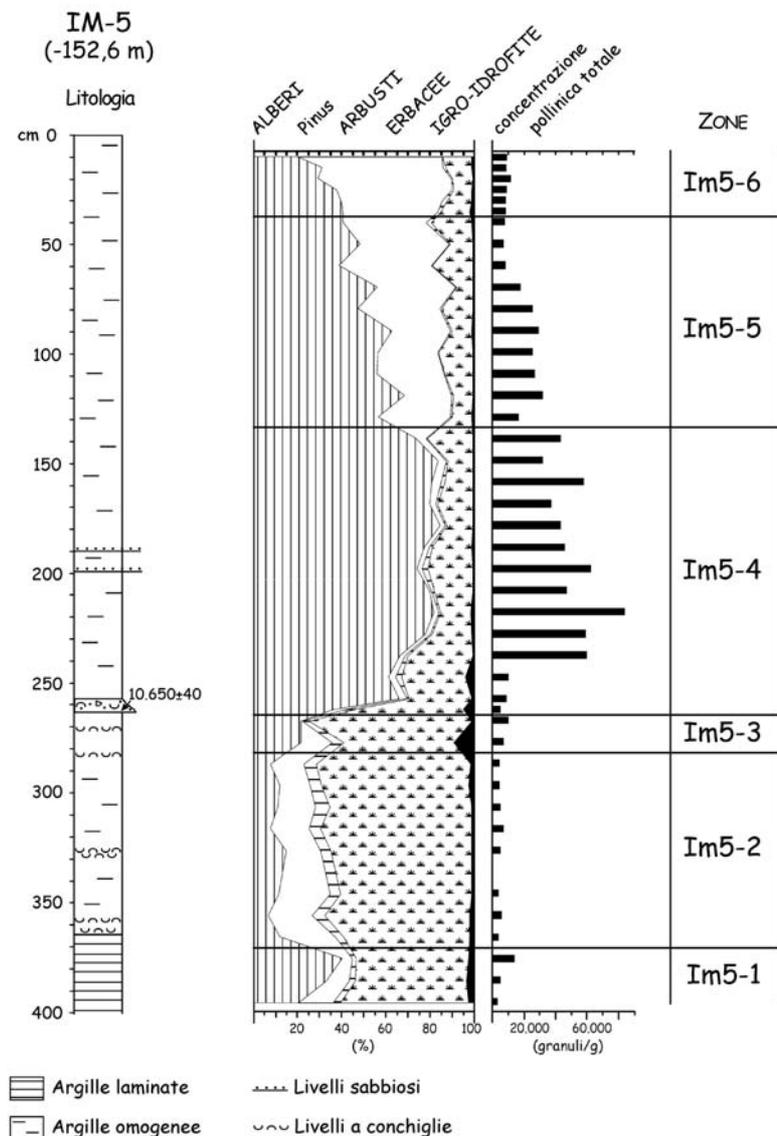


Fig.3 - Diagramma pollinico sintetico e diagramma delle concentrazioni polliniche totali del sondaggio Im-5.

Synthetic pollen diagram and total pollen concentration diagram for the core Im-5.

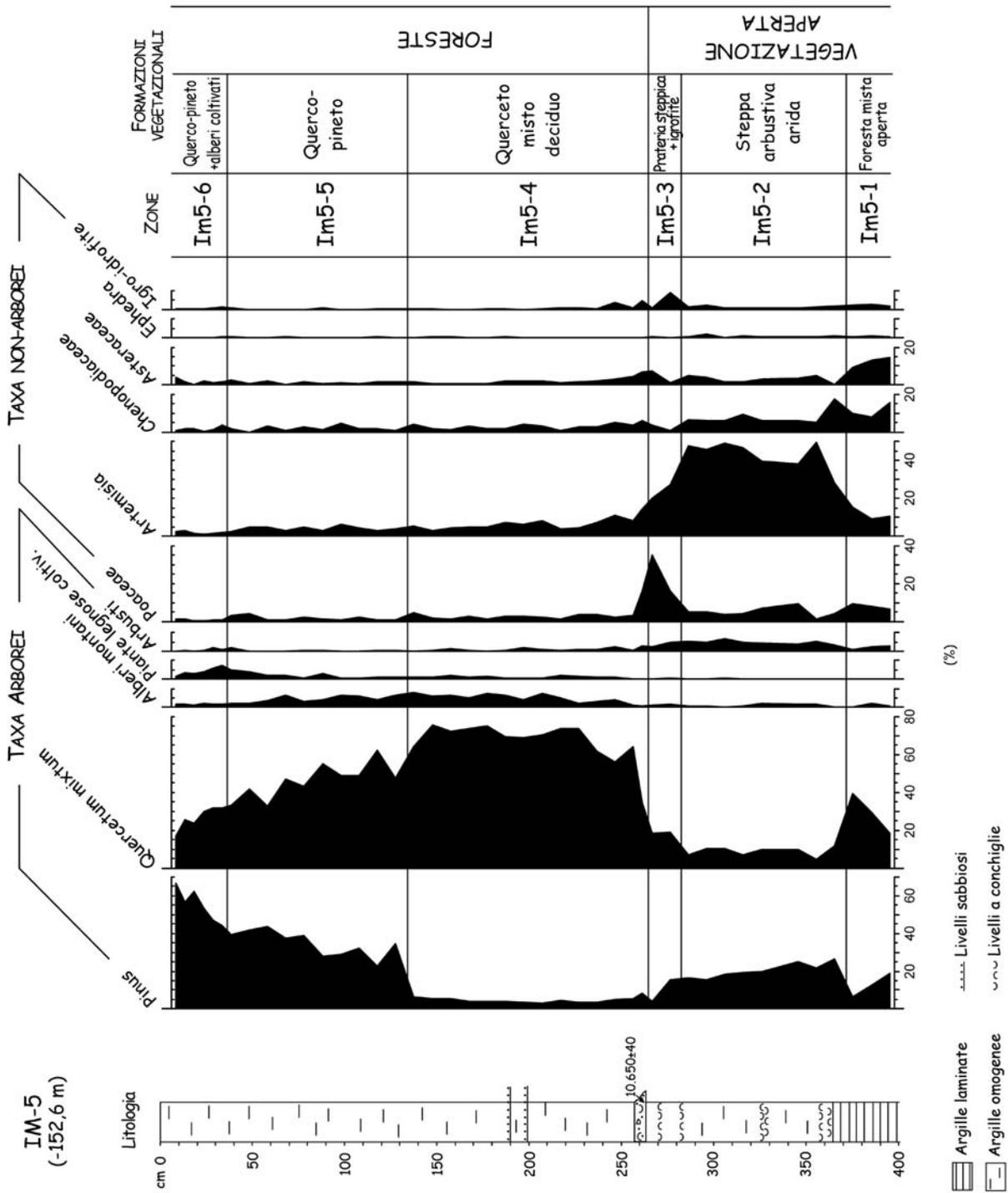


Fig. 4 - Diagramma pollinico per gruppi selezionati così composti: Quercetum mixtum: Acer, Buxus, Carpinus t. betulus, C. t. orientalis, Corylus, Cornus cf. mas, Fraxinus, Hedera, Phillyrea, Quercus, Q. t. ilex-coccifera, Tilia, Ulmus, Alnus, Salix; Alberi montani: Abies, Fagus, Picea; Piante legnose coltivate: Castanea, Juglans, Olea, Vitis; Arbusti: Betula, Cupressaceae indiff., Hippophae, t. Juniperus; Igrorifite: Cypripaceae, t. Sparganium, Lythrum, Myriophyllum, cf. Nymphaea, Potamogeton.

Pollen diagram of selected groups. Quercetum mixtum: Acer, Buxus, Carpinus betulus-type, C. orientalis-type, Corylus, Cornus cf. mas, Fraxinus, Hedera, Phillyrea, Quercus, Q. ilex-coccifera-type, Tilia, Ulmus, Alnus, Salix; Mountain trees: Abies, Fagus, Picea; Cultivated woody taxa: Castanea, Juglans, Olea, Vitis; Shrubs: Betula, Cupressaceae unindiff., Hippophae, Juniperus-type; Hygrophytes: Cypripaceae, Sparganium-type, Lythrum, Myriophyllum, cf. Nymphaea, Potamogeton.

zione delle piante acquatiche durante l'inizio della ricolonizzazione forestale. La comparsa di specchi d'acqua non effimeri era dovuta probabilmente all'aumento della piovosità o alla deglaciazione.

L'espansione del querceto misto (Im5-4) indica l'ulteriore aumento dell'umidità e della temperatura. Si espandono e si affermano anche gli elementi montani, si raggiunge la massima copertura forestale (indicata dall'aumento delle concentrazioni polliniche) e la vegetazione si organizza in fasce altitudinali. I pini, presenti durante la fase più fredda e arida, ora sono quasi assenti.

Con la diffusione di *Pinus* e la concomitante riduzione del querceto (zona Im5-5), la vegetazione cambia di nuovo e assume una fisionomia molto simile all'attuale, probabilmente a causa di una riduzione e/o di una redistribuzione delle precipitazioni annuali verso un clima di tipo mediterraneo. Questo è caratterizzato, infatti, dal forte calo delle precipitazioni nei mesi estivi, che determina la tipica stagione secca. Nel Mediterraneo occidentale, tali condizioni si instaurarono nell'arco di alcuni millenni diffondendosi gradualmente in senso latitudinale da sud verso nord (Jalut *et al.*, 1997). Più precisamente, il clima mediterraneo si stabilì a una latitudine di 39°-40°N circa 7000 anni fa, e raggiunse i 41°N solo attorno ai 5000 anni fa. Se lo stesso andamento è valido anche per il Mediterraneo orientale, alla latitudine del Mar di Marmara, compresa tra 40°N e 41°N, il clima mediterraneo potrebbe essersi instaurato attorno a 6000 anni fa. Inoltre, nel periodo compreso tra 7000 e 5000 anni fa, si registra un aumento dell'aridità alle medie latitudini e un calo delle temperature nelle regioni polari (cf. Steig, 1999, *cum bibl.*), mentre per l'Europa i dati pollinici di numerosi siti attorno a 6000 anni fa evidenziano un aumento delle temperature (Huntley & Prentice, 1988), anche se i modelli climatici sono ancora contrastanti (cf. Prentice *et al.*, 1998).

La curva degli alberi montani resta grosso modo invariata indicando che la fascia montana della vegetazione non subisce grandi modificazioni, mentre sono piuttosto le fasce altitudinali inferiori a risentire dei cambiamenti nel regime e nella distribuzione delle precipitazioni.

La zona pollinica Im5-6 registra l'intervento dell'uomo sul territorio per la diffusione di piante legnose coltivate. Un'analoga diffusione delle piante coltivate si registra nella serie pollinica tardo-olocenica ricavata da un sondaggio eseguito nel Lago Manyas, nelle strette vicinanze del Mar di Marmara (Leroy *et al.*, 2002). Nella Turchia sud-occidentale, si assiste alla cosiddetta «fase dell'occupazione di Beyşehir» (Eastwood *et al.*, 1999), durante la quale si affermano da un lato la pastorizia e dall'altro le colture cerealicole e arboricole, quest'ultime a *Juglans* (noce), *Olea* (olivo), *Castanea* (castagno) e *Vitis* (vite). Questa fase iniziò circa 3000 anni fa ma conobbe la sua diffusione attorno ai 2600 anni fa, causando soprattutto una forte riduzione della copertura forestale a favore delle colture. Essa terminò attorno al 700 d.C., quando i pini diventarono l'elemento forestale dominante. Nella Turchia nord-occidentale, la stessa fase di riduzione delle foreste dovuta all'azione dell'uomo iniziò invece 3500 anni fa (Beug, 1967; Bottema *et al.*, 1995; cf. Mudie *et al.*, 2002). Analogamente, nel sondaggio Im-5, l'espansione degli alberi coltivati è concomitante alla marcata diminuzione delle concentrazioni

polliniche, il che potrebbe indicare una riduzione della copertura forestale. Nella porzione sommitale del diagramma, *Pinus* si afferma sopra tutti gli altri elementi.

6. CONCLUSIONI

La ricostruzione dell'evoluzione paleovegetazionale dell'area prospiciente il Mar di Marmara orientale ha messo in evidenza sia gli effetti e le caratteristiche delle principali oscillazioni climatiche avvenute dal Tardiglaciale ad oggi, sia l'impatto delle attività umane sull'ambiente nel tardo Olocene. La più importante modificazione climatica è quella avvenuta all'inizio dell'Olocene con lo sviluppo di foreste temperate che hanno sostituito completamente le formazioni steppiche presenti precedentemente. Queste foreste sono costituite inizialmente da latifoglie decidue a dominanza di querce che testimoniano il passaggio da un clima freddo e arido ad un clima temperato caldo-umido. Successivamente, all'interno delle foreste, si osserva un'ulteriore modificazione con l'espansione di *Pinus* e il conseguente ritiro del querceto misto mesofilo: il clima assume un carattere mediterraneo con relativo calo delle precipitazioni nel periodo estivo e un'accentuata stagionalità.

Infine, la storia della vegetazione e del clima negli ultimi millenni in questa regione documenta il crescente impatto dell'uomo sull'ambiente, evidenziato dallo sviluppo delle colture e dal conseguente calo della copertura vegetazionale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'Istituto di Scienze Marine del CNR di Bologna per avere messo a disposizione il sondaggio Im-5. Lo studio è stato finanziato con fondi MURST (40%) 2001 (Coordinatore: F. Massari). Si ringraziano, inoltre, la Prof. Maria Luisa Colalongo e il Prof. Franco Ricci Lucchi per la lettura critica del lavoro, e i revisori per le preziose osservazioni al contenuto del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Beug H.-J. (1967) - *Contributions to the postglacial vegetational history of Northern Turkey* - *Quat. Palaeoecol.*, **7**, pp. 349-356.
- Bottema S. (1995) - *The Younger Dryas in the Eastern Mediterranean* - *Quat. Sc. Rev.*, **14** (9), pp. 883-891.
- Bottema S., Woldring H. & Aytyğ B. (1995) - *Late Quaternary vegetation history of Northern Turkey* - *Paleohistoria*, **17**, pp. 53-143.
- Caner H. & Algan O. (2002) - *Palytology of sapropelic layers from the Marmara Sea* - *Marine Geology*, **190**, pp 35-46.
- Eastwood W.J., Roberts N., Lamb H.F. & Tibby J.C. (1999) - *Holocene environmental change in southwest Turkey: a palaeoecological record of lake and catchment-related changes* - *Quat. Sc. Rev.*, **18** (4-5), pp. 671-695.
- Faegri K. & Iversen J. (1989) - *Textbook of pollen analysis* - IV Ed., John Wiley & Sons, Chichester, 328

- pp.
- Huntley B. & Prentice C. (1988) - *July temperatures in Europe from pollen data, 6000 years before present* - Science, **241**, pp. 687-690.
- Jalut G., Esteban Amat A., Riera I Mora S., Fontugne M., Mook R., Bonnet L. & Gauquelin T. (1997) - *Holocene climatic changes in the Western Mediterranean: installation of the Mediterranean climate* - C. R. Acad. Sc., Paris, s. II, **325**, pp. 327-334.
- Koreneva E.V. (1971) - *Spores and pollen in Mediterranean bottom sediments* - In: Funnell B.M., Riedel W.R. (eds.), *The Micropaleontology of the Oceans*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 361-371.
- Leroy S., Kazancil N., İleril Ö, Kibar M., Emre O., McGee E. & Griffiths H.I. (2002) - *Abrupt environmental changes within a late Holocene lacustrine sequence south of Marmara Sea (Lake Manyas, N-W Turkey): possible links to seismic events* - Marine Geology, **190**, pp. 531-552.
- Moore P.D., Webb J.A. & Collinson M.E. (1991) - *Pollen Analysis*. - II Ed., Blackwell Scientific Publications, 276 pp.
- Mudie P.J., Rochon A. & Aksu A.E. (2002) - *Pollen stratigraphy of Late Quaternary cores from Marmara Sea: land-sea correlation and paleoclimatic history* - Mar. Geol., **190**, pp. 233-260.
- Prentice I.C., Harrison S.P., Jolly D. & Guiot J. (1998) - *The climate and biomes of Europe at 6000 yr BP: comparison of model simulations and pollen-based reconstructions* - Quat. Sc. Rev., **17** (6-7), pp. 659-668.
- Roberts N. & Wright H.E.Jr. (1993) - *Vegetational, lake level, and climate history of the Near East and Southwest Asia*. In: Wright H.E.Jr., Kutzbach J.E., Webb III, T. Ruddiman, W.E., Street-Perrott F.A. & Bartlein P. (eds.), *Global climate since the Last Glacial maximum*. Univ. of Minnesota Press, St. Paul, MN, pp. 194-220.
- Steig, E.J. (1999) - *Mid-Holocene climate change* - Science, **286**, pp. 1485-1486.
- Stockmarr J. (1971) - *Tablets with spores in absolute pollen analysis* - Pollen et Spores, **13** (4), pp. 615-621.
- Zohary M. (1973) - *Geobotanical foundations of the Middle East*. Gustav Fischer Verlag Ed., 2 voll., 739 pp.

Ms. ricevuto l'11 novembre 2003
 Testo definitivo ricevuto il 2 marzo 2004

Ms. received: November 11, 2003
 Final text received: March 2, 2004

