

BERTOLANI MARCHETTI D.



Vicende climatiche e floristiche  
dell'ultimo glaciale e del  
postglaciale in sedimenti della  
laguna veneta

*(Estratto da «Memorie di Biogeografia Adriatica» - vol. VII)*

Venezia 1966-67

VICENDE CLIMATICHE E FLORISTICHE DELL'ULTIMO  
GLACIALE E DEL POSTGLACIALE IN SEDIMENTI  
DELLA LAGUNA VENETA \*

DARIA BERTOLANI MARCHETTI  
Istituto Botanico dell'Università di Pisa

A partire dal 1954 sono stati eseguiti carotaggi per ricerche palinologiche in vari settori della Laguna di Venezia, parte a totale iniziativa, parte con l'appoggio dell'Istituto di Studi Adriatici. MARCELLO (1964) ne dà le prime notizie, accennando fra l'altro ai concetti che hanno portato alla scelta delle località.

Una serie di tre carotaggi, profondi poco più di cinque metri, venne condotta nel 1954 dal compianto prof. FLORSCHÜTZ e suoi allievi, dell'Università di Leida, press'a poco tra le foci del Dese e del Sile. Di queste campionature abbiamo già un diagramma, elaborato da A. HOROWITZ (1966).

Nel 1963 vennero eseguiti, ancora dalla scuola olandese, sotto la guida del prof. VAN DER HAMMEN, altri carotaggi nello stesso settore.

Numerosissimi sondaggi vennero inoltre fatti toccando varie profondità (anche fino a cinquanta metri) per lo studio delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo, per l'impianto di grandi costruzioni (COLOMBO P., MATTEOTTI G., 1963). Questi saggi permisero di acquisire notevoli conoscenze in merito alla struttura geologica del sottosuolo lagunare.

Per ricerche paleoecologiche l'Istituto di Studi Adriatici, in collaborazione col Centro di Studi Talassografici del CNR, ha preso infine in particolare considerazione la zona lagunare posta alle antiche foci del Brenta, in località Motte di Volpego. Si è cercato in questa occasione di agevolare in ogni modo il raggiungimento di sedimenti più antichi. La trivellazione, infatti, è stata compiuta in una «zolla» lagunare ritenuta soggetta a sprofondamento meno rapido; inoltre si è operato, non in terraferma, ma sul fondo di un canale, per eliminare in partenza un certo spessore di sedimenti recenti.

\* Ricerche compiute con il contributo dell'Istituto di Studi Adriatici e del CNR. Presentato il manoscritto il 1 settembre 1966.

Il presente lavoro riguarda appunto lo studio palinologico di questa campionatura e fa parte di una serie di ricerche condotte da studiosi di varie specialità.

In particolare, il dott. E. BONATTI, dell'«Institute of Marine Science» dell'Università di Miami (Florida), ha diretto, come geologo, il prelievo dei campioni e sta curando l'esecuzione della datazione con  $C_{14}$ . Al momento siamo in possesso di una sola datazione, per la profondità di cinque metri circa.

Il prelievo del materiale è stato fatto con un carotiere del diametro di 7 centimetri. La carota ottenuta è stata divisa a metà nel senso della lunghezza; una parte è stata destinata ai vari studi, l'altra è rimasta depositata presso l'Istituto di Studi Adriatici di Venezia. La prima parte di sedimenti è risultata imprelevabile, per cui il profilo inizia dalla profondità di cm 300 circa. Questa profondità è calcolata dal fondo del canale nel quale è stata eseguita la trivellazione e non dal livello del mare.

Mentre spesso nelle ricerche passate si è limitato lo studio ai livelli torbosi del sottosuolo, si è cercato qui di esaminare qualunque tipo di sedimento, in modo da ricostruire una storia non troppo discontinua. Data però la complessità delle vicende sedimentarie del sottosuolo lagunare, è augurabile che le ricerche procedano in modo da potere, a un certo punto, basare la ricostruzione paleoecologica su numerose campionature prelevate in diversi settori.

### Le ricerche palinologiche

Per l'analisi palinologica sono stati prelevati lungo la carota 102 campioni, in modo da poter seguire ogni cambiamento di sedimentazione e metterne in luce le eventuali relazioni col clima. Negli strati più potenti si è preso più di un campione a distanza opportuna, tenendo conto del tipo di sedimento e quindi anche della presumibile diversa velocità di deposizione. Nelle sabbie, ad esempio, i prelievi sono stati più radi, mentre nelle torbe si sono infittiti.

Non in tutti i livelli si è avuto esito positivo all'analisi per ciò che riguarda il contenuto in sporomorfi, abbondanti in qualche strato, scarsi o mancanti in altri.

I risultati relativi ai livelli polliniferi vengono riportati di seguito, unitamente all'indicazione degli strati sterili e delle discontinuità della carota.

La mancanza di alcuni tratti di carota è dovuta alla consistenza sabbiosa del sedimento, che ha reso impossibile prelevare il campione.

I dati palinologici relativi agli strati nei quali si è potuta eseguire

una regolare analisi sono compresi nella tabella 1 e nel grafico di tav. 1.

In ogni spettro si sono calcolate le presenze delle arboree (A) facendone il totale uguale a 100. Per le non arboree (NA) si è fatta la percentuale riportata a 100 arboree. In una colonna della tabella figura il totale in percento delle NA rispetto alle A. In un'altra colonna si ha il diagramma di IVERSEN, che mostra la variazione del rapporto percentuale fra arboree e non arboree. Occorre però tener conto che, nel caso della trivellazione in esame, che rispecchia, come si vedrà, il particolare ambiente lagunare per qualche suo tratto, questa curva può non seguire fedelmente il diradarsi o il prevalere del manto boscoso.

La colonna riservata alle *Graminaceae* presenta di solito un valore per casella; quando si è verificato il caso si sono posti due valori separati da una barra, indicando a sinistra la percentuale dei granuli maggiori di  $\mu$  40 di diametro, e a destra quella dei granuli inferiori a tale misura.

Per quanto riguarda il grafico, è sembrato più opportuno e chiaro rappresentare le variazioni di frequenza in curve separate; per le entità sporadicamente presenti si è posta una indicazione nel relativo livello crocetta, o nome e valore percentuale).

Sulla sinistra è stata raffigurata schematicamente la serie sedimentaria, in base alla rappresentazione fatta dal geologo (BONATTI E., *in litteris*, 1963); si è ricorso quindi agli stessi segni convenzionali dello schizzo geologico. Da notare che gli strati sterili o i banchi sabbiosi non estratti sono sottorappresentati, mentre ampio sviluppo è stato dato ai livelli ricchi di sporomorfi.

La determinazione dei reperti è stata fatta con materiale fresco di confronto acetolizzato (ERDTMAN 1960) e secondo i testi di ERDTMAN (1943; 1952; 1957), ERDTMAN, BERGLUND e PRAGLOWSKY (1961), POKROWSKAIA (1958), WODEHAUSE (1935), oltre ad altri lavori pure citati in bibliografia.

#### RISULTATI DELLE ANALISI POLLINICHE NEI SINGOLI LIVELLI

Da - cm 3000 a - cm 2680 il campione sabbioso manca.

- cm 2660; s a b b i a — Sterile.

- cm 2560-2600; s a b b i a — È questo il livello più profondo nel quale troviamo sporomorfi, anche se non molto abbondanti (5 granuli per vetrino di mm 22 x 22).

Il Pino è presente con forte percentuale (72%), componente dominante di un manto boscoso abbastanza consistente ( $A/NA=64,1/35,9$ ) ma non molto vario. Piccole quantità di *Picea* e *Betula* affiancano il pino, insieme ad una certa percentuale di *Ulmus* e *Ostrya*.

I granuli di *Pinus* sembrano in genere appartenere al tipo «silvestre». Si sono riconosciute misure per l'intero granulo di  $\mu$  66-72; per il solo corpo di  $\mu$  40-48. Il corpo è piccolo, la calotta a scultura fine, la cresta sottile, le sacche peduncolate.

Lo strato arbustivo manca e le piante erbacee non sono nè abbondanti nè varie. *Graminaceae*, *Cyperaceae* e un poco di *Artemisia* danno la fisionomia alla vegetazione di questo strato; relativamente abbondanti sono spore di *Pteridophyta*, in questo caso felci. Si hanno pure granuli che ho classificato genericamente, in questo strato e in altri, come *Liliiflorae*. La presenza di *Myriophyllum* fa pensare ad acque dolci lente, che potrebbero anche essere state abbastanza profonde e fresche.

- cm 2540-2550; argilla grigia caotica — Sterile.

- cm 2520; straterello sabbioso — Quasi sterile. In tre vetrini 22 x 22 sono stati rinvenuti 5 granuli di *Pinus*, 1 di *Carpinus*, 1 spora di *Lycopodium*. I granuli di *Pinus* appaiono molto corrosi, probabilmente per essere stati fluitati insieme alla sabbia.

- cm 2480-2500; limo sabbioso grigio — Quasi sterile: su tre vetrini, tre granuli di *Pinus*.

*Fra - cm 2480 e - cm 2375 il campione, prevalentemente sabbioso, manca.*

- cm 2365; straterello di sabbia finissima e argilla — Quasi sterile: su sei vetrini, 11 granuli di *Pinus* e uno cf. *Quercus*.

- cm 2350; argilla grigia compatta — Frequenza pollinica non elevata (11 pollini per vetrino). Accanto ad un leggero decremento delle arboree rispetto al livello pollinifero sottostante ( $A/NA=50/50$ ) si nota un aumento percentuale del pino (85,0%); a questa essenza forestale si affiancano solo piccole quantità di *Picea* e *Salix*.

Fra i granuli di *Pinus*, accanto ad una maggioranza classificabile come «silvestre» si nota un esiguo numero di granuli la cui larghezza totale si mantiene sui 70-72 micron. Anche per altri caratteri, quali la larga attaccatura delle sacche, la cresta sottile, la forma del corpo globulare ecc. si potrebbe pensare ad un tipo «cembro». La misura di  $\mu$  72

è indicata appunto come media per questa specie (BERTOLANI e MELEN, 1966).

Anche se non si può affermare con tutta certezza, dobbiamo almeno prospettare la probabilità che in questo livello il bosco di pino non sia esclusivamente composto di pino silvestre, o almeno che *P. cembra* vegetasse in zone abbastanza prossime da permettere che il polline venisse deposto in questi sedimenti.

La presenza di *Picea sottolinea*, insieme al cembro, una certa continentalità del clima.

Fra le erbacee, abbastanza variamente rappresentate, abbondano le *Cyperaceae*, esprimenti una condizione locale, accompagnate da *Graminaceae* e *Artemisia* e pareggiate in percentuale dalle sole *Ranunculaceae*. Si notano anche granuli di *Compositae* tipo *Cirsium* e poche *Chenopodiaceae* (2,5% soltanto).

L'ambiente di acque dolci, lentamente fluenti è qui rappresentato non tanto da *Potamogeton*, che può vivere anche in acque salmastre, quanto da *Lemna*, che dovrebbe aver vissuto nelle rientranze dei corsi d'acqua, al riparo dal flusso della corrente, lasciando a *Potamogeton* le posizioni più centrali.

Devo dire che la nota eccezionalità di fioritura di *Lemna* (v. anche CHIARUGI 1925), pianta che si riproduce abbondantemente per via vegetativa, mi ha reso a lungo perplessa sulla determinazione di questo tipo di granulo, per il quale non ho potuto avere materiale attuale di confronto. La mia attribuzione a questo genere è basata su quanto ho potuto desumere da ERDTMAN (1952), BEATSONS (1955) e specialmente da DE SLOOVER (1961). Quest'ultimo Autore, constatato che la fioritura di *Lemna minor* è relativamente frequente, ritiene che la rarità di segnalazioni nei diagrammi pollinici di granuli di questa pianta sia dovuta a scarsità di letteratura in proposito. Egli, dopo aver studiato materiale recente raccolto il 5-6-1959 in un fossato a S. Amand (Dip. Nord, Francia) calcolando misure, variazioni, ripartizioni delle spinule ecc., descrive il granulo della specie in questione su materiale acetolizzato.

Si tratta di un polline da sferico a subsferico, con un asse maggiore L e due assi minori 1 e 2, sulle misure medie dei quali l'A si basa per il riconoscimento, ritenendole meno variabili. La descrizione è testualmente:

«*Lemna minor* L. — Pollen sphérique à subspheroidal (m 1: 22,96  $\mu \pm 0,157$ ; m 2: 21,14  $\mu \pm 0,121$ ) à 1 pore, parfois difficile à déterminer, de  $\pm 2,6 \mu$  de diamètre; endexine lisse, homogène, de  $\pm 0,7 \mu$  d'épaisseur; ectexine échinulée, formée d'épines de  $\pm 2,6 \mu$  de longueur, de répartition très variable: de 0,0625 à 0,1875 épines per  $\mu^2$ ; valeur modale: 0,125».

ERDTMAN (1952, pag. 232) dà figure e sommaria descrizione di *Lem-*

na gibba e *L. trisulca*, con diametri fra 22 e 24 micron.

I granuli pollinici da me reperiti si accostano molto alla descrizione che ne dà DE SLOOVER.

Nei preparati di questo livello ho frequentemente trovato tracheidi spiralate, resti dell'abbondante vegetazione erbacea.

- cm 2346; argilla grigia — Praticamente sterile: su tre vetrini, un granulo di *Pinus*.

- cm 2327; argilla scura, sotto la torba — La frequenza dei pollini è stata modesta (una diecina per vetrino).

Nella vegetazione forestale il pino (tutto del tipo «silvestre») ha ancora un netto predominio; in sottordine *Betula*, *Salix* e *Ulmus*. Si nota la comparsa di abete bianco.

Il ricoprimento boscoso è notevole ( $A/NA = 70,4/29,6$ ). Questo far sì che le non arboree si presentino non molto abbondanti, nè molto varie. Poche *Graminaceae* e *Artemisia*; *Umbelliferae*; appena rappresentate le *Ericales*, così pure le *Chenopodiaceae*, che compaiono per la prima volta nel diagramma con granuli tipo *Atriplex*. *Potamogeton* ricompare col 3,5%. Sono abbondanti i granuli di *Pteridophyta* (17,5%), riconoscibili come *Lycopodium* cf. *selago* e *L.* cf. *annotinum*. Vari periteci di funghi. Si notano anche frammenti di fibrotracheidi ad areole uniseriate e distanziate, quindi di tipo abietoide ed epidermidi di radichette di *Carex*, per quanto le *Cyperaceae* non figurino nello spettro.

- cm 2325; torba — Questo campione, coi quattro che vengono successivamente descritti, fa parte del banco torboso maggiore della trivellazione, posto fra - cm 2325 e - cm 2300 circa. La presenza di granuli è qui abundantissima (430 per vetrino).

Il pino (tipo «silvestre») subisce una sensibile diminuzione a vantaggio dell'eliofila betulla che è favorita dall'improvviso diradarsi del bosco, il quale permette anche lo sviluppo del nocciolo. *Tilia* fa a questo livello una delle sue rare comparse.

Nell'insieme si hanno le testimonianze di una piccola oscillazione più calda e secca che si è verificata alla base della sedimentazione torbosa.

Per la prima volta annoveriamo fra le NA piante arbustive come *Cornus* e *Juniperus*; è presente anche *Vitis*.

Il diradamento del bosco è forte, anche se il rapporto  $A/NA$  (15,4/84,6) non ci dà un'idea esatta del vero rapporto fra lo sviluppo del manto boscoso e della copertura erbacea. Infatti, sul 354,8% di NA rispetto a 100 arboree, 199,9% spetta a *Potamogeton*, che

esprime condizioni strettamente localizzate a canali lagunari o corsi d'acqua.

Anche a questo livello compare una piccola quantità di *Lemna*. Della ricca flora erbacea fanno parte abbondantissime *Graminaceae*, e *Ranunculaceae*. I pollini di *Liliiflorae*, spesso presenti negli spettri dei vari livelli, possono, almeno in parte riferirsi a piante legate alla vicinanza dell'acqua, come *Iris pseudacorus* ecc. Le *Compositae* sono rappresentate da granuli tipo *Anthemis*.

Una piccola parte delle *Graminaceae* (2,8% contro 178,3%) supera la misura di  $\mu$  40 di diametro, considerata come limite fra le specie spontanee e quelle coltivate. A questo livello si potrebbe anche parlare di coltivazioni e di azioni antropiche in genere, che sarebbero state favorite da un periodo climatico migliore. Si tratta però di granuli superanti di non molto il limite suddetto e verrebbe fatto allora di considerare quanto è risultato dalle ricerche di BEUG (1961, pg. 30 e seg.) sui granuli di graminacee. Per *Agropyrum junceum* sono dati diametri di  $\mu$  38-65; per *Agropyrum litorale*  $\mu$  29,2-51,1; per *Agropyrum caninum* e *Ammophyla arenaria*  $\mu$  37-42. C'è da chiedersi allora se le misure da me riscontrate non portino a considerare la presenza di qualche specie alofila.

Le *Chenopodiaceae* tipo *Salicornia* presenti, forse la stessa *Artemisia*, ci potrebbero già far intravedere la tendenza al manifestarsi di condizioni ecologiche tendenti all'alo filia.

Tra i frammenti vegetali si sono notate abbondanti porzioni di epidermidi di rizomi di *Carex*. Presente anche una piccola quantità di periteci maturi.

— cm 2320; torba — Questo livello torboso, appartenente allo stesso banco del precedente, si differenzia da esso per varie caratteristiche. Intanto, la frequenza pollinica è minore (144 granuli per vetrino) e i granuli stessi sono meno ben conservati. *Pinus*, ad esempio, è spesso frammentato.

Il ricoprimento boschivo è sempre scarso (A/NA = 37/63).

Il pino silvestre, dopo la flessione del livello precedente, subisce un nuovo aumento in percentuale (81,8%) e resta sempre il componente principale del bosco, nè abbandonerà questo ruolo fino ai livelli superiori. Da — cm 872 in su passerà poi definitivamente in secondo piano. Lo accompagna nello spettro poco *Abies*; *Larix*, che fa qui una delle sue sporadiche comparse; *Salix* e *Betula*. Con un certo dubbio ho classificato un reperto come *Platanus*. Anche HOROWITZ (1966) nel suo diagramma della trivellazione di Capo Sile ha trovato granuli di *Platanus*, ma si tratta di avvenimenti evidentemente più recenti e rientranti in epoca storica.

La questione dell'indigenato di *Platanus orientalis*, che GIACOMINI (1958) accenna e propone, si risolverà molto probabilmente sul piano palinologico, ma in base a ritrovamenti più certi e numerosi. Ho ritenuto comunque di dover fare cenno di questo reperto, anche se non del tutto sicuro.

Il bosco ha subito a questo livello un leggero aumento (A/NA = 37/63). Le *Graminaceae* occupano sempre la maggior percentuale delle non arboree e comprendono un piccolo quantitativo di granuli maggiori di  $\mu$  40 (4,5%). È particolarmente abbondante *Artemisia* e le *Chenopodiaceae* sono rappresentate da *Salicornia* (8,2%). Da tenere in considerazione è anche la presenza di *Plantago*.

Troviamo ancora nello spettro *Vitis* e una piccola percentuale di *Ephedra*. Sono stati rinvenuti numerosi frammenti vegetali, tra i quali epidermidi di muschi, guaine di *Eriophorum* e resti di *Carex*.

— cm 2315; t o r b a — La frequenza pollinica è diminuita (86 granuli per vetrino). Il rapporto A/NA si è addirittura capovolto rispetto al livello descritto in precedenza (63,8/36,2).

Ci troviamo di fronte ad un bosco composto quasi esclusivamente di *Pinus* (con qualche granulo tipo «cembro»), accompagnato da pochissimo *Alnus* (5,0%). Ho riscontrato anche la presenza di frammenti non calcolabili di pollini di *Abies*.

Le non arboree sono costituite per quasi un terzo da *Artemisia*; da notare ancora piccole quantità di *Chenopodiaceae* e *Plantago*, nonché di *Juniperus*. E' presente anche *Lemna*.

— cm 2310; t o r b a — I pollini sono abbondanti (più di 200 granuli per vetrino). Il pino scende a valori sul 60% e la composizione del bosco diviene più varia. Compare per la prima volta nel diagramma il faggio (6,2%) superato in percentuale dalla betulla (15,4), eguagliato dal tiglio. Appena accennata la presenza del larice, che non è del resto frequente nel diagramma, nè mai abbondante. *Corylus*, *Quercus* e *Carpinus* testimoniano il miglioramento climatico, distinto anche dal regresso del pino. Miglioramento che coincide (come pure a livello — cm 2325) con un regresso del bosco (A/NA = 31/69).

*Juniperus* è abbastanza abbondante; le *Chenopodiaceae* sono aumentate e accompagnate da *Plantago*; le *Pteridophyta* sono rappresentate da spore di felci. Si notano resti di sfagni.

— cm 2305; t o r b a — Contenuto in sporomorfi limitato ad una trentina di granuli per vetrino. Il pino risale in percentuale fino al 93,8%; lo accompagnano *Picea*, *Salix* e *Betula*. Il rapporto A/NA segna un aumento delle arboree (62,5/37,5). Il clima manifesta una tendenza verso un freddo continentale.

Nella vegetazione erbacea: *Graminaceae*, *Cyperaceae* e *Artemisia*, altre *Compositae* tipo *Aster* e *Caryophyllaceae* tipo *Silene*. *Pteridophyta* rappresentate da felci e lycopodi.

— cm 2300; sabbia sopra la torba — Sterile.

— cm 2270; argille grigie caotiche con sabbia — Questo livello ha un tenore in pollini molto basso (8-9 granuli per vetrino).

Lo spettro rispecchia ancora la presenza di un bosco di pino (86,0%, qualche granulo è attribuibile a *P. mugo*), con *Picea*, *Larix* e *Betula*, non molto dissimile da quello a — cm 2305. Anche il rapporto A/NA non si discosta molto come valori (70,4/29,6) e ci dà l'idea di un ricoprimento arboreo abbastanza sviluppato.

Fra le erbacee, oltre a *Graminaceae* e *Artemisia*, figurano altre *Compositae* tipo *Achillea millefolium*, felci, lycopodi e *Cruciferae* tipo *Sinapis*.

Fra — cm 2250 e 2060 il campione, prevalentemente sabbioso, manca.

— cm 2047; sabbia mista ad argilla — Sterile. Su tre vetrini è stata reperita solo una sacca di *Pinus*.

— cm 1965; argilla compatta grigio scura con microstratificazione caotica — Sterile.

— cm 1955; argilla c. s. — Sterile.

— cm 1940; argilla c. s. — Sterile.

— cm 1935; argilla c. s. — Sterile. Su tre vetrini, una sacca di *Picea*.

— cm 1925; argilla c. s. — Sterile.

— cm 1913; argilla c. s. — Frequenza pollinica bassissima (4-5 granuli per vetrino). Sempre fortemente predominante il pino (80%, con qualche granulo tipo «mugo»), con *Picea*, che tocca per la prima volta una percentuale elevata relativamente all'andamento della sua curva (12,5%), che resta anche il valore più alto col quale è rappresentata nel diagramma. Da notare anche una modestissima presenza di *Quercus* e una piccola percentuale di *Populus*, che ho rinvenuto solo in questo livello.

L'aspetto della copertura erbacea ricorda quello della spettro precedente. Anche qui mancano le *Cyperaceae*. La sola pianta legata alla presenza abbondante di acqua è *Potamogeton*; quindi, acqua più o meno scorrente, ma non impaludamenti.

— cm 1889; argilla c. s. — Scarsissima presenza di pollini (4 granuli per vetrino). Tanto per questo livello quanto per il precedente non si è potuto procedere al conteggio di un congruo numero di granuli e ci si è fermati a 40 arborei. Le percentuali così ottenute sono quindi da accettare con una certa riserva.

Il pino domina e tocca il valore massimo di tutto il diagramma (96%), affiancato soltanto da poca betulla.

Ricompaiono le *Cyperaceae* accanto alle *Graminaceae*; le composite sono in gran parte del tipo «*Bidens*». Le pteridofite sono esclusivamente felci. Da notare una piccola percentuale di *Myriophyllum*.

*Fra — cm 1880 e 1610 il campione sabbioso manca.*

— cm 1610-1570; sabbia — Sterile.

— cm 1555; sabbia fine — Sterile.

*Fra — cm 1530 e 1500 il campione sabbioso manca.*

— cm 1492; sabbia — Sterile.

— cm 1477; sabbia — Sterile.

— cm 1450; sabbia — Sterile.

— cm 1446; argilla — Sterile.

— cm 1442; sabbia — Sterile.

— cm 1436; argilla — Sterile.

— cm 1434; sabbia — Sterile. Su tre vetrini, 1 granulo di *Pinus*.

— cm 1432; argilla — Sterile. Su tre vetrini, 1 granulo di *Pinus*.

— cm 1408; argilla grigia compatta — Sterile. Su tre vetrini, 1 granulo di *Chenopodiaceae*.

— cm 1391; argilla grigia c. s. — Sterile.

— cm 1352; argilla scura — Frequenza 22 granuli per vetrino. Nel ricoprimento boscoso figura sempre *Pinus* in percentuale elevata (86,0%), con *Larix*, *Betula*, *Alnus*, *Salix* e *Ulmus*, ciascuno in modestissime quantità. Il rapporto A/NA dimostra un netto predominio delle ultime (29,7/70,3).

La sola pianta arbustiva è, come in qualche altro strato sottostante, *Juniperus*. Fra le erbacee, denotano in gran parte ambiente palustre le abbondantissime *Cyperaceae* (92%), con qualche granulo di *Scheuchzeria*, mentre un habitat tipo barena o altra formazione lagunare o costiera sembra essere rappresentato dalle *Chenopodiaceae* (10,0%) e da *Plantago* (24,0%), in gran parte cf. *coronopus*.

— cm 1350; argilla torbosa — frequenza di pollini abbastanza buona (circa 30 granuli per vetrino). La copertura boscosa non è pratica-

mente aumentata, però si sono introdotte a far parte delle arboree essenze denotanti un leggero addolcimento del clima. Accanto al pino (72,5%) troviamo *Quercus*, *Ulmus* e *Fraxinus*, per un totale del 12,5%. Lo strato arbustaceo è scarsamente rappresentato da *Rhamnus*.

Oltre alle acquatiche *Potamogeton* e *Lemna*, fanno parte delle non arboree *Graminaceae* e *Cyperaceae* abbastanza abbondanti. Per quanto riguarda *Artemisia*, presente con un 12,5%, si deve dire che si trovano in questo livello (e anche in altri soprastanti) granuli particolarmente lisci, cioè con tracce delle spinule quasi o del tutto invisibili.

Intendo accennare qui ad un problema che si pone nello studio del particolare ambiente delle sedimentazioni lagunari, dove fasi di clima freddo si possono essere alternate a fasi di clima più mite, episodi continentali a episodi costieri e marini. Nei vari spettri pollinici possiamo trovarci di fronte a quantitativi di polline di *Artemisia* aventi significati completamente diversi. Possiamo cioè incontrare pollini delle *Artemisie* delle steppe glaciali e delle stazioni salate costiere.

WODEHAUSE (1963) prospetta una divisione dei pollini di *Artemisia* in diversi tipi sulla base delle tracce delle spinule più o meno grandi ed evidenti. Occorrerebbe approfondire le ricerche, cercando di giungere a una classificazione più definita dei reperti del genere *Artemisia*, in modo da poter attribuire loro un più sicuro significato ecologico.

A questo livello sono stati trovati anche abbondanti periteci.

- cm 1332; argilla scura — Sterile.
- cm 1317; sabbia argillosa — Sterile.
- cm 1300; sabbia — Sterile.
- cm 1285; argilla compatta grigia — Sterile.
- cm 1268; argilla rossiccia — Sterile.
- cm 1262; sabbia — Sterile.
- cm 1257; argilla — Sterile.
- cm 1256; sabbia fine — Sterile.
- cm 1255; argilla — Sterile. Su tre vetrini, 1 granulo di *Pinus*.
- cm 1254; sabbia — Sterile. Su tre vetrini 1 *Pinus*, 1 peritecio.
- cm 1253; argilla — Sterile o quasi. Su tre vetrini 1 granulo di *Pinus*, 1 di *Betula*.
- cm 1214; straterello argilloso — Sterile.
- cm 1194; sabbia finissima — Sterile.
- cm 1180; argilla grigia compatta — Sterile.
- cm 1165; straterello di argilla finissima — Sterile.
- cm 1160; argilla grigia compatta — Sterile.
- cm 1140; argilla c. s. — Sterile.
- cm 1130; argilla c. s. — Sterile.

— cm 1125; argilla c. s. — Quasi sterile, Su 3 vetrini 2 granuli di *Pinus*, 1 tetrade di *Ericales*.

— cm 1100; argilla c. s. — Sterile.

— cm 1079-84; torba — Questo livello fa parte di un episodio torboso di entità minore di quello esaminato fra — cm 2300 e 2327. La frequenza pollinica è di una cinquantina di granuli per vetrino.

Nel ricoprimento arboreo domina il pino (93,2%). Il rapporto A/NA ha un valore superante di poco l'unità (53,4/46,6).

A questo livello fa la sua sola comparsa *Hippophae*. Fra gli erbacei, il polline di *Rosaceae* sembra attribuibile a *Comarum palustre*; questo reperto, abbastanza interessante, meriterebbe di essere confermato. Le composite appartengono al tipo *Anthemis*.

— cm 1077; argilla grigia fra due strati torbosi — In questo episodio argilloso che interrompe un modesto banco di torba, si ha una discreta frequenza di polline (25-26 granuli per vetrino).

Ad una immutata percentuale di *Pinus* si accompagna qui *Betula* e qualche elemento termofilo (*Corylus*, *Quercus*), in un bosco più rado. Il rapporto A/NA è sceso infatti a 32,4/67,6. La vegetazione non arborea è varia, con arbusti quali *Juniperus* e *Rhamnus* e numerose entità erbacee.

— cm 1060; torba — Pollini: 27 per vetrino in media.

Trascurabile decremento del pino in percentuale e aumento della copertura boscosa (A/NA = 53,2/46,8). *Betula*, tra le arboree, tocca il 5,4% mentre per *Quercus* si registra una presenza appena sensibile.

Le non arboree non comprendono arbusti; è stato rinvenuto qualche granulo di *Nymphaea*.

Durante l'osservazione microscopica si sono notati frequenti resti di *Carex*, *Phragmites*, *Eriophorum* e muschi bruni.

— cm 1050; argilla scura — Il contenuto in sporomorfi si aggira sui 20 granuli per vetrino.

Il pino (di tipo «silvestre») si mantiene ancora, e per l'ultima volta, su percentuali alte (90,0%); qualche granulo di tipo «mugo» (10% circa) è riconoscibile anche a questo livello. Sempre presente una piccola percentuale di *Quercus*.

Arboree e non arboree sono rappresentate in quantità equivalenti (A/NA = 50/50). Fra le erbacee predominano nettamente le *Graminaceae* (60%). *Lemna* compare anche qui come nei due livelli torbosi sottostanti; i granuli di *Compositae* si accostano al tipo *Ambrosia maritima*.

- cm 1045; argilla grigia compatta — Praticamente sterile: su tre vetrini 1 *Pinus*, 1 *Betula*.

- cm 1035; argilla c. s. — Sterile. Su tre vetrini 1 granulo di *Picea*.

- cm 1025; argilla c. s. — Sterile.

- cm 920; sabbia — Sterile.

- cm 872; argilla sabbiosa — Anche questo spettro è da prendere con una certa riserva in quanto per l'analisi si sono potute conteggiare solo 25 arboree. Comunque, anche sulla base dello spettro così ottenuto si può vedere che è dato di assistere a questo livello ad un netto cambiamento della composizione del bosco. Bosco abbastanza rappresentato, in quanto il rapporto A/NA mostra una netta inferiorità di non arboree.

La fisionomia del ricoprimento boscoso non è più data dal pino, sceso alla quota del 20%, ma dall'abete bianco, che solo qui ha una percentuale abbastanza elevata (48,0%).

*Picea* è in sottordine, ma abbastanza rappresentata da un 12,0%, percentuale eguagliata da quella delle essenze mediocratiche.

Le non arboree sono poco varie e questo può dipendere dalla scarsa quantità di pollini reperita. Le *Rosaceae* sono del tipo *Filipendula*.

Il carattere sabbioso del deposito, la scarsità di pollini e anche il loro stato di conservazione non molto buono, farebbero pensare ad un sedimento fluitato dalle acque (forse fluviali?).

- cm 852; argilla grigia fine e compatta — Sterile.

- cm 832; argilla c. s. — Sterile. Su tre vetrini un granulo di *Pinus* tipo «silvestre».

- cm 812; argilla c. s. — Quasi sterile. Su tre vetrini, 2 granuli corrosi di *Pinus* e una spora di *Selaginella*.

- cm 792; argilla c. s. — Sterile o quasi. Su tre vetrini, 2 spore di licopodio.

- cm 772; argilla c. s. — Sterile o quasi. Su tre vetrini 1 *Pinus*, 1 *Selaginella*.

- cm 752; argilla c. s. — Sterile.

- cm 727; straterello di sabbia — Sterile.

- cm 712; argilla grigia fine e compatta — Sterile o quasi. Su tre vetrini 1 granulo di *Betula*, 1 di graminacea.

- cm 702; argilla c. s. — Quasi sterile: su tre vetrini 3 granuli di *Pinus* e di *Betula* e 1 di graminacea.

- cm 662; argilla giallastra mista a sabbia fine — Sterile.

Fra - cm 652 e 618 il campione, prevalentemente sabbioso, manca.

- cm 614-18; argilla compatta giallo-bluastro — Sterile.

- cm 613; straterello di argilla sabbiosa — Sterile.

- cm 593; argilla sabbiosa giallastra — Sterile.

- cm 583; argilla sabbiosa — Sterile.

- cm 573; argilla compatta giallo e bluastro — Sterile.

- cm 561; sabbia — Sterile.

- cm 510; argilla compatta bluastro — Sterile.

- cm 500; argilla c. s. — Sterile.

- cm 470; argilla grigio scura con resti di molluschi — A questo livello, e fino al top del diagramma, riprende la sedimentazione pollinifera, con un bosco ricco di entità diverse e una vegetazione non arborea varia di composizione.

Questo strato ha un tenore in pollini piuttosto basso (circa 8 per vetrino) e il gruppo delle arboree cede leggermente in percentuale alle non arboree ( $A/NA = 42,3/57,7$ )

Al pino spetta la maggior percentuale come entità singola (26,7%), però non ha l'assoluta dominanza riscontrata nei livelli inferiori; la quercia entra a costruire il bosco con un valore di 21,4%. Da notare la presenza di *Juglans*. La sola pianta arbustiva è *Cornus*.

Di notevole interesse per la ricostruzione dell'ambiente è il fatto che, alla mancanza di graminacee e ciperacee si contrappone una forte rappresentanza di *Chenopodiaceae* (66,3%) e, in sottordine, di *Plumbaginaceae* (*Statice* e *Armeria*).

Per quanto riguarda le *Gentianaceae* si sono classificati come *Gentiana* cf. *pneumonanthe* pollini corrispondenti alla figura e alla descrizione di ERDTMAN (1943). Questo A. definisce il granulo di questa specie come subprolato (cioè, granulo a simmetria raggiata, isopolare, con rapporto fra asse polare e asse equatoriale  $8:7=1,14$  oppure  $8:6=1,33$ ), tricolpato, con ogni solco munito di un solo poro germinale ed esina con tessitura granulare ben definita. Il diametro varia da  $\mu$  30-41 a 31 rispettivamente. I granuli di questa gentiana sono simili a quelli di *Menyanthes trifoliata*, ma se ne differenziano più che altro per l'esina minutamente striata, poichè per le dimensioni ERDTMAN riporta misure diverse da vari Autori (Yamasaki,  $\mu$  43,50; Zander  $\mu$  32,2-29,4).

La presenza di *Gentiana pneumonanthe* portata dal Brenta, è nota anche oggi per stazioni rimaste lungo il vecchio corso del fiume, quindi il rinvenimento del polline di questa specie non farebbe altro

che confermare questa situazione, che deve essersi verificata da parecchi secoli. Per il livello di - 5 metri dal top della carota abbiamo infatti una datazione con RC che ci dà un'età di anni  $1700 \pm 132$  dall'epoca odierna.

- cm 453; argilla c. s. — La frequenza pollinica è buona: una quarantina di granuli per vetrino.

A questo livello si registra un leggero aumento del bosco (A/NA = 56,4/43,5), il quale si arricchisce anche di qualche entità rispetto al livello sottostante (*Betula*, *Corylus*, *Acer*). Il pino abbassa un poco il suo percento, mentre è più sensibile la presenza del faggio (17,1%), che ha qui la sua massima presenza. L'essenza dominante è *Quercus* (21,4%), mentre *Rhamnus* rappresenta lo strato arbustaceo.

Ricompaiono le *Graminaceae* e *Cyperaceae*, accanto a formazioni a *Chenopodiaceae* e *Plumbaginaceae* (solo tipo «*Armeria*»), indubbiamente alofile.

Le composite sono tipo *Ambrosia maritima* e *Crepis*.

- cm 432; strato argilloso con resti vegetali e molluschi — Contenuto in pollini: 24 per vetrino in media.

A un leggero regresso del bosco (A/NA = 41,3/58,7) si accompagna qualche ritocco alla sua composizione: un poco più di pino e betulla, un poco meno di quercia e faggio, ecc. Il querceto misto si arricchisce della presenza di *Ostrya* e *Fraxinus*. Ancora presente, come nei due livelli sottostanti, *Juglans*, che ha qui la sua più alta percentuale (4,0%).

Per il gen. *Pinus* è stato osservato un granulo particolarmente ben conservato, del diametro di  $\mu$  74,6 comprese le sacche e di  $\mu$  50,6 per il solo corpo. Il corpo è piccolo, le sacche grandi, con reticolatura a maglie larghe, talora aperte. La cresta è molto prominente, con piccoli rigonfiamenti. L'insieme di questi caratteri porterebbe a classificare il reperto come *Pinus nigra*.

La vegetazione arbustiva è ben rappresentata, a confronto di altri livelli, con *Ilex*, *Cornus*, *Viburnum*; compare qui anche *Vitis*.

All'associazione *Chenopodiaceae-Plumbaginaceae* (*Armeria* cf. *maritima*) si unisce *Plantago*.

Le composite sono del tipo *Ambrosia maritima*. È questo uno dei pochi livelli in cui compare *Typha*.

- cm 420; argilla scura — Pollini: 18 per vetrino in media. Bosco ancora in regresso (A/NA = 36,2/63,8), con *Quercus* come esponente principale. *Rhamnus* e *Ilex* compongono la vegetazione arbusiva.

Le *Chenopodiaceae* (56,0%) subiscono un aumento notevole, ri-

spetto al livello sottostante, e sono affiancate da una modesta percentuale di *Stacice*. Le *Cyperaceae* sono in piccola quantità (2,0%) mentre le *Graminaceae* equilibrano quantitativamente le *Chenopodiaceae*.

Circa il 4% delle *Graminaceae* è di dimensioni notevolmente superiori a  $\mu$  40. In accordo con la datazione a mezzo RC, che pone questa parte del profilo in epoca storica, troviamo rappresentate specie coltivate. Alcuni granuli molto grandi presentano evidenti e ben riconoscibili i caratteri riscontrati da BEUG (1961) per *Triticum spelta*: diametro del granulo  $\mu$  70 circa; diametro del poro  $\mu$  8,5; *annulus* largo  $\mu$  4,3 e alto  $\mu$  5,2.

Molte delle *Compositae* sono tipo *Ambrosia maritima*. Piccole quantità di *Lemna* e *Potamogeton* sono presenti e accompagnano più o meno tutta la parte superiore del profilo.

La presenza di *Hedera* più che un significato climatico, potrebbe avere quello di presenza di stazioni antropiche adatte (muri, ecc.).

Nel corso dell'analisi sono stati osservati vasi areolati di tipo abiettoideo.

- cm 415; strato con resti vegetali e molluschi — La frequenza è di 23 granuli per vetrino. Si constata una risalita del pino e della percentuale di arboree (A/NA=54/46). Anche la quercia aumenta la sua percentuale, anzi raggiunge a questo livello il suo massimo (32,0%), accompagnata da olmo e carpino, che portano il valore totale del querceto a 46,0%. Il solo *Rhamnus* rappresenta gli arbusti.

La formazione alofila (barene?) è sempre presente, però con *Chenopodiaceae* più scarse. *Typha* segna a questo livello un'altra delle sue rare presenze. Fra le *Compositae* domina il tipo *Cirsium*.

- cm 408; argilla scura con macchie vermiculari di argilla più chiara — La presenza dei pollini si aggira circa su 25 granuli per vetrino. Le arboree sono a questo livello leggermente inferiori alle non arboree (A/NA=40,8/59,2).

Fra le entità arboree, che sono più o meno quelle degli altri livelli del complesso superiore, è presente *Tilia*. Inizia da questa profondità la curva di *Castanea*, che, per la verità, dà sempre valori scarsi e saltuari. Gli arbusti sono *Rhamnus* e *Ilex*. Effettivamente le dimensioni che possono essere raggiunte da individui di *Ilex* è talvolta tale da poterli annoverare nello strato arboreo, ma da tutto l'insieme dello spettro, mi pare di non essere lontana dal vero ritenendo che *Ilex* accompagni in forma arbustiva le specie forestali tra le quali *Fagus sylvatica*.

La flora erbacea è varia, dominata dalle *Graminaceae* e *Chenopodiaceae*, con *Plantago* e *Plumbaginaceae* tipo *Armeria*. Fa una delle sue ultime comparse *Lemna*; non la ritroveremo più, infatti, altro che

nello spettro più alto della serie. Fra le *Compositae*, granuli tipo *Bidens* e *Crepis*.

- cm 400; argilla torbosa con resti vegetali e sabbia — Frequenza di granuli buona: circa 45 per vetrino.

I fatti più salienti di questo livello sono una ripresa in percentuale del pino e un decremento corrispondente della quercia, nel quadro di un regresso generale del bosco ( $A/NA = 28,5/71,5$ ). Manca *Abies*.

Le arbustacee sono rappresentate da *Juniperus*. Le erbacee sono numerose e quelle che possono ritenersi componenti di una formazione alofila (barene o altro), cioè *Chenopodiaceae*, *Statice* e *Armeria*, *Plantago*, forse parte delle *Graminaceae* e di *Artemisia*, si arricchiscono qui di granuli di *Compositae* tipo *Aster* (*Aster tripolium?*).

- cm 398; torba — La frequenza di granuli è poco diversa da quella del livello precedente (38 circa per vetrino). Altrettanto può dirsi per il rapporto  $A/NA = 28,7/71,3$ .

Mancano diverse arboree rappresentate nello spettro precedente (*Picea*, *Corylus*, *Ostrya*, *Carpinus*) mentre ricompare il castagno, con la maggior percentuale di tutto il diagramma. Qualche granulo di pino è di tipo «mugo» per le dimensioni e i caratteri morfologici.

Oltre a *Juniperus*, abbastanza abbondante (11,1%) abbiamo ancora *Rhamnus* e qualche granulo di *Vitis*. E' sempre presente il gruppo di entità da considerare esponenti di particolari stazioni alofile, già trovate nei precedenti livelli. *Potamogeton* raggiunge il valore di presenza più elevato (36,4%) di tutto il complesso superiore. Le Pteridofite comprendono spore di *Selaginella*.

Fra gli altri resti osservati al microscopio sono stati notati frammenti di epidermidi fogliari di *Eriophorum*, di *Carex* (anche cf. *C. rostrata*), di muschi bruni e numerose spore e altri resti fungini.

- cm 395; argilla scura — La frequenza in sporomorfi è di circa 30 granuli per vetrino. Aumentano le arboree ( $A/NA = 43,9/56,1$ ), delle quali però non fanno parte *Picea* e *Corylus*; il faggio ha un leggero aumento. Il querceto misto, composto da *Quercus*, *Carpinus* e *Fraxinus* rimane di poco in sottordine al pino.

*Rhamnus* rappresenta gli arbusti. Le *Plumbaginaceae* sono di tipo *Armeria*; le *Compositae* di tipo *Aster* e *Bidens*.

- cm 390; argilla con resti vegetali — I pollini hanno la frequenza di una quarantina per vetrino. Il rapporto  $A/NA$  è press'a poco invariato. Anche la composizione del ricoprimento boscoso non è molto mutata; ricompaiono *Castanea*, *Ostrya* e *Carpinus* mancanti nei precedenti livelli.

Fra le non arboree, ancora *Rhamnus* e, poche *Ericales* e un insieme assai vario di erbacee nel quale si riconosce ancora l'associazione alofila precedentemente osservata. Le *Compositae* sono di tipo *Aster*, *Ambrosia maritima* e *Anthemis*. Le *Plumbaginaceae* sono di tipo *Statice*.

A questo livello ho rinvenuto pochi esemplari di Istricosferidi, in forme del diametro di circa  $\mu$  44, appendici escluse. Queste sono lunghe circa  $\mu$  10 e, di solito, tripartite. Non potrei però affermare che si siano depositi contemporaneamente ai sedimenti o che siano di origine secondaria. VARMA (1964) ha accennato all'ipotesi che reperti di questo tipo possano trovarsi anche in sedimenti depositi in acqua dolce, non solo in ambiente marino o salmastro, senza però poterla convalidare in modo sicuro. Il dubbio, anche per questo A., sta appunto nel fatto che difficilmente si può capire se questi fossili sono in giacitura secondaria o no. I depositi lagunari possono derivare anche da rocce già contenenti microfossili. Anche qualche rarissimo granulo pollinico, molto corroso, che non ho conteggiato, può trovarsi in giacitura secondaria.

— cm 375; sedimento torboso — Frequenza: circa 35 granuli per vetrino. Delle arboree, in lieve aumento ( $A/NA=45/55$ ), fanno parte le stesse entità del livello sottostante. Manca però *Castanea* ed è presente *Juglans* (2,0%).

Alcune *Chenopodiaceae* di questo strato sono piccole ( $\mu$  17 circa di diametro), con esina molto spessa, e sembrano accostarsi a *Chenopodium glaucum*. Le rimanenti, come in altri livelli, sono di tipo *Salicornia* ( $\mu$  24-25 di diametro). Le *Plumbaginaceae* comprendono *Statice* ed *Armeria maritima*. Fra le preridofite, spore di felci e selaginelle.

— cm 365; sedimento c. s. — Frequenza di pollini come il livello precedentemente illustrato;  $A/NA = 48,6/51,4$ . Aumenta la quercia e diminuisce la presenza del pino (anche *P. nigra?*); ricompare, sempre con valore molto basso, il castagno.

Assai poco varia è la flora erbacea, della quale fanno parte le solite entità: *Graminaceae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, inoltre felci e selaginelle.

— cm 355; argilla scura con macchie vermiculari di argilla più chiara — La frequenza pollinica si mantiene costante. Aumenta ancora il pino fino a raggiungere il valore di 37,0% e, mentre l'abete a questo livello manca, *Picea* tocca il massimo di questo complesso superiore della serie (11,0%). Il querceto subisce un leggero regresso.

Fra le non arboree, che superano appena le arboree ( $A/NA=40,6/$

59,4) ricordiamo *Cornus*, *Viburnum* ed *Ericales*, e una flora erbacea nuovamente ricca e numerosa.

Delle *Graminaceae* una esigua parte (2,0% contro 12,0%) è maggiore di  $\mu$  40. Le *Plumbaginaceae* sono di tipo *Armeria maritima* e *Statice*; le *Caryophyllaceae* tipo *Sagina*.

Fra le spore di *Pteridophyta*, tutte *Filicinae*, è stato riconosciuto un granulo di *Osmunda regalis*.

— cm 345; argilla bruno-chiaro — Granuli 23 circa per vetrino.  $A/NA = 47,3/52,7$ . Il ricoprimento arboreo comprende quasi tutte le specie forestali rappresentate nel diagramma incluse *Castanea* e *Juglans*. Anche le non arboree costituiscono un insieme abbastanza vario. Anche a questo livello abbiamo una piccola percentuale di *Graminaceae* del tipo maggiore di  $\mu$  40. Fra le *Compositae* sono stati riconosciuti granuli tipo *Cirsium*, *Aster (tripolium?)*, *Anthemis*. Le Pteridofite sono tutte rappresentate da spore di felci.

— cm 339; argilla nera, ricca di sostanza organica — Questo livello è caratterizzato da un contenuto abbastanza basso di sporomorfi: non più di una quindicina per vetrino. Il rapporto percentuale fra arboree e non arboree è a favore di queste ultime ( $A/NA = 40/60$ ).

Mancano diverse entità arboree dei livelli sottostanti, fra le quali *Picea* e tutte le specie compagne della quercia. È presente una certa percentuale di *Larix*.

Fra le erbacee predominano le *Chenopodiaceae* (tipo *Suaeda*), questa volta senza il consueto accompagnamento di entità più o meno alofile. Si trova ancora una piccola quantità di *Lemna*, oltre a selaginelle e lycopodi.

#### IL DIAGRAMMA POLLINICO

Come già si è detto, i primi tre metri circa di carota non hanno potuto essere prelevati. Le curve relative alle varie entità subiscono poi delle interruzioni per due motivi: alcuni tratti della serie sono sterili o hanno un contenuto in sporomorfi tanto basso da non permettere di completare un'analisi. Anche metodi di arricchimento non hanno dato in questi casi risultati positivi. Altre lacune sono causate dal fatto che il sedimento sabbioso (e quindi molto probabilmente povero o privo di pollini) non è stato prelevato dal carotiere.

Partendo dal basso, la prima lacuna del diagramma (sopra il campione — cm 2560-2600) è causata in parte da sedimenti sterili o quasi, in parte da campionatura non prelevabile. La seconda da mancanza di

sporomorfi; così pure la terza, che coincide con uno strato di sabbia sovrastante il banco torboso fra - cm 2300-2330. La quarta lacuna è dovuta nella sua parte inferiore a mancanza del campione e nella parte superiore alla presenza di sabbie con contenuto irrilevante di pollini.

Al di sopra del livello - cm 1889 si ha uno *hiatus* nella serie in corrispondenza di un banco sabbioso sterile, poi nuovamente una serie di campioni sterili sopra il livello - 1350. La settima lacuna, a partire dal basso, è data da un banco sabbioso privo di pollini. L'ultima verso l'alto è dovuta alla presenza di argille e sabbie sterili, con una sola, breve mancanza della campionatura fra - cm 652-618.

Da notare che i pochi granuli reperiti negli strati non analizzabili, appartengono quasi sempre ad entità terminocratiche. In generale si tratta di *Pinus*, qualche volta di *Betula* o *Salix*, o anche di *Picea*. Solo verso il basso (- cm 2480 e - cm 2365) ho trovato rispettivamente un granulo di *Carpinus* e uno attribuibile a *Quercus*, sempre però accompagnati da alcuni pollini di *Pinus*. Di questo fatto si può tener conto nel corso della discussione dei risultati.

Uno sguardo d'insieme alle curve delle diverse entità, arboree e non arboree, permette di distinguere nella storia palinologica emergente dalle presenti ricerche due capitoli distinti. La parte inferiore, circa da 10 metri in giù, caratterizzata essenzialmente dal pino, tormentata come sedimentazione ed anche discontinua. Il tratto dal top della carota fino a circa cinque metri di profondità, di sedimentazione regolare, continua, dominata dal querceto e, per le non arboree, clamorosamente dalle *Chenopodiacee*.

Mi riferirò quindi a un «complesso inferiore» e ad un «complesso superiore» nel corso della disamina dei caratteri delle varie curve e della discussione del loro significato. Il livello pollinifero di - cm 872, dal punto di vista sedimentologico appartiene alla parte della serie a sedimentazione meno tranquilla, quindi si potrebbe accostare al complesso inferiore. Dal punto di vista paleofloristico, invece, come si vedrà, è completamente a sè, o può essere considerato di passaggio dalla parte inferiore a quella superiore.

Al complesso superiore si può attribuire un'età assoluta, in quanto la datazione (1) con RC su gusci di molluschi ha dato per i sedimenti a circa m 5 di profondità anni - 1700  $\pm$  132.

In questa parte ci troviamo quindi di fronte a vicende storiche, che

(1) BONATTI E., *in litteris*, 12 agosto 1965.

sarà altrettanto interessante conoscere nei dettagli che l'analisi palinologica può dare, quanto quelle relative a periodi d'età preistorica.

Se prendiamo in considerazione le curve di ciascuna entità, vediamo che *Pinus* per tutto il complesso inferiore si mantiene su percentuali molto alte, superando anche il 90,0% però con numerose oscillazioni. Le discontinuità già accennate delle curve fanno sì che si abbiano lacune nella storia forestale non colmabili altro che facendo supposizioni anche in base agli scarsi reperti dei livelli quasi sterili. Comunque nel banco torboso sotto i cm 2300 si riconoscono due improvvisi decrementi percentuali, che fanno scendere la curva del pino su valori intorno al 60%.

Nel complesso superiore il pino passa a valori poco sopra o poco sotto al 20-30%. Questa caduta avviene probabilmente in modo brusco come in altri diagrammi della pianura padano-veneta (2), ma la nostra serie di spettri non coglie questo momento.

Nella parte storica del diagramma, la curva del pino oscilla entro limiti modesti, come si può vedere, con due massimi più evidenti; uno a - cm 400 l'altro a - cm 355, in relazione a leggeri straterelli torbosi.

*Abies* manca completamente nei due livelli più profondi, e fa sentire appena la sua presenza nel banco di torba inferiore. Ha invece una curva pressoché continua nel complesso superiore. Nel livello isolato di - cm 872, e qui soltanto, assume una importanza di primo piano nello spettro delle entità forestali.

Anche *Picea* fa sporadiche comparse nella parte inferiore del diagramma, ed è invece rappresentata in alto, con oscillazioni toccanti massimi di modesta entità (10-11%).

*Betula* ha pure oscillazioni e discontinuità nella parte inferiore, dove tocca il suo massimo a - cm 2325. Nella parte superiore la sua storia si fa continua, senza che siano oltrepassati valori percentuali dell'ordine del 17-18%. Un discorso analogo si può fare per altre essenze come *Alnus*, *Salix*, *Fagus*, *Corylus*. Il faggio fa addirittura una sola comparsa di poca entità a - cm 2310, mentre nel complesso superiore è presente con modeste percentuali, ma in continuità.

La formazione che, sporadicamente rappresentata nel complesso inferiore, dà invece un'impronta particolare alla parte superiore del diagramma è il querceto misto. In questa formazione *Quercus* è accompagnata specialmente da *Carpinus* e *Ulmus* e, in sottordine, da *Acer*, *Ostrya* e *Fraxinus*. Due sole comparse, con percentuale minima fa *Tilia*.

(2) Recentemente abbiamo riscontrato tale carattere in un diagramma ottenuto dallo studio di una trivellazione eseguita a Modena (BERTOLANI MARCHETTI e CUPISTI, 1966). In questo settore, almeno da quanto risulta dalle nostre analisi, alla foresta di Pino è succeduto il querceto igrofilo di pianura, senza un notevole affermarsi di formazioni forestali intermedie.

Da circa 4 metri di profondità si nota la presenza di *Castanea* che ha un piccolo apice a - cm 398 e un leggero incremento (5,0%) nel livello più alto. In alcuni livelli della parte storica della serie abbiamo anche *Juglans*.

La curva del rapporto arboree-non arboree ha oscillazioni maggiori nella parte più profonda dei sedimenti, poi, già nella parte più recente del complesso inferiore e anche in quello superiore, decorre senza forti variazioni e quasi sempre con predominio delle non-arboree.

Fra le non arboree, vediamo molto spesso dominare le *Graminaceae*, e toccare ai livelli - cm 2325 e - cm 1077 valori superanti di molto quelli delle arboree. Non frequenti sono i granuli di diametro maggiore di 40 micron, le cui percentuali nel grafico sono rappresentate con tratteggio orizzontale. Nella parte storica si hanno tre apici e una tendenza all'aumento percentuale si nota anche nell'ultimo livello pollinifero verso l'alto.

Le *Cyperaceae* hanno un andamento spesso più attenuato ma abbastanza simile. Solo intorno alla profondità di tredici metri e mezzo esse superano le *Graminaceae*.

*Artemisia* ha una sola punta notevole in corrispondenza dell'apice inferiore delle graminacee e un massimo secondario verso l'alto del diagramma. In considerazione di quanto si è detto relativamente a questo genere trattando del livello - cm 1350, si può pensare che sia probabile che queste due punte abbiano un significato completamente diverso una dall'altra.

È da prendere in considerazione l'andamento della curva delle *Chenopodiaceae*, le quali nel complesso inferiore sono presenti quasi esclusivamente al livello del banco torboso di - cm 2300 circa, con due punte del valore massimo di 12,3%, insieme ad una scarsa quantità di *Plantago*. Granuli di quest'ultimo tipo sono invece abbondanti ai livelli intorno a - cm 1350, dove compaiono anche le *Chenopodiaceae*.

Nel complesso superiore le *Chenopodiaceae* assumono un'importanza veramente notevole, sono presenti in ogni livello e toccano valori percentuali elevati. Si hanno infatti massimi di 66,7%, 56,0%, 57,5% e ancora 56,0%, intercalati da flessioni che portano la curva intorno a 30,0% o anche (come a livello - cm 365) a 14,0%.

*Plantago*, sempre non molto rappresentata, e una certa quantità di *Plumbaginaceae* (mancanti nella parte inferiore della serie) fiancheggiano la curva delle *Chenopodiaceae*. Questo gruppo di entità, alle quali si può probabilmente aggiungere altre come *Compositae* (*Aster* e altre), *Artemisia* ecc. può rappresentare condizioni di vegetazione tipo barena o altre di laguna o costiere.

La frequenza lungo il diagramma di *Potamogeton*, entità che ha un massimo fortissimo (199,9) in corrispondenza della base del banco tor-

boso inferiore, fa pensare alla presenza di canali lagunari o di acque lentamente scorrenti continentali. Quest'ultimo caso sembra più probabile quando si ha concomitanza con la presenza di *Lemma* e altre igrofite. Curve pressoché continue hanno *Ranunculaceae* e *Liliiflorae*, mentre lo strato arbustivo non assume mai grande importanza percentuale né è ricco di specie.

### Interpretazione dei dati palinologici e conclusioni

L'osservazione del diagramma delle Motte di Volpego può portare ad alcune considerazioni.

Le condizioni climatiche di ciascun livello ci vengono indicate specialmente dalle arboree. La presenza delle non arboree, anzi meglio delle erbacee, dovrebbe essere in parte legata a condizioni locali. Ad esempio, la presenza di una vegetazione erbacea su isole lagunari e di bosco lontano, nell'entroterra, dovrebbero portare a una sovrabbondanza di erbacee nella sedimentazione.

Dobbiamo anche tener conto del fatto che il polline deposto nei sedimenti proviene non solo da vegetazione strettamente locale o da un raggio limitato di chilometri per trasporto aereo, ma può anche essere fluitato da molto lontano (dai rilievi incombenti sulla pianura) per mezzo dei corsi d'acqua. Quest'ultima forma di apporto dovrebbe però essere di entità minore (3). Questo nel caso di un bacino tranquillo.

(3) Per dare un'idea di quello che può essere una pioggia pollinica in laguna in rapporto alla vegetazione, riporto dati inediti di ricerche, tutt'ora in corso, sui pollini della atmosfera del Lido di Venezia. I vetrini che hanno servito per le ricerche, sono stati esposti all'aria; non si tratta quindi di materiale sedimentato in acqua, però la relazione fra pollini dell'aria e polline che si depone in uno specchio d'acqua è evidentemente abbastanza stretta. I dati riguardano il periodo maggio-giugno. Le percentuali ottenute dal conteggio di 995 granuli di essenze arboree e 1806 di non arboree sono riportate di seguito:

<i>Pinus</i>	61,9%	<i>Ulmus</i>	1,3	<i>Potamogeton</i>	0,4%
<i>Picea</i>	24,7	<i>Celtis</i>	0,1	<i>Graminaceae</i>	124,1
<i>Abies</i>	1,3	<i>Fagus</i>	0,1	<i>Cyperaceae</i>	2,3
<i>Taxodium</i>	0,4	<i>Quercus</i>	2,1	<i>Chenopodiaceae</i>	3,4
<i>Taxus</i>	0,3	<i>Platanus</i>	0,5	<i>Ranunculaceae</i>	3,6
<i>Betula</i>	2,2	<i>Tilia</i>	0,5	<i>Rosaceae</i>	6,6
<i>Alnus</i>	0,3		—	<i>Phyllirea</i>	7,7
<i>Carpinus</i>	1,1		100,0	<i>Plantago</i>	5,5
<i>Ostrya</i>	0,3			<i>Artemisia</i>	0,5
<i>Corylus</i>	1,9			<i>Liliiflore e altre</i>	26,4
<i>Juglans</i>	0,6				—
<i>Salix</i>	0,4				rispetto alle arboree 180,1

È da tener presente che alcune piante sono coltivate nei giardini del Lido (ad es. *Taxodium*); per altre il polline è portato evidentemente dalla terraferma a mezzo del vento. Per le non arboree, notiamo la presenza sensibile delle *Ranunculaceae* e delle *Liliiflorae*, che hanno nel diagramma delle Motte una presenza continua. Scarseggiano le *Cyperaceae*, inoltre le abbondantissime *Graminaceae* hanno misure variabili fra 20 e 43 micron, che sono proprio le dimensioni (superanti di poco il limite di  $\mu$  40) riscontrate nel corso delle analisi palinologiche delle Motte di Volpego.

Nell'alto Adriatico la deposizione di una serie può essere complicata da azioni di correnti marine, erosioni, risedimentazioni, ecc. Occorre perciò procedere con la dovuta cautela nella interpretazione dei fatti paleofloristici e paleoclimatici che possono emergere dai dati acquisiti con lo studio palinologico dei sedimenti.

Come già si è accennato all'inizio del precedente capitolo, uno dei fatti più evidenti che appare dai diagrammi delle arboree è la presenza nel complesso inferiore di una copertura forestale variabile come densità, ma nella quale predomina il pino in modo talvolta quasi assoluto.

Queste alte percentuali di pino in periodi di clima freddo sono state già ritrovate in altri sedimenti padano-veneti (DALLA FIOR 1937; FIRBAS e ZANGHERI 1934; MARCHESONI 1959; MARCHESONI e PAGANELLI 1960; PAGANELLI 1960 e 1961) e ci confermano che la vegetazione glaciale della pianura che sbocca nell'alto Adriatico è stata un bosco di pino silvestre con pino mugo, che lasciava altre essenze forestali in completa minoranza.

Si può ritenere, a grandi linee, che il complesso inferiore corrisponda a un tratto di Würmiano. Vediamo però più in dettaglio gli eventi floristici che si verificano in questa parte della serie.

Il livello più profondo analizzato, e anche quello immediatamente sovrastante sono manifestamente di clima freddo. Il banco torboso fra - cm 2325 e 2300 circa, oltre all'oscillazione secca e meno fredda che ha alla base della sua deposizione (v. pg. 198), presenta due evidenti flessioni della curva del pino, in corrispondenza delle quali il bosco è più rado e si insedia la betulla. Il nocciolo e un po' di querceto fanno la loro comparsa. Si notano lungo il banco anche piccole quantità di abete bianco. Fra le abbondanti erbacee figurano *Chenopodiaceae* e *Plantago*.

Al tetto del banco si ha una ripresa di clima più fresco, con tendenza a continentale (*Picea*), preceduta da un accenno oceanico dato dal faggio. A - cm 2270, - cm 1915, - cm 1889, ancora freddo e piuttosto continentale. Lo strato di argilla torbosa a - cm 1350-52 coglie un momento di flessione del pino e incremento del querceto.

Per quel che riguarda la serie fra - cm 1080 e - cm 1050 circa, si può dire che il clima lungo questo tratto si mantiene freddo. La percentuale del pino resta su valori elevati, con una leggera diminuzione al centro. Il querceto accenna appena la sua presenza. Fra le erbacee, mancano quasi completamente le entità che abbiamo considerato indice di formazioni costiere e lagunari.

Dopo un intervallo sedimentario sabbioso e argilloso sterile, si trova che a livello - cm 872 il pino ha subito una fortissima diminuzione, non bilanciata dall'aumento del querceto, ma da un grande sviluppo dell'abete bianco e, in misura molto minore, della *Picea*.

Siamo evidentemente in fase di passaggio dal predominio del pino a quello del querceto, ma è solo a questo livello che troviamo traccia di tale tipo di vegetazione.

Passando al complesso superiore, datato in epoca storica, vediamo che, in accordo con quanto enunciato da MARCHESONI si ha una vegetazione forestale costituita da un querceto-carpinetto, ricca di altre entità arboree e di felci, che rappresenta il climax della pianura padana e che segue l'insediamento del *Pinetum* prima e dell'*Abietum-Fagetum* poi.

Si è tentata qualche indagine sui pollini di *Quercus* di questi livelli in base a caratteri biometrici (BONATTI S. 1966), che ha portato al riconoscimento di granuli di *Quercus pedunculata* e, in sottordine di *Quercus cerris*. È appunto la farnia che partecipa al querceto-climax e la troviamo nella parte superiore del nostro diagramma, accompagnata da tutte le specie forestali di questo tipo di formazione.

Le vicende di questa parte del diagramma, dove vediamo rappresentata una formazione in equilibrio, decorrono, secondo quanto si può desumere dalla curva delle arboree, senza mutamenti bruschi e salienti.

All'altezza del banco torboso intorno a - cm 400 si nota un rinfrescarsi del clima segnato da un debole aumento del pino e da una leggera flessione del querceto.

A un certo punto si delinea nel diagramma la curva del castagno. Nei diagrammi postglaciali questa specie non compare per solito così tardi. D'altronde non si può affermare, date le lacune della sedimentazione, che questa sia la sua prima comparsa in laguna. Anche nel diagramma di HOROWITZ il castagno compare verso l'altro. Esso ha una curva continua a partire da - cm 175, quando *Juglans*, considerata pure legata alla presenza dell'uomo, per di più in epoca storica, è presente circa dalla profondità di tre metri.

Questo impianto molto recente del castagno, di indubbia opera antropica è da tenere in considerazione e potrà essere o no confermato da analisi in altri settori della laguna.

Fra i diagrammi delle non arboree, quello delle *Chenopodiaceae* (affiancato dalle curve delle *Plumbaginaceae*, *Plantago*, probabilmente *Artemisia*, altre *Compositae*, nonché *Graminaceae* e *Cyperaceae*) ci fa vedere condizioni ormai affermate di vegetazione lagunare. Le fluttuazioni anche forti della curva delle *Chenopodiaceae* sono probabilmente collegate a variazioni locali, che si rispecchiano del resto nelle variazioni di tipi di sedimenti di questa parte della carota.

(4) Sono anche stati trovati pochissimi granuli rientranti nel campo di variabilità di *Quercus ilex*.

Sarà interessante fare una correlazione fra questa parte datata del diagramma, con le notizie storiche sull'ambiente e le vicende della Laguna veneta dall'epoca romana in avanti.

Riprendiamo in considerazione il diagramma nel suo insieme e anche i pochi reperti degli strati sabbiosi quasi sterili.

Alla luce di un primo gruppo di analisi in fase preliminare (BERTOLANI MARCHETTI e MARCELLO 1964) si era formulata l'ipotesi che i tre banchi torbosi rappresentassero tre pulsazioni climatiche e che nella serie potessero essere in relazione col Würm II, il Würm III e il postglaciale. Questo in attesa che ulteriori e più dettagliate ricerche, datazioni con RC ecc., permettessero di fornire un'interpretazione definitiva sia cronologica che paleofloristica.

Poichè i banchi di torba sono quelli che hanno fornito la maggior parte di dati nella nostra serie, si può tentare di confrontarli e vedere a quali conclusioni può portare il loro esame.

Nella torba più profonda (sotto - cm 2300) il diagramma mette in evidenza un clima in complesso fresco, ma con cedimenti della curva del pino e presenza di termofile (querceto, *Corylus*). Contemporaneamente si hanno episodi a *Chenopodiaceae* e altre entità erbacee indicanti ambiente press'a poco lagunare. Torba costiera, quindi, o di zona molto prossima alla costa, deposta in periodo relativamente freddo, ma con oscillazioni che danno luogo alla presenza di elementi termofili nel bosco.

Il banco sotto - cm 1000 è caratterizzato da un clima freddo ed è manifestamente una torba continentale, senza rappresentanze, nei pollini, di formazioni lagunari.

Gli episodi torbosi del complesso superiore rispecchiano vicende climatiche recenti e si sono svolti in ambiente decisamente lagunare.

Se si vuol tener conto dei pochi reperti degli strati sabbiosi intercalati ai livelli polliniferi, si può osservare che solo al di sotto della torba meno «fredda» si è trovato insieme al pino qualche raro granulo di termofile. Gli altri reperti sono esclusivamente di entità di clima freddo.

Mi pare evidente che in una sedimentazione complessa come quella lagunare, non si possa semplicemente ritenere che torba significhi regressione e periodo glaciale. Questo può valere per il banco torboso intorno a - 10 metri, deposto in ambiente continentale, dove la scarsità di apporto di acqua, trattenuta dai ghiacciai, può aver portato un bacino a raggiungere lo stadio di torbiera.

Per le torbe lagunari (il banco profondo e quello attuale) si deve fare un discorso diverso. Non sono le trasgressioni e regressioni legate ai glaciali che influenzano la loro formazione, anche se un periodo generale di regressione può favorirla.

È stata prospettata da RUGGIERI e SELLI (1949) l'ipotesi che i movimenti di subsidenza regionali possano avere attenuato e anche talvolta annullato nell'alto Adriatico gli effetti del cambiamento di livello del mare dovuti alle variazioni climatiche delle vicende glaciali.

Anche questo fatto porta a pensare che la formazione di queste torbe costiere sia piuttosto legata alle deposizioni di cordoni litorali e conseguenti chiusure di bacini, per azione delle correnti.

Per la stessa ragione riesce anche difficile, specialmente in mancanza di datazioni assolute, coordinare i livelli torbosi, che possono trovarsi in perforazioni eseguite in settori diversi; a meno che i diagrammi in cui sono compresi non presentino tratti riconoscibili e comuni, che permettano la loro correlazione.

La variabilità del sottosuolo lagunare è stata rilevata anche da COLOMBO e MATTEOTTI (op. cit.) che hanno studiato dal punto di vista geo-sedimentologico materiali provenienti da trivellazioni in laguna diversamente ubicate.

Questa struttura a «zolle» con diverso grado di sprofondamento, con bacini colmati in periodi diversi, crea quindi difficoltà nello studio paleontologico e stratigrafico delle campionature.

Per ciò che riguarda la serie delle Motte di Volpego, possiamo tentare una collocazione cronologica in via del tutto ipotetica e in attesa di altre datazioni con RC.

Il diagramma riguarda nel complesso inferiore parte dell'ultimo glaciale e tratti del postglaciale, con le discontinuità già accennate. La torba inferiore con le oscillazioni a clima meno freddo, potrebbe rappresentare o una pulsazione all'inizio del postglaciale, o l'interstadio Würm II - Würm III. Se fosse vera quest'ultima ipotesi, si potrebbe affermare che la lacuna floristica del Veneziano era allora già in atto e che gli interstadi del Würm, o almeno l'ultimo, avevano un carattere fresco.

Inoltre sembra, sempre considerando le peculiarità del banco torboso profondo, che episodi lagunari si siano verificati anche in periodi collocabili verso l'ultima parte del Würm, o nell'immediato postglaciale.

La datazione con RC colloca invece in età storica il complesso superiore, che vede la laguna completamente affermata.

#### Riassunto

Nel 1963 è stata eseguita, a cura dell'Istituto di Studi Adriatici di Venezia, una trivellazione in Laguna, nella località Motte di Volpego. Il presente lavoro riguarda lo studio palinologico della campionatura ottenuta (che tocca la profondità di una trentina di metri)

e fa parte di una serie di ricerche condotte da studiosi di diverse specialità.

È stata eseguita a cura del dott. E. Bonatti una datazione con RC, che ha dato per i sedimenti a m 5 di profondità un'età di anni - 1700 ± 23.

Sono stati esaminati 102 campioni, di tutti i tipi di sedimenti della carota, che aveva una composizione varia, con banchi sabbiosi, argillosi e torbosi. I risultati delle analisi polliniche sono esposti nella tabella e nel grafico.

Nello studio della storia palinologica, rivelata dall'esame dei livelli polliniferi della campionatura, viene distinto un «complesso inferiore» dal fondo fino a una diecina di metri di profondità, e un «complesso superiore», da cinque metri di profondità fino al top della carota. Il livello di - cm 872, isolato fra strati sterili, è di passaggio dall'uno all'altro.

Sono rappresentate nel grafico le tre formazioni vegetali, che hanno successivamente occupato la pianura padano-veneta dal glaciale in poi: bosco di pino (silvestre e anche mugo); bosco di abete e faggio (appena accennato al liv. - cm 872) ed infine querceto-carpinetto (nel complesso superiore).

Dal punto di vista sedimentologico, un primo esame ha fatto attribuire la parte inferiore della carota, più varia e tormentata, ad ambiente continentale, fluviale o deltaico; nella parte superiore sono stati riconosciuti sedimenti decisamente lagunari. Lo studio palinologico ha messo in evidenza un accenno di formazione lagunare anche in un banco torboso alla profondità di una ventina di metri (abbondanza di *Chenopodiaceae* ecc.), che coincide con qualche debole oscillazione climatica, che fa diminuire la curva del pino a vantaggio del querceto.

Nel complesso superiore, anche dal punto di vista palinologico, la laguna è completamente affermata e si possono notare fra le piante erbacee i granuli provenienti da associazioni di barene (*Chenopodiaceae*, *Plumbaginaceae*, certe *Compositae*, *Graminaceae* alofile ecc.).

A - 10 m circa un altro banco torboso rivela un ambiente freddo e di tipo completamente continentale.

Dato che nel banco torboso a - m 20 circa si nota una pulsazione del clima, che interrompe la curva della vegetazione glaciale della pianura, si potrebbe (a seconda dell'interpretazione che si può dare a questo lieve miglioramento climatico) ritenere di aver colto col diagramma la fine del W II, l'interstadio (fresco), il W III e quindi il postglaciale; oppure il W III e il postglaciale, con una delle note oscillazioni climatiche. Infine, il complesso superiore ci mostra la vegetazione del territorio della laguna veneta in epoca storica.

Per quel che riguarda i banchi torbosi, si può ancora dire che

non sembra di poter attribuire tutte le torbe della sedimentazione a periodi di deterioramento climatico. Questo è vero per le torbe continentali (v. banco a - m 10 circa), ma per quelle costiere (v. banco a - m 20 circa) può trattarsi di azioni date dalla deposizione di cordoni litorali e quindi dalle correnti. Occorre anche ricordare che nell'alto Adriatico i movimenti di subsidenza regionali possono aver annullato od attenuato gli effetti delle glaciazioni sulle variazioni delle linee di spiaggia.

«A stampa ultimata ricevo dal dott. E. BONATTI la notizia (*in litteris*, 30 - 8 - 1967) che il banco torboso alla profondità di m 23 ha un'età di circa 23.000 anni. Quindi è senz'altro confermata l'ipotesi che una parte del Würm è rappresentata negli strati più profondi della serie delle Motte di Volpego».

### Abstract

CLIMATIC AND BOTANICAL EVENTS OF THE LAST GLACIAL AND THE POST-GLACIAL PERIOD FOUND IN SEDIMENTS IN THE VENETIAN LAGOON

In 1963 the «Istituto di Studi Adriatici» organised a boring in the lagoon, which was made at Motte di Volpego. This present study concerns the pollen analysis of the samples obtained (the boring reached a depth of about 30 metres) and forms part of a series of researches undertaken by specialists in different fields.

A dating by Rc attributed an age of  $-1700 \pm 123$  years to the sediment found at a depth of 5 m.

102 specimens of sediments from the boring, which had a varied composition having sandy, clayey and peaty layers, have been examined. The results of the pollen analyses are shown in the table and in the graph.

In the palynological history, revealed by the study of the polleniferous levels of the boring, we distinguish a 'lower group' from the bottom of to a depth of about 10 metres, and an 'upper group' from a depth of 5 metres to the top of the boring. The level of 872 cm, isolated between sterile layers, is a transition from one to the other.

Represented on the graph are the three forest formations that have, in turn, occupied the Po-Veneto plain from the glacial period onwards: Pine wood (*P. silvestris* as well as *P. mugo*); Fir and Beech wood (barely indicated at the level of 872 cm.) and finally Oak and Hornbeam wood (in the upper group).

A first examination, from a sedimentological point of view, attributed the lower part of the boring (which was more varied and trou-

bled) to a continental, fluvial or deltaic environment; in the upper part sediment of a decided lagoon character has been recognised. Pollen analysis has pointed out a slight indication of lagoon formation also in a peaty layer at a depth of about 20 metres (abundance of *Chenopodiaceae* etc.) that coincides with some slight climatic oscillations that make the pine wood curve diminish to the advantage of the oak grove.

In the upper group, from a pollen point of view, the lagoon is completely asserted and among the herbaceous plants granules caused by association with the sandbank (*Chenopodiaceae*, *Plumbaginaceae*, certain *Compositae*, halophilous *Graminaceae* etc.) can be observed.

At a depth of about 10 metres another peaty layer indicates a cold ambient of a completely continental type.

As, in the peaty layer at a depth of about 20 metres we note a pulsation of the climate that interrupts the curve of the glacial vegetation of the plain, we could (according to the interpretation that can be given to this slight improvement) claim to have embraced with the diagram the end of the W. II, the intervening period (cool), the W. III and then the post glacial period; or the W. III, and the post glacial period, with one of the noted climatic oscillations. Finally, the upper group shows us the vegetation of the territory of the Venetian Lagoon in historic times.

As far as the peaty layers are concerned, we can also say that it does not seem possible to attribute all the peat in the sediment to periods of climatic deterioration. This is true with regards to continental peat (layer at about 10 m) but coastal peat (layer at about 20 m) may depend on actions resulting from the shifting of the littoral dunes and, therefore, from the currents. We must also remember that in the North Adriatic the movements of regional subsidence can have annulled or attenuate the effects of the glaciation on the variations of the beachlines.

### Zusammenfassung

KLIMASCHWANKUNGEN UND FLORISTISCHE ÄNDERUNGEN WAHREND DES LETZTEN GLAZIALS UND DES POSTGLAZIAL DER LAGUNE VON VENEDIG

In Jahr 1963 wurde vom «Istituto di Studi Adriatici di Venezia» eine Bohrung in der Lagune in der Nähe von Morte di Volpego durchgeführt. Die vorliegende Arbeit enthält die Pollenuntersuchungen der bis zu 30 m. tiefen Proben, die zusammen mit mehreren Wissenschaftlern ausgearbeitet wurden.

Eine Datierung mit  $C_{14}$  weiche für die Sedimente in 5 m. Tiefe ein Alter von  $-1700 \pm 132$  Jahren ergeben hat. 102 Proben wurden von allen vorhandenen Sedimenten untersucht, die eine verschiedene Zusammensetzung mit Sandablagerungen, Lehm und Torf zeigten. In Tabellen und graphische Zeichnungen sind die Ergebnisse darüber angeführt.

Beim Studium der palinologischen Geschichte aus den pollenführenden Horizonten lässt sich eine untere Gesamtheit von etwa 10 Metern Tiefe und eine obere von 5 m Tiefe bis an die Spitze der Bohrungen unterschieden. Das Niveau von cm. 872, zwischen sterilen Schichten isoliert, ist der Uebergang von der einen zur anderen Gesamtheit.

Die graphische Darstellung zeigt die drei Pflanzenformationen, die aufeinanderfolgend in der Poebene von der Eiszeit weg vorherrschten: Ein *Pinus*-Wald (*silvestre* und auch *mugo*); Tannen — und Buchenwald (kaum angedeutet bei Niveau - cm. 872) und schliesslich ein *Querceto-Carpinetum* (in der oberen Gesamtheit).

Was die Sedimente betrifft, kann man nach einem ersten Ueberblick die untere Gesamtheit der Bohrung, die abwechslungsreicher und gestört ist, jene vom Binnenland erkennen, oder solche, die einem Fluss oder einem Mündungsdelta entsprechen; in der oberen Gesamtheit könnten deutlich Sedimente einer Lagune erkannt werden. Das palynologische Studium zeigt der Ansatz zu einer Lagunenbildung auch an einer Torfbank in 20 m. Tiefe (Vorherrschen von *Chenopodiaceae* etc.), was mit einer schwachen Klimaschwankung übereinstimmt, welche die Kurve des *Quercetum* im Gegensatz zu *Pinus* begünstigt.

In der oberen Gesamtheit ist die Lagune deutlich entwickelt und unter den kräftigen Pflanzen wären die Pollen von Gesellschaften der Barene (*Chenopodiaceae*, *Plumbaginaceae*, bestimmte Korbblütler, halophile *Graminaceae* usw.) zu erwähnen.

In - 10 m. Tiefe deutet eine weitere Torfbank einen kälteren Standort an und hat gaur kontinentale Merkmale.

Eine bei 20 m. Tiefe zu bemerkende Klimaänderung könnte als das Ende des des W. II, das (kühle) Interstadial, das M.III und schliesslich das Postglazial interpretiert werden. Schliesslich zeigt uns die obere Gesamtheit die Vegetation des Gebietes der Lagune von Venedig in der Geschichte.

Was die Torfbänke anbetrifft, scheint, dass nicht alle Torfablagerungen jeweils Klimaverschlechterungen zuzuschreiben sind. Das bezieht sich auf die Binnentorfablagerungen (siehe die Bank bei 10 m. Tiefe), hingegen könnte es sich bei den in Küstennähe befindlichen (bei 20 m. Tiefe) um strömungsbedingte Sandsysteme handeln. Es soll auch darauf hingewiesen werden, dass die regionalen Schwankungen in der nördlichen Adria wesentlich zu den Schwankungen des Meeresspiegels und der Küstenlinien beigetragen haben können.

## Bibliografia

- BEATSONS, M. E. 1955. *Sub-fossil pollen of Lemna in quaternary deposits*. The New Phytol. 54.
- BÉGUINOT, A. 1913. *La vita delle piante superiori nella Laguna di Venezia*. Pubbl. n. 54 dell'Uff. Idr. del Magistrato alle Acque. Venezia.
- BERTOLANI MARCHETTI, D. e CUPISTI, M. 1966. *Aspetti della vegetazione postglaciale nella pianura modenese. Analisi polliniche in una trivellazione al Collegio Universitario di Modena*. (In corso di stampa).
- BERTOLANI MARCHETTI, D. e MARCELLO, A. 1964. *Le origini remote della lacuna biogeografica del Veneziano*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital. 40, 4<sup>a</sup> Ser. 9. (4)
- BERTOLANI MARCHETTI, D. e MELEN, M. 1966. *Il problema della determinazione specifica dei granuli pollinici dei Pini italiani nelle ricerche palinologiche*. (In corso di stampa).
- BEUG, H. J. 1961. *Leitfaden der Pollenbestimmung*, 1 Stuttgart.
- BONATTI, E. 1963. *Relazione preliminare sull'estrazione di una carota sedimentaria in località «Motte di Volpego», Laguna di Venezia, «in litteris»*.
- BONATTI, S. 1966. *Riconoscimento specifico dei granuli pollinici di alcune Querce italiane*. (In corso di stampa).
- CESSI, R. 1960. *Evoluzione storica del problema lagunare*. Atti Conv. Conserv. e Difesa della Laguna e Città di Venezia. Ist. Veneto Sc. Lett. Arti.
- CHIARUGI A. 1925. *La fioritura della «Lemna minor» L. e della «Lemna polyrrhiza» L. nell'Orto Botanico di Firenze*. Bull. Soc. Bot. Ital.
- COLOMBO, P. e MATTEOTTI, G. 1963. *Contributo allo studio delle caratteristiche geotecniche dei terreni della Laguna di Venezia e zone limitrofe*. Atti Ist. Veneto Sc. Lett. Arti. 121 cl. Sci. Mat. Nat.
- DALLA FIOR, G. 1937. *Sopra una serie di analisi polliniche della bassa pianura veneta*. Nuovo G. Bot. Ital. n.s. 44 (3).
- DE SLOOVER, J. 1961. *Note sur le pollen de Lemna minor L.* Pollen et Spores 3 (1).
- DUBOIS, C. et ZANGHERI, P. 1957. *Examen pollinique d'un sédiment tourbeux de la plaine de Ravenne (Italie)*. C. R. Soc. Géol. Fr. n. 2.
- ERDTMAN, G. 1943. *An Introduction to Pollen Analysis*. Chron. Bot. 12.
- ERDTMAN, G. 1952. *Pollen and Spore morphology Plant Taxonomy. Angiospermae*. Upsala.
- ERDTMAN, G. 1957. *Pollen and Spore Morphology Plant Taxonomy. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta*. Upsala.
- ERDTMAN G., BERGLUND B. e PRAGLOWSKI J. 1961. *An introduction to a Scandinavian Pollen Flora*. Upsala.
- FAEGRI, K. e IVERSEN, J. 1964. *Textbook of Pollen Analysis*. Munksgaard.
- FIRBAS, F. e ZANGHERI, P. 1934. *Eine glaziale Flora von Forlì, südlich Ravenna*. Geobot. Inst. Rübél, Heft 12.
- GIACOMINI, V. 1958. *La Flora*. T.C.I. «Conosci l'Italia» 2.
- HOROWITZ, A. 1966. *Palynological studies in the Lagoon of Venice*. Mem. Biogeogr. Adriat. 7.
- KELLER, P. 1932. *Storia postglaciale dei boschi dell'Italia Settentrionale*. Arch. Bot. 8.
- LEONARDI, L. 1960. *Cause geologiche del graduale sprofondamento di Venezia e della sua laguna*. Atti Conv. Conserv. e difesa della Laguna e Città di Venezia. Ist. Veneto Sc. Lett. Arti.
- MARCELLO, A. 1960. *Lacuna floristica del Veneziano e sue condizioni bioclimatiche*. Mem. Biogeogr. Adriat. 5.
- MARCELLO, A. 1960. *Sintesi di paleoecologia lagunare*. Atti Conv. Conserv. e difesa della Laguna e Città di Venezia. Ist. Veneto Sc. Lett. Arti.
- MARCELLO, A. 1961. *Divagazioni veneziane per la presentazione di un libro*. G. Econ. de la Camera di Commercio di Venezia.
- MARCELLO, A. 1961. *Lacuna floristica del Veneziano e suo significato biogeografico*. Arch. Bot. Biogeogr. Ital. 37, 4<sup>a</sup> Ser. 6 (4).
- MARCELLO, A. 1962. *Il bioclina del Veneziano nei suoi riferimenti alla vita vegetale*. Arch. Ospedale Mare, Venezia 14.
- MARCELLO, A. 1964. *Prime notizie di nuovi carotaggi nella Laguna di Venezia*. G. Bot. Ital. 71.

- MARCELLO, A. e PIGNATTI, S. 1963. *Fenoantesi caratteristica sulle barene nella Laguna di Venezia*. Mem. Biogeogr. Adriat. 5.
- MARCHESONI, V. 1959. *Ricerche pollinologiche in sedimenti torbosi della Pianura Padana*. Nuovo G. Bot. Ital. n.s. 66 (1-2).
- MARCHESONI, V. e PAGANELLI, A. 1960. *Ricerche sul Quaternario della Pianura Padana*. 1) *Analisi polliniche di sedimenti torbo-lacustri di Padova e Sacile*. R. C. Ist. Sci. Camerino, 1.
- MONOSZON, M. H. 1964. *Pollen of halophytes and xerophytes of the Chenopodiaceae Family in the periglacial zone of the russian plain*. Pollen and Spores 6 (1).
- MORANDINI, G. 1960. *Elementi geografici e aspetti morfologici della Laguna*. Atti Conv. Conserv. e Difesa della Laguna e della Città di Venezia. Ist. Veneto Sc. Lett. Arti.
- PAGANELLI, A. 1961. *Ricerche sul Quaternario della Pianura Padana*. (11) *Analisi polliniche di sedimenti torbo-lacustri di Cà Marcozzi (Delta Padano)*. R. C. Ist. Sci. Camerino, 2 (1).
- PIGNATTI, S. 1959. *Ricerche sull'ecologia e sul popolamento delle dune del litorale di Venezia - Il popolamento vegetale*. Boll. Mus. St. Nat. Venezia 12.
- POKROWSKAIA, J. M. 1958. *Analyse pollinique*. Ann. Serv. Géol. B. R. G. G. M. Paris.
- RUGGIERI, G. e SELLI, 1949. *Il Pliocene e il Postpliocene dell'Emilia*. G. Geol. 20, ser. 3.
- VARNA C. P. 1964. *Do Dinoflagellates and Hystrichosphaerids occur in fresh water sediments?* Grana Palyn. 5 (1).
- ZANGHERI, P. 1962. *La stazione preistorica del Cappuccini (Forlì) e considerazioni sulla Paleogeografia quaternaria della pianura romagnola*. Preistoria della Romagna, in Documenti e Studi, Dep. St. Patria per le Province di Romagna, 7, Bologna.

Tipo-lito TECNOGRAFICA - Parma





<i>Potamogeton</i>	<i>cf. Lemna</i>	<i>Rhannus</i>	<i>Ilex</i>	<i>Cornus</i>	<i>Vitis</i>	<i>Juniperus</i>	<i>Pteridophyta</i>	NA indetermin.	Altre NA
-	5,0	-	-	-	-	-	10,0	5,0	<i>Hedera</i> 40,0; <i>Lythrum</i> 5,0
2,0	-	-	-	-	-	2,0	7,0	2,0	<i>Dipsacaceae</i> 1,0; <i>Viola</i> 1,0
8,0	-	-	-	2,0	-	-	18,0	4,0	<i>Viburnum</i> 2,0; <i>Geraniaceae</i> 2,0; <i>Caryophyllaceae</i> 4,0
-	-	-	-	-	-	-	8,0	10,0	
2,0	-	6,0	-	-	2,0	-	16,0	6,0	<i>Urtica</i> 4,0
6,0	-	2,0	-	-	-	-	-	3,0	
-	-	2,5	-	-	-	-	15,0	12,5	<i>Rubus</i> 2,5
36,4	-	7,5	-	-	3,0	-	11,1	6,1	<i>Geraniaceae</i> 6,1
17,5	-	-	-	-	-	2,5	2,5	5,0	<i>Polygala</i> 5,0; <i>Myosotis</i> 2,5
6,0	6,0	8,0	2,0	-	-	-	6,0	8,0	<i>Viola</i> 2,0; <i>Myosotis</i> 2,0; <i>Umbelliferae</i> 2,0
2,0	-	4,0	-	-	-	-	2,0	10,0	<i>Caryophyllaceae</i> 2,0; <i>Typha</i> 4,0
6,0	2,0	10,0	2,0	-	-	-	14,0	-	<i>Caryophyllaceae</i> 2,0; <i>Hedera</i> 2,0
8,0	-	-	2,0	4,0	2,0	-	6,0	8,0	<i>Viburnum</i> 2,0 <i>Typha</i> 2,0
8,6	-	4,3	-	-	-	-	2,9	-	
6,7	-	-	-	3,3	-	-	16,7	3,3	<i>Gentiana</i> 3,3; <i>Euphorbiaceae</i> 3,3
-	-	-	-	-	-	-	4,0	8,0	<i>Rosaceae</i> 8,0
-	2,0	-	-	-	-	-	-	10,0	
-	-	-	-	-	-	-	1,7	8,4	<i>Nymphaea</i> 3,4
4,0	2,0	2,0	-	-	-	2,0	-	4,0	<i>Caryophyllaceae</i> 2,0; <i>Vicia</i> 2,0; <i>Gentianaceae</i> 2,0
1,2	10,3	-	-	-	-	-	-	1,2	<i>Rosaceae</i> 1,2; <i>Hippophae</i> 2,3; <i>Epipactis</i> 3,4; <i>Umbelliferae</i> 2,3
12,5	5,0	2,5	-	-	-	-	-	47,5	<i>Umbelliferae</i> 2,5
2,0	-	-	-	-	-	4,0	2,0	6,0	<i>Polygonaceae</i> 10,0; <i>Urtica</i> 2,0; <i>Scheuchzeria</i> 2,0
-	-	-	-	-	-	-	4,0	8,0	<i>Myriophyllum</i> 4,0
2,5	-	-	-	-	-	-	2,5	2,5	
-	-	-	-	-	-	-	10,0	10,0	<i>Cruciferae</i> 2,0; <i>Sparganium</i> 2,0
2,5	-	-	-	-	-	1,2	2,5	-	<i>Caryophyllaceae</i> 1,2
4,7	-	-	-	-	-	10,8	4,7	18,5	
-	4,2	-	-	-	-	2,1	-	-	
4,5	-	-	-	-	1,8	-	-	2,7	<i>Myriophyllum</i> 0,9; <i>Ephedra</i> 0,9; <i>Cruciferae</i> 1,8
39,9	1,5	-	-	4,5	2,9	5,8	1,5	-	<i>Melilotus</i> 1,5
3,5	-	-	-	-	-	-	17,5	3,5	<i>Umbelliferae</i> 3,5
5,0	12,5	-	-	-	-	-	5,0	15,0	<i>Rosaceae</i> 2,5
-	-	-	-	-	-	-	20,0	-	<i>Myriophyllum</i> 4,0



