

EVOLUZIONE TARDOPLEISTOCENICA-OLOCENICA DEL DELTA DEL F. TAGLIAMENTO E DELLE LAGUNE DI MARANO E GRADO (GOLFO DI TRIESTE)

R. Marocco

Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Trieste

RIASSUNTO - *Evoluzione tardopleistocenica - olocenica del delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste)*. Il Quaternario, 4(1b), 1991, pp. 223-232 - Dal 1976 è stata avviata una ricerca finalizzata alla definizione dell'evoluzione recente della linea di riva della costa bassa del Friuli-Venezia Giulia. In questa nota vengono analizzati tutti i dati di datazione assoluta (^{14}C) relativi alla ricerca con l'obiettivo di mettere in evidenza gli aspetti nuovi e/o le conferme che tali dati portano alle conoscenze già acquisite. Durante l'ultima fase della glaciazione würmiana (22.000+18.000 anni fa), il Golfo di Trieste era un'ampia piana alluvionale, con una vegetazione di tipo steppico, caratterizzata da un intenso alluvionamento dei fiumi del sistema Isonzo-Natisone-Torre ad Est e del Tagliamento ad Ovest. Durante il Postglaciale cessa la fase di alluvionamento che ha interessato (nel Tardiglaciale) soprattutto l'alta paleopianura, i fiumi incidono i loro vecchi depositi alluvionali per deporre i materiali così ottenuti nella bassa paleopianura, mentre inizia la progressiva ingressione marina. A causa della pendenza della paleopianura, con la trasgressione Postglaciale il mare raggiunge prima l'attuale costa alta istriana (10.000 anni B.P.), quindi, nel suo avanzamento verso Nord, quella del Carso Triestino e poi la costa bassa veneto-friulana. Qui il F. Tagliamento si è spostato, per deviazione del tratto terminale verso Est, aprendosi un varco sulla preesistente laguna di Marano (presente nell'area da almeno 5.540 anni), e si è accresciuto formando il suo apparato deltizio in circa 2.000 anni. Più ad Est, la laguna di Marano è andata via via evolvendosi, con una traslazione sulla piana alluvionale contigua, raggiungendo circa 1.400 anni fa una configurazione molto simile all'attuale. Ancora più ad Est, la attuale laguna di Grado era terraferma quando gli ambienti deltizi e lagunari occidentali erano già formati. Infatti essa è più giovane della laguna di Marano di circa 4.400 anni e del delta del F. Tagliamento di circa 900 anni. La sua parte occidentale si è formata in epoca tardo-romana, quella orientale è ancora più recente, in quanto legata alle ultime divagazioni verso Est del F. Isonzo, avvenute intorno al IX+XVIII secolo D.C.

ABSTRACT - *Late Pleistocene - Holocene evolution of the R. Tagliamento Mouth and Marano and Grado lagoons (Gulf of Trieste)*. Il Quaternario, 4(1b), 1991, pp. 223-232 - The recent evolution of the coastline of the Friuli-Venezia Giulia has been under study since 1976. All the collected data on radiocarbon age (^{14}C) are analysed and reported in this paper with the aim to update the already acquired knowledge. During the last stage of the Würmian glaciation (22,000 to 18,000 yrs B.P.), the Gulf of Trieste was a vast alluvial plain, with a steppe vegetation, characterized by heavy supply of the Isonzo-Natisone-Torre systems on the East and of the Tagliamento River on the West. The alluvial phase in the upper paleoplain ended during the Postglacial period; the rivers cut through their old deposits and carried the eroded sediments to the lower plain, whereas the southernmost area of the Adriatic paleoplain began to be progressively submerged by the sea. During the postglacial transgression, because of the paleoplain slope, the sea first reached the Istrian coast (10,000 yrs B.P.), then the Carso coastline of Trieste and only recently the Veneto-Friuli lower coast. The action of the Tagliamento River was so strong here, that the river eastwards and opened an outlet into the pre-existing Marano lagoon present in that area for at least 5,540 yrs, and developed its delta over a period of 2,000 years. Further eastward the Marano lagoon gradually evolved, moving over the adjacent alluvial plain and reaching a configuration very similar to the present one as early as 1,400 years ago. Further eastwards again, the Grado lagoon area was still dry land when the western delta and the lagoon environments had already formed. The Grado lagoon is in fact 4,400 years younger than the Marano lagoon and 900 years younger than the Tagliamento delta. Its western part developed in late-Roman times; the eastern part is even more recent as it dates back to the last diversion eastwards of the Isonzo River, which occurred between the 9th and the 18th century A.D.

Parole-chiave: Datazione ^{14}C , linee di riva, laguna, sondaggi, Friuli-Venezia Giulia
Key-words: ^{14}C age, coastlines, lagoon, boreholes, Friuli-Venezia Giulia (Italy)

1. INTRODUZIONE

Studi sedimentologici e paleoecologici eseguiti su una serie di sondaggi⁽¹⁾ ubicati nella bassa pianura del Friuli-Venezia Giulia (Fig. 1) hanno evidenziato che:

- l'ambiente lagunare si è formato per ingressione del mare su una piana alluvionale costituita essenzialmente dagli apporti dei fiumi del sistema isontino (F. Isonzo - Natisone Torre) (Marocco *et al.*, 1984);
- l'ingressione marina, al di là di oscillazioni locali, non è

mai stato dimostrato abbia raggiunto posizioni più a Nord rispetto l'attuale margine interno lagunare (Marocco *et al.*, 1984);

- il delta del F. Tagliamento si è andato via via formando dopo che una deviazione verso Est dell'asta terminale l'aveva fatto gravitare nell'area della laguna di Marano. In precedenza sfociava in un imprecisato punto dell'Alto Adriatico nell'area della laguna di Caorle (Marocco, 1988).

Con questa nota si intende collocare in scala temporale i principali momenti evolutivi del territorio della bassa pianura veneto-friulana ed in particolare definire l'evoluzione olocenica del sistema lagunare nel contesto

(1) Giovannelli *et al.* (1985); Marocco (1988); Marocco *et al.* (1984), Marocco *et al.* (1988); Zucchi Stofa & Topazzini (1976).

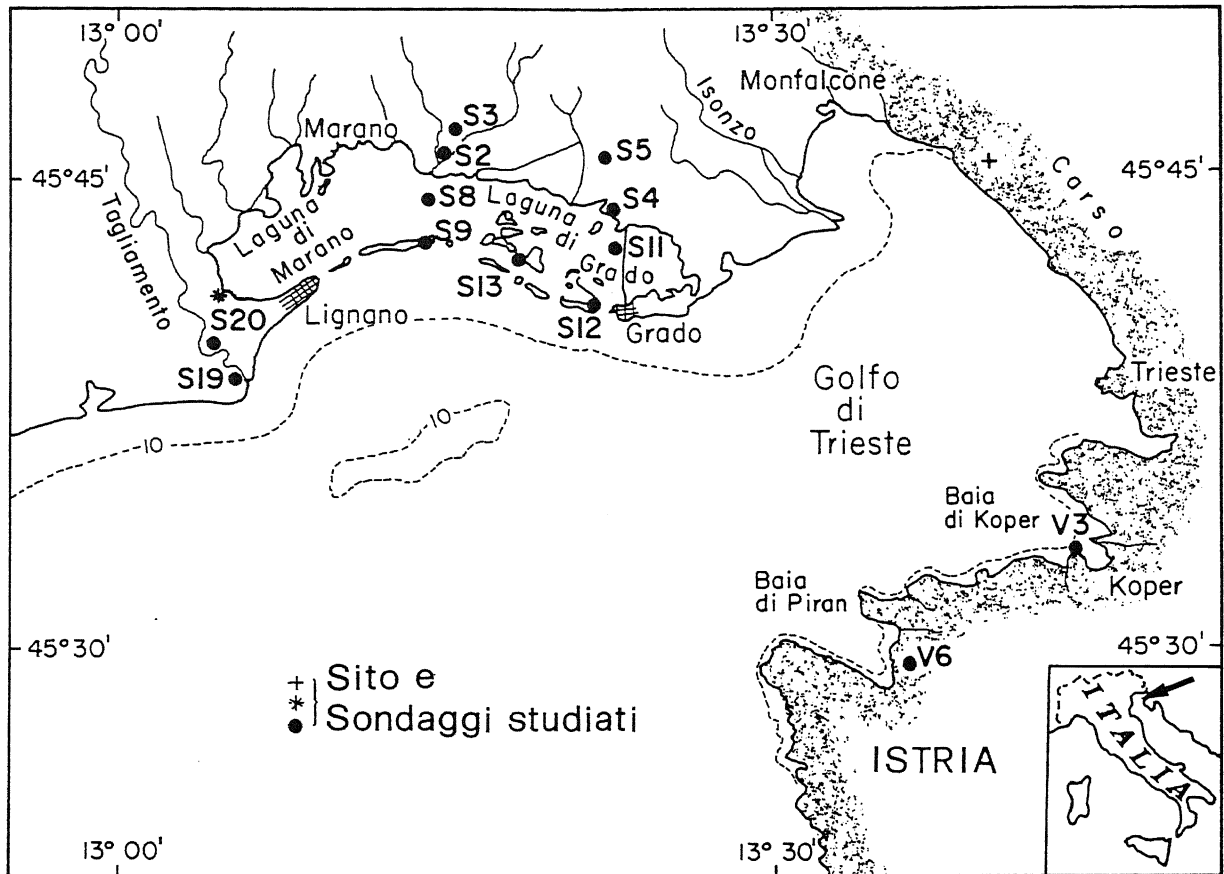


Fig. 1 - Golfo di Trieste: ubicazione del sito archeologico e dei carotaggi studiati.

Gulf of Trieste: Location map of archaeological situs and cores discussed in the text.

della variazione del livello marino, dei movimenti di abbassamento della costa ma soprattutto delle diversioni fluviali che hanno condizionato la paleogeografia nell'area. A completamento dell'indagine, i risultati di questo studio sono stati integrati con le risultanze emerse in aree adiacenti (Yugoslavia, Golfo di Venezia e delta padano) al fine di collocare le situazioni evolutive riscontrate in un ambito regionale.

2. MATERIALI E METODI

Sono stati datati con il metodo standard del ^{14}C i più significativi livelli torbosi, organici e conchigliari, rinvenuti nelle sequenze sedimentarie analizzate. Per le torbe sono state eseguite anche analisi polliniche (Giovannelli *et al.*, 1985).

Il materiale organico datato è costituito da resti vegetali di ambiente lagunare (*Zosterella*?, Sondaggio S9) e da depositi vegetali di "lama interdunale" (ambiente delizio S19).

Per quanto attiene ai livelli conchigliari, si è avuto cura di selezionare quelle specie che sono considerate indicative di un ambiente sedimentario (facies lagunare =

Cerastoderma glaucum; facies litorale sabbiosa = *Chamelea gallina*; facies litorale rocciosa = *Patella*).

Le analisi sono state eseguite dal Laboratorio di Idrologia e Geochimica Isotopica dell'Università di Parigi Sud. L'età del radiocarbonio è espressa in anni B.P. ed è basata sul tempo di dimezzamento di 5.570 anni. È priva di correzione per l'età dell'acqua e per il frazionamento isotopico (^{13}C).

3. RISULTATI DELLE DATAZIONI

L'età ^{14}C dei campioni di sedimento (Tab. 1 e Fig. 2) rivelano due raggruppamenti principali: le torbe pleistoceniche e i molluschi e depositi organici olocenici.

Le torbe pleistoceniche: sono relative ai depositi alluvionali rinvenuti nel sottosuolo dell'arco lagunare a profondità (dal l.m.m.) variabile da 17.9 m a 29 m e, a circa 9 km di distanza da questo, a 6.3 m. Presentano un'età variabile da 29.600 a 20.200 anni B.P. Analisi polliniche eseguite nei diversi orizzonti torbosi hanno evidenziato la presenza di piante acquatiche a *Cyperaceae*, alternate ad aree con vegetazione aperta di

tipo steppico (con netta predominanza di *Graminaceae* ed *Artemisia* e scarsa presenza di piante arboree di tipo *Pinus*, *Betula*, ecc.) (Giovannelli *et al.*, 1985). Situazione analoga a questa è stata rinvenuta nel sottosuolo della

laguna di Venezia (*phase e*, vegetazione steppica dominante; Bortolami *et al.*, 1977) e datata 22.000 18.000 anni B.P., in buon accordo con i risultati conseguiti in questo studio.

Tabella 1 - Ubicazione, età radiometrica (^{14}C) e profondità di rinvenimento riferita al l.m.m. dei campioni analizzati.
Location, radiometric (^{14}C) age and depth (m.s.l.) of samples.

Sondaggio	Località	Profondità (sul l.m.m.)	Ambiente di sedimentazione	Materiale	Età (anni B.P.)
S5	Aquileia	- 6.3	Piana alluvionale	Torba	21.700 ± 580
S9	Isola S. Andrea	+ 0.6	Cordone litorale	Molluschi	2.300 ± 105
S9	Isola S. Andrea	- 0.9	Laguna	Molluschi	1.400 ± 290
S9	Isola S. Andrea	- 4.1	Laguna	Organico	3.360 ± 290
S9	Isola S. Andrea	- 8.3	Laguna	Molluschi	5.540 ± 225
S9	Isola S. Andrea	- 20.3	Piana alluvionale	Torba	20.200 ± 720
S12	Banco dei Tratauri	- 17.9	Piana alluvionale	Torba	~29.600
S15	Isola di Morgo	-3.3	Laguna	Molluschi	1.140 ± 140
S19	Delta Tagliamento	- 0.3	Duna	Organico	300 ± 110
S19	Delta Tagliamento	- 12.7	Pro-delta	Molluschi	2.040 ± 70
S20	Bevazzana	- 7.3	Laguna	Molluschi	4.620 ± 160
*	Aprilia Marittima	- 29.7	Piana alluvionale	Torba	28.100 ± 250
S	Grotta dell'Edera		Grotta	Molluschi	6.600 ± 100

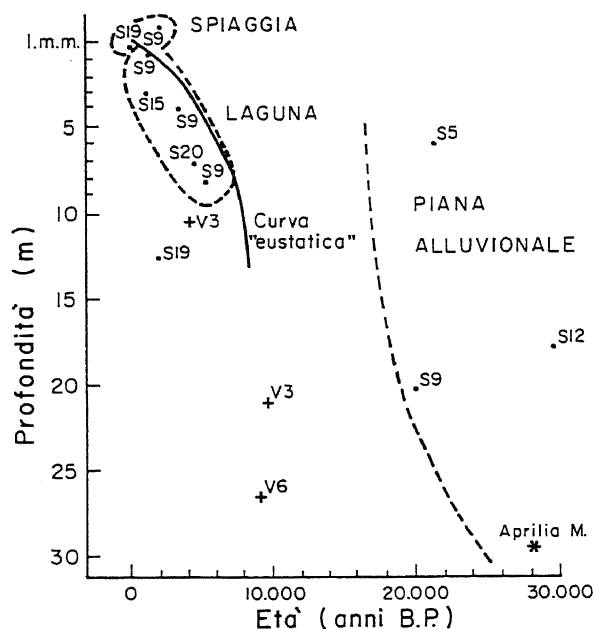


Fig. 2 - Golfo di Trieste: relazione tra l'età radiometrica (^{14}C) e profondità di rinvenimento riferita all'attuale l.m.m. dei campioni analizzati (* = costa italiana; + = costa yugoslava). La curva tratteggiata delimita i campioni di torba della pianura alluvionale tardo-pleistocenica dai campioni marini, lagunari e litorali (circondati da una curva a tratteggio) olocenici. Sulla base della profondità dei campioni litorali e lagunari è stata costruita una curva "eustatica" o meglio di innalzamento apparente del livello marino (linea continua).

Gulf of Trieste: radiocarbon (^{14}C) age vs depth (m.s.l.) of samples (* = Italian coast; + = Yugoslavian coast). The dashed curve defines the Late Pleistocene peats of alluvial plain from the Holocene marine, lagoonal and littoral (delimited by dashed areas) samples. The local apparent "eustatic" curve (eustatism + subsidence) (solid curve) was outlined on the basis of depth of lagoonal and littoral samples.

Molluschi e depositi organici olocenici: si rinvencono solamente nelle immediate vicinanze dell'attuale linea di riva a profondità di 12.7 m dal l.m.m. sul delta del F. Tagliamento e da 8.3 m all'attuale piano campagna nell'area della laguna di Marano e Grado. Presentano un'età variabile da 5.540 a 300 anni B.P. e, una volta raggiunta la profondità delle acque lagunari (circa 1 m), una buona correlazione con la curva eustatica di Jelgersma (1961, 1966; Fig. 2). Nell'ambito di questo raggruppamento si sono distinte le seguenti aree: a) Delta del F. Tagliamento, b) Laguna di Marano, c) Laguna di Grado, e d) Carso Triestino.

a) Delta del F. Tagliamento

Sono stati datati tre momenti evolutivi del sistema deltizio definiti nella analisi dei sondaggi S19 e S20 (Marocco, 1988):

- un deposito di lama interdunale riscontrato tra l'attuale terzo e quarto ordine di dune, alla profondità di 0.3 m dal livello medio mare e con età di 300 ± 110 anni B.P.;
- bivalvi di ambiente pro-deltizio situati al letto della serie deltizia (12.7 m dal l.m.m.) con età, determinata con acceleratore lineare, di 2.040 ± 70 anni B.P.;
- bivalvi di ambiente lagunare, che rappresentano i sedimenti residuali (*lag sediments*) di un orizzonte eroso sormontati da una sequenza regressiva deltizia, posti alla profondità di 7.3 m e con età di 4.620 ± 160 anni B.P.

b) Laguna di Marano

E' stata datata un'intera sequenza trasgressiva con depositi lagunari al letto e depositi litorali al tetto,

rinvenuta nel sottosuolo dell'attuale cordone litorale di S. Andrea (S9) (Marocco, 1989).

I depositi lagunari costituiti da bivalvi ed accumuli vegetali, hanno evidenziato un'età di:

- 5.540 ± 225 anni B.P.: depositi lagunari basali (-8.3 m);
- 3.660 ± 290 anni B.P.: depositi lagunari intermedi (-4.1 m);
- 1.400 ± 290 anni B.P.: per i depositi lagunari sommitali (-0.9 m).

La sequenza si chiude con bivalvi spiaggiati, evidentemente rimaneggiati, con età di 2.300±105 anni B.P. Depositi lagunari analoghi a quelli rinvenuti in S9 sono stati individuati nel sondaggio S8, ubicato a circa 3 km a Nord di S9, al centro della laguna. Il retroterra lagunare è costituito da depositi continentali (S2 e S3).

c) Laguna di Grado

È stato datato un unico campione organogeno rinvenuto alla base della sequenza lagunare nel sondaggio S15 (Marocco *et al.*, 1988). Presenta un'età di 1.140±140 anni B.P. (-3.3 m dal l.m.m.). Lo studio di altri sondaggi ubicati più ad Est (Marocco *et al.*, 1984) ha evidenziato la presenza di depositi analoghi, sormontati da sabbie litorali (S12) e di soli depositi continentali nell'isola lagunare di Gorgo (S11) e nel retroterra lagunare (S4 e S5).

d) Carso Triestino

È stato datato un orizzonte di molluschi marini (*Patella*) rinvenuto in uno scavo paleontologico eseguito ad una altezza di circa 200 m dall'attuale l.m.m. nella grotta dell'Edera (Boschian & Pitti, 1984) e riferito, in base alle industrie litiche, al Mesolitico antico. L'orizzonte che verosimilmente rappresenta il resto di cibo reperibile su una paleo-linea di riva ubicata a breve distanza dall'insediamento, è stato datato 6.600±100 B.P. (Boschian, 1990).

4. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Sulla base delle datazioni assolute, delle informazioni addizionali desunte dai precedenti lavori e da altri Autori (Brambati & Venzo, 1969; Brambati, 1970; 1985; Mosetti & D'Ambrosi, 1967; ed altri) si possono abbozzare i principali momenti evolutivi della attuale bassa pianura friulana e di parte del Carso Triestino. Se a questi si aggiungono i risultati degli studi tratti da Autori jugoslavi sulla costa istriana del Golfo di Trieste (Ogorelec *et al.*, 1981, 1984; Faganelli *et al.*, 1987) e degli studi inerenti l'area lagunare di Venezia (Bortolami *et al.*, 1977) e dell'Alto Adriatico (Colantoni *et al.*, 1979; 1980; Stefanon, 1984) si possono inquadrare le vicende evolutive del Golfo di Trieste nell'ambito delle più generali variazioni della linea di costa dell'Alto Adriatico. Due sono risultati i momenti evolutivi principali focalizzati

dallo studio del sottosuolo del Golfo di Trieste: l'aumento di spessore del deposito alluvionale tardo-pleistocenico evidenziato dall'età e dalla profondità di rinvenimento delle torbe che possono ritenersi indicative della superficie topografica della paleopianura e l'instaurarsi di condizioni lagunari o litorali al di sopra dei depositi continentali che segnano l'inizio della trasgressione marina olocenica (vedi Fig. 2).

4.1 La pianura alluvionale tardo-pleistocenica

Durante il Würm III (2), il Golfo di Trieste e l'attuale bassa pianura veneto-friulana erano un'ampia piana alluvionale solcata ad oriente dai principali fiumi del sistema isontino (Isonzo, Natisone, Torre), dal Timavo e dai fiumi minori dei rilievi del Carso Triestino e dell'Istria.

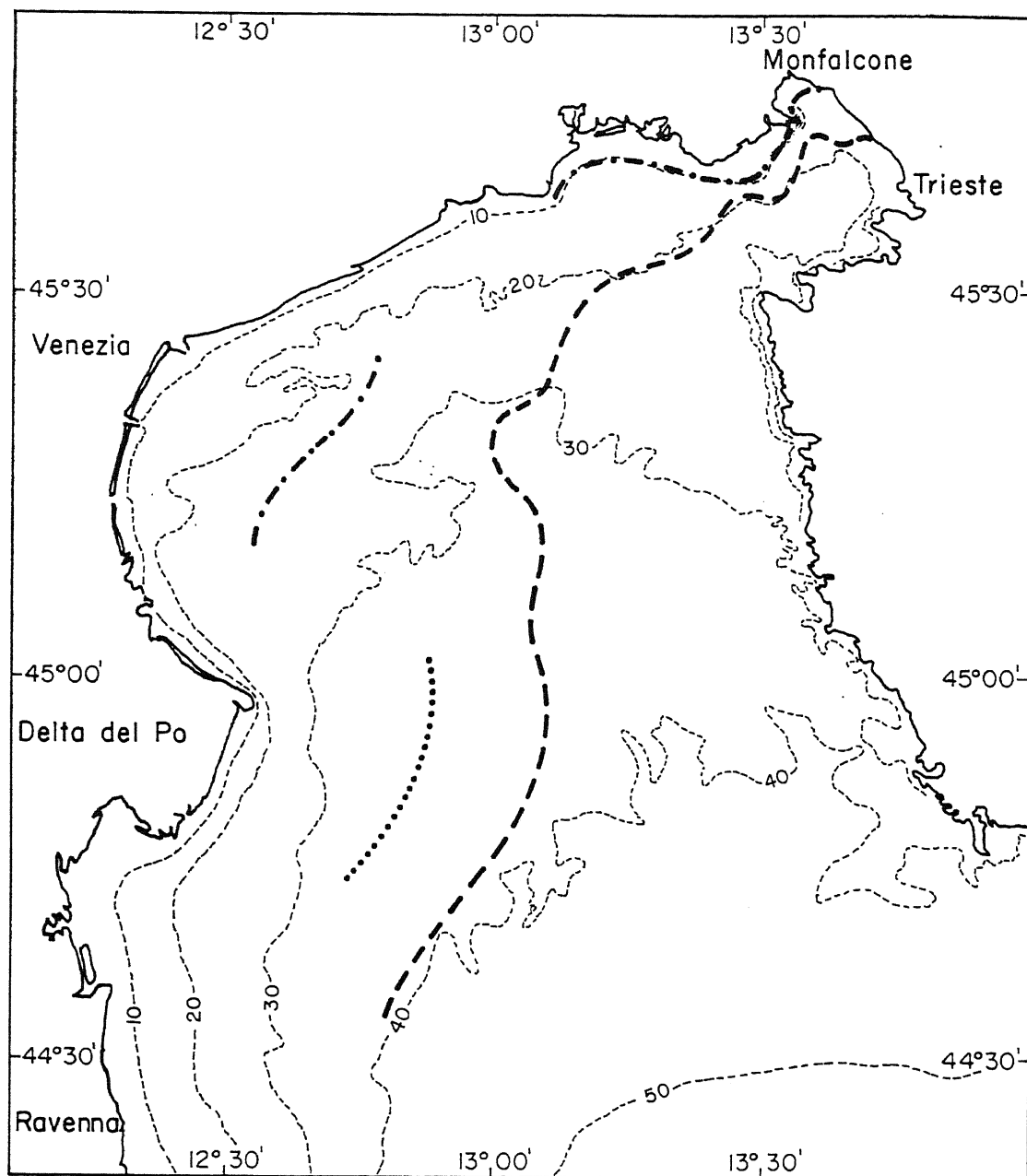
La vegetazione della pianura era molto rada, con una notevole presenza di praterie abbinate a piante di paludi e acquitrini di acqua dolce. La copertura arborea doveva essere minima e comprendeva quasi esclusivamente il *Pinus*. In questo ambiente di tipo steppico, la sostanza organica che andava via via accumulandosi negli acquitrini si conservava dando origine alle torbe. L'età di questi depositi varia da 29.600 a 20.200 anni B.P. nell'area in esame, mentre sono presenti nella attuale bassa pianura veneta, da 39.460 a 18.900 anni B.P. (Bortolami *et al.*, 1977) e nel Golfo di Venezia (a circa 40 km dalla costa, di fronte al delta del Po), a 20.000 anni, a 18.000 e a circa 12.000 anni B.P. (Colantoni *et al.*, 1979; 1980), quindi anche in coincidenza con il Drias II.

L'assenza dei depositi torbosi nella parte più settentrionale dell'Alto Adriatico a partire da circa 20.000 anni B.P., può essere spiegata dalle particolari condizioni idrauliche della paleopianura esistenti al passaggio Glaciale - Tardiglaciale. È comunemente accettata l'ipotesi che dopo una prima fase di impaludamento dell'intera paleopianura, determinato dall'irruento e disordinato deflusso delle acque fluvio-glaciali verso il mare, è seguito nel Tardiglaciale un processo di approfondimento delle testate dei collettori principali e conseguente scarso o nullo alluvionamento dell'alta paleopianura (Vaia, 1989).

È plausibile pertanto che i processi di impaludamento abbiano interessato settori sempre più meridionali della paleopianura e che in coincidenza di periodi freddi (Drias) ci sia stata la formazione e la conservazione delle torbe.

La quota delle torbe sull'attuale livello medio mare risulta essere estremamente variabile, da 31 a 6 m circa. La differente profondità (6.3 m alle spalle della laguna di Grado e 17.9+29.0 m in vicinanza dell'attuale cordone litorale) più che a subsidenza (suggerita da Bortolami *et*

(2) La scala cronologica adottata è quella proposta da Panizza (1985).



Linea di riva	10.000 anni B.P.	-----
Linea di riva	8.000 anni B.P.
Linea di riva	6.000 anni B.P.	- . - . - .

Fig. 3 - Posizione di alcune linee di riva oloceniche dell'Alto Adriatico. Nel settore orientale le linee di riva sono state omesse in quanto coincidenti con l'attuale costa alta dell'Istria.

Position of some of the Holocene shorelines in the Northern Adriatic Sea. The shorelines of the Yugoslavian coast are not reported herein because coincident with the present coastline of Istria.

al., 1977, per i coevi depositi della laguna veneta) sembra essere legato alla naturale pendenza N-S della paleopianura che può approssimarsi su valori di 1.5+2.0%, valori questi abbastanza vicini a quelli della attuale bassa pianura friulana. Per i depositi torbosi del delta padano e della laguna di Venezia, come già detto la causa plausibile sembra essere la subsidenza: da ciò rimane accertato il carattere non sistematico della subsidenza lungo la costa dell'Alto Adriatico. E' accertato inoltre che l'attuale bassa pianura veneto-friulana ha risentito, dopo il Würm III, in modo esiguo dell'alluvionamento post-glaciale. Questo hiatus, o minima sedimentazione alluvionale, perdura nell'Olocene ed è ben evidente in epoca storica. Abbondanti testimonianze di rinvenimenti mesolitici e del Bronzo antico sono stati infatti rinvenuti a breve profondità dal p.c. rispettivamente nei dintorni della laguna di Venezia (Broglio *et al.*, 1987) e di Grado (Marocco *et al.*, 1984). Inoltre importanti insediamenti e costruzioni romane della colonia di Aquileia (fondata nel 181 A.C.) si trovano disseminati a 1.0+1.5 m di profondità dal p.c. alle spalle della laguna di Grado, oltre che nella laguna stessa e nel mare prospiciente Grado.

4.2 La trasgressione marina olocenica

L'evento marino più antico riscontrato lungo la costa del Golfo di Trieste è stato datato approssimativamente 10.000 anni B.P. (sulla base di dati palinologici) alla profondità di circa 22 m dal l.m.m., nella parte interna della Baia di Koper - Istria (V3 di Fig. 1 e Fig. 2; Ogorelec *et al.*, 1984; Faganeli *et al.*, 1987). Sormonta depositi fluviali (ca 24.5+39.4 m) e presenta continuità di sedimentazione fino all'attuale fondo marino. Alla profondità di 10.5 m sempre dal l.m.m., pollini di *Vitis* e *Olea* indicano, secondo i succitati Autori, l'inizio della colonizzazione romana. Il tasso di sedimentazione dei depositi marini è di circa 5 mm/anno (Epoca romana) e 2 mm/anno per il rimanente Olocene. Sempre in Istria, più ad Ovest, nella baia di Pirano e precisamente alla profondità di 26.5 m (l.m.m.) nelle piane tidali di Secovlje, depositi marino-lagunari sono stati datati 9.160 ± 20 anni B.P. (V6 di Fig. 1 e Fig. 2; Ogorelec *et al.*, 1981). Il tasso medio di sedimentazione risulta essere pari a 3 mm/anno.

Nell'Adriatico settentrionale, di fronte al delta del Po, faune di acqua bassa rinvenute alla profondità di 33.6 m dal l.m.m. sono state datate a 9.630 ± 830 anni B.P. (Taviani in Colantoni *et al.*, 1981). La posizione della linea di costa del Mare Adriatico circa 6.000 anni fa è stata individuata da Colantoni *et al.* (1978), a circa 11+20 miglia al largo della laguna di Venezia, 25 metri al di sotto dell'attuale livello marino (Fig. 3).

Ordinando queste datazioni e quelle risultanti dal presente lavoro in uno schema cronologico unitario, si può tentare una ricostruzione della posizione delle linee di riva dell'area riportata nella mappa semplificata di

Fig. 3. Sono state definite tre probabili posizioni della linea di costa 10.000, 8.000 e 6.000 anni fa nel settore occidentale dell'Alto Adriatico. Per quanto attiene al settore orientale le tre linee di costa coincidono con l'attuale costa alta dell'Istria.

Si può supporre pertanto che la trasgressione olocenica, data anche la particolare morfologia e pendenza della paleopianura adriatica, abbia raggiunto dapprima la attuale costa istriana, quindi quella del Carso Triestino e solo in seguito una posizione più meridionale rispetto all'attuale linea di riva del Friuli-Venezia Giulia e del Veneto. Se si considera il tasso di arretramento della linea di riva nell'arco di questo periodo (4.000 anni), si osserva che esso è maggiore nel Golfo di Venezia rispetto al Golfo di Trieste. Ciò sembra confermare l'ipotesi di una prevalenza della subsidenza nell'area occidentale dell'Alto Adriatico nel contesto degli agenti che, assieme all'innalzamento eustatico, hanno favorito l'ingressione marina.

Nel Golfo di Trieste, come detto, la trasgressione olocenica ha interessato per prima l'Istria (10.000 anni B.P., profondità di 22 m dal l.m.m.) e poi posizioni sempre più settentrionali del Carso Triestino. Sulla base della datazione eseguita nella Grotta dell'Edera (6.600 ± 100 anni B.P.), si può ipotizzare, sposando la tesi di Boschian & Montagnari-Kokelj (1983) che uno stazionamento della linea di riva in quel periodo abbia determinato un gradino morfologico riscontrato nel sottosuolo del Golfo di Trieste, alla profondità di 18+20 m dal l.m.m. (Giorgetti *et al.*, 1968; Albrecht & Mosetti, 1989). Va comunque messo in evidenza che l'evoluzione dell'intera area ha risentito e risente moltissimo della neotettonica (Carulli *et al.*, 1980) che si esplica in una tendenza all'innalzamento del Carso Triestino e in un abbassamento della Baia di Panzano e del tratto di mare prospiciente alla costa, lungo la linea tettonica Trieste - Monfalcone.

Nella costa bassa del Friuli - Venezia Giulia l'evoluzione del territorio è stata determinata, oltre che dall'eustatismo olocenico, dalle divagazioni storiche e recenti dei fiumi Tagliamento ad Ovest ed Isonzo ad Est. Queste hanno determinato uno squilibrio dinamico tra progradazione costiera da un lato e subsidenza (indotta dalla diversione fluviale) ed eustatismo dall'altro. Sommando tutte queste condizioni si possono ipotizzare quattro probabili scenari della costa veneto-friulana a partire da 4000 anni B.P., a 2000, 1000 e, con il conforto anche della cartografia storica, 500 anni B.P. (Fig. 4). La profondità delle antiche linee di riva rispetto all'attuale l.m.m. non è stata definita in quanto non corrisponde di regola al valore dell'innalzamento del livello marino avvenuto, mentre risulta essere variabile da punto a punto. Essa infatti dipende da una serie di processi di difficile quantificazione tra i quali l'erosione, che ha interessato i fondali marini dopo la trasgressione e la successiva sedimentazione avvenuta essenzialmente in prossimità dei

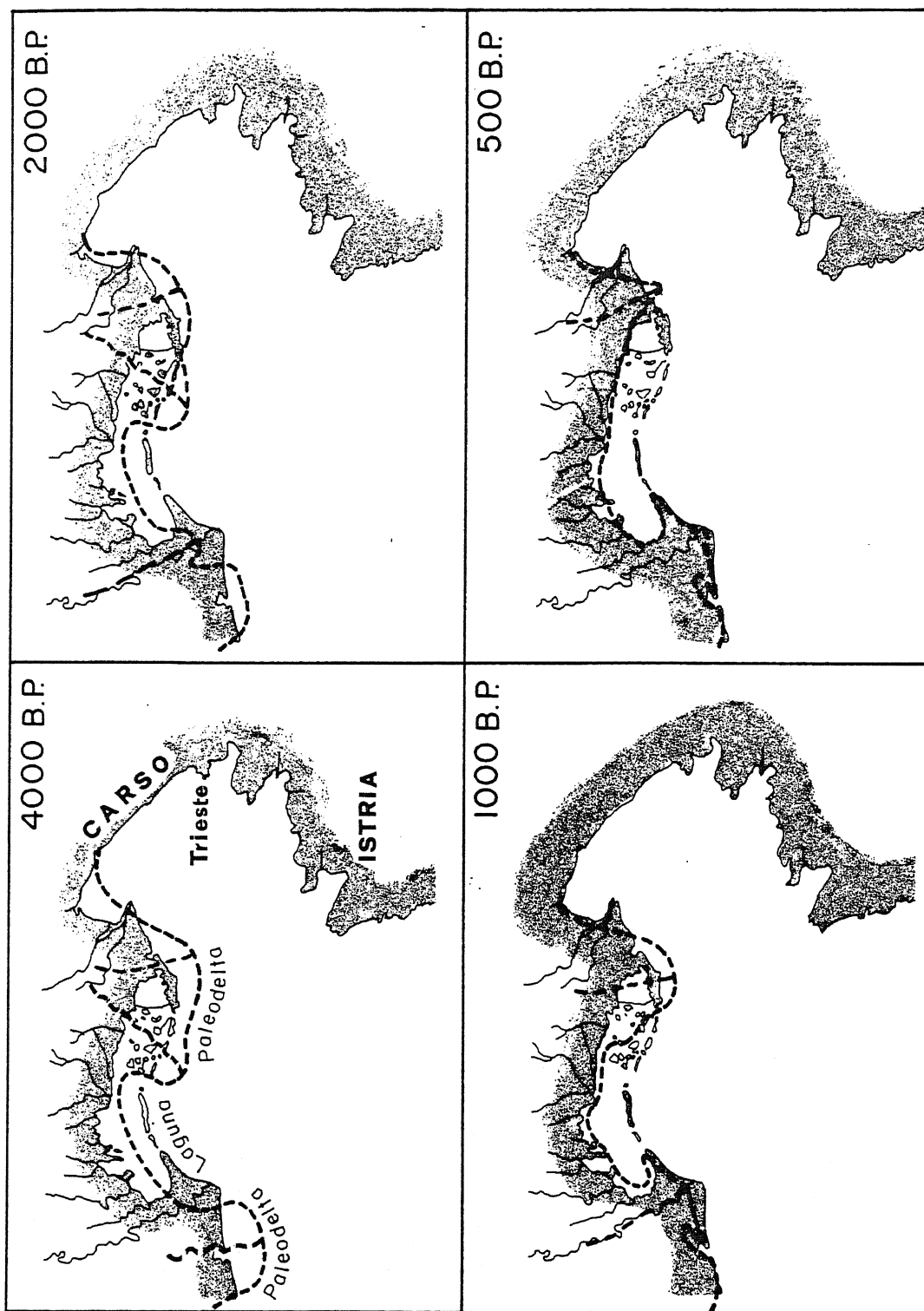


Fig. 4 - Ricostruzione paleogeografica delle più recenti linee di riva del Golfo di Trieste. Le linee a tratteggio che incidono le linee di riva indicano i probabili percorsi del Paleogeografico ad Ovest e Paleogeografico ad Est. *Palaeogeographic reconstruction of ancient coastlines in the Trieste Gulf. The dashed lines crossing the ancient coastlines represent the probable courses of Palaeo-Tagliamento river (on the W) and Palaeo-Isonzo river (and/or Natisone river) (on the E).*

delta. Al di là delle ulteriori verifiche che dovranno esser intraprese per definire il dettaglio delle modificazioni della costa soprattutto nella parte orientale del territorio interessato da uno o più percorsi fluviali (Isonzo e/o Natisone), in conclusione emerge che:

- il delta attuale del Tagliamento si è formato nell'arco di circa 2.000 anni, dopo che una diversione fluviale aveva fatto gravitare l'asta terminale del fiume più ad Est, nell'area occupata dalla preesistente paleolaguna di Marano (datata 4.620 ± 260 anni B.P.). La progradazione del delta bilobato non sembra essere avvenuta in modo graduale bensì con rapidi accrescimenti intervallati da periodi di erosione o stabilità. Considerando l'età della lama interdunale rinvenuta tra il terzo e il quarto cordone deltizio si può ritenere che in questi ultimi anni l'accrescimento medio nella parte apicale del delta sia stata di circa $1.5+2.0$ m/anno, contro un valore di circa 1.0 m/anno calcolato sia per l'intero apparato deltizio emerso, sia per quello sommerso (prodelta). La geometria del delta, così come risulta dai valori di accrescimento calcolati, fa ritenere che la sua formazione sia avvenuta durante un periodo in cui il tasso di sedimentazione fluviale era di gran lunga maggiore di quello della subsidenza e dell'eustatismo;
- la laguna di Marano è presente nell'area in esame da 5.540 anni, come del resto la paleolaguna di Caorle più ad Ovest (Periodo Atlantico; Burmann, 1969) e quindi la laguna di Venezia (circa $4.350 + 4.150$ anni fa, Bortolami *et al.*, 1977), quando il livello medio del mare doveva essere più basso di circa 6 m (Vedi Fig. 2). La laguna è andata via via evolvendosi con una lieve traslazione sulla piana alluvionale contigua fino a raggiungere circa 1.400 anni fa una configurazione molto simile all'attuale. Da quel momento il cordone litorale si è andato progressivamente stabilizzando, raccordandosi al delta progradante del F. Tagliamento. Il tasso di sedimentazione varia da 1.4 a 2.3 mm/anno;
- la laguna di Grado è più giovane della laguna di Marano di circa 4.400 anni e del delta tilaventino di circa 900 anni (cfr. Tab. 1). La sua parte occidentale si è formata in epoca tardo-romana per ingressione del mare in una piana deltizia probabilmente a seguito di subsidenza locale determinata dall'abbandono dell'area da parte del Paleolisonzo, migrato più ad Est. Da notizie storiche (cfr. Desio, 1922) risulta che la sua parte più orientale, oggi quasi completamente bonificata, è ancora più recente in quanto legata alle ultime divagazioni, sempre verso Est del F. Isonzo, avvenute a cavallo del IX-XVIII secolo A.C. A conferma della recente età di formazione della laguna di Grado si segnala la presenza nell'area di numerose costruzioni di epoca romana ricoperte da sedimenti lagunari.

RINGRAZIAMENTI

Ricerca eseguita nell'ambito dei programmi M.P.I. 60% "Ambienti umidi italiani" diretto da A. Brambati e "Geomorfologia ed evoluzione del Friuli-Venezia Giulia" diretto da F. Vaia. Si ringraziano i proff. Antonio Stefanon e Luigi Carobene per la lettura critica del manoscritto e la dott. Romana Melis per l'aiuto nella sua stesura.

BIBLIOGRAFIA

- Albrecht P. & Mosetti F. (1987) - *Karst evolution and sea level*. Mem. Soc. Geol. It., 4, 383-387, Roma.
- Boschian G. (1990) - *Un nuovo dato di cronologia assoluta nel quadro culturale del Mesolitico e del Primo Neolitico del Carso Triestino*. Atti Mus. St. ed Arte Trieste, 49-56, Trieste.
- Boschian G. & Montagnani-Kokelj E. (1983) - *Siti mesolitici del Carso Triestino: Dati preliminari di analisi del territorio*. In: *Preistorie del Caput Adriae* - Atti Convegno, Trieste 19-20 nov. 1983, 40-50, Trieste.
- Boschian G. & Pitti C. (1984) - *I livelli mesolitici della Grotta dell'Edera*. In: *I Mesolitico sul Carso Triestino*. Quad. Soc. PPFVG, 143-210, Trieste.
- Bortolami G.S., Fontes J. CH., Markgraf V. & Saliège J.F. (1977) - *Land, sea and climate in the Northern Adriatic Region during late Pleistocene and Holocene*. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 21, 139-156, Amsterdam.
- Brambati A. (1970) - *Provenienza, trasporto ed accumulo dei sedimenti recenti nella laguna di Marano e Grado e nei litorali dei fiumi Isonzo e Tagliamento*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 281-329, Roma.
- Brambati A. (1985) - *Modificazioni costiere nell'arco lagunare dell'Adriatico settentrionale*. Ant. Alto Adriatiche, XXVII, Studi Iesolani, 13-47, Jesolo.
- Brambati A. & Venzo G.A. (1969) - *Recent sedimentation in the Northern Adriatic Sea between Venice and Trieste*. Studi Trent. Sc. Nat., sez. A, 44, 202-274, Trento.
- Broglio A., Favero V. & Massale S. (1987) - *Ritrovamenti mesolitici attorno alla laguna di Venezia*. Ist. Ven. Sc. Lett. Arti, X, 195-231, Venezia.
- Buurman P. (1969) - *Pollen analysis of Holocene and Pleistocene sediments in the neighbourhood of Portogruaro (Venezia) - Italy*. Mem. Biogeogr. Adriat., 8, 41-52, Roma.
- Carulli G.B., Carobene L., Cavallini A., Martinis B., Onofri R. (1980) - *Evoluzione strutturale plio-quoternaria del Friuli e della Venezia Giulia*. P.F. Geodinamica, 487-523, Roma.
- Colantoni P., Gallignani P., Lenaz R. (1979) - *Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Continental Shelf (Italy)*. Mar. Geol., 33, M41-M 50, Amsterdam.

- Colantoni P., Gallignani P., Lenaz R. (1980) - *La piattaforma continentale dell'Alto Adriatico dalla foce del Reno a Venezia: evoluzione ed ambienti di sedimentazione tardo Pleistocenici ed Olocenici*. In: Colantoni P., Gallignani P. - *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico*. C.N.R., P.F. Oceanogr. Fondi Mar., Quad. 2, 11-28, Roma.
- Desio A. (1922) - *Le variazioni della foce del fiume Isonzo*. Riv. Geogr. It., 29, 249-268, Firenze.
- Faganeli J., Ogorelec B., Mistic M., Dolenc T., Pezdic J. (1987) - *Organic Geochemistry of two 40-m Sediments Cores from the Gulf of Trieste (Northern Adriatic)*. Estuar., Coast. and Shelf Sc., 25, 157-167, London.
- Giorgetti F., Mosetti F., Macchi G., (1968) - *Caratteristiche morfologiche fisiche e chimiche del fondo marino del Golfo di Trieste nell'area compreso entro la congiungente Punta Grossa-Bocche di Primero*. Boll. Soc. Adr. Sc., LVI-1, Trieste.
- Giovanelli M.M., Rizzi Longo L., Stolfa D. & Zucchi Stolfa M.L. (1985) - *Considerazioni paleoecologiche sui sondaggi S19 - Lignano e S20 - Bevazzana (Delta del Fiume Tagliamento)*. Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat., 7, 87-112, Udine.
- Jelgersma S. (1961) - *Holocene sea-level changes in Netherlands*. Meded. Geol. Stich., 6, 1-101, Amsterdam.
- Jelgersma S. (1966) - *Sea-level changes during the last 10,000 years*. Symposium world climate from 8,000 to 0 B.C. - R. Meteorol. Soc., 54-71, London.
- Marocco R. (1988) - *Considerazioni sedimentologiche sui sondaggi S19 e S20 (Delta del Fiume Tagliamento)*. Gortania, Atti Mus. Friul. Sc. Nat., 10, 101-120, Udine.
- Marocco R. (1989) - *Evoluzione quaternaria della laguna di Marano (Friuli Venezia Giulia)*. Il Quaternario, 2, 125-137, Napoli.
- Marocco R., Pugliese N. & Stolfa D. (1984) - *Some remarks on the origin and evolution of the Grado Lagoon (Northern Adriatic Sea)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 1, 11-17, Trieste.
- Marocco R., Stolfa D., Zucchi Stolfa M.L. & Lenardon G. (1988) - *Considerazioni sedimentologiche, paleoecologiche e geochimiche sul sondaggio S15 (Canale di Morgo - Laguna di Grado)*. Gortania, Atti Mus. Friul. Sc. Nat., 10, 81-100, Udine.
- Mosetti F., D'Ambrosi C. (1966) - *Cenni sulle vicissitudini costiere dell'Alto Adriatico dedotte dall'attuale morfologia del fondo marino*. Atti e Mem. Comm. Grotte "E. Boegan", VI, 19-31, Trieste.
- Ogorelec B., Mistic M., Sercelj A., Cimerman F., Faganeli J., Steguor P. (1981) - *The sediment of the salt marsh of Secovlje*. Geologija, 24, 179-216, Ljubljana.
- Ogorelec B., Mistic M., Faganeli J., Sercelj A., Cimerman F., Dolenc T., Pezdic J. (1984) - *Quaternary sediment from the borehole V-3 in the Bay of Koper*. Slovensko morje in zaledje, 6/7, 165-186, Ljubljana.
- Panizza M. (1985) - *Schemi cronologici del Quaternario*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 44-48, Torino.
- Stefanon A. (1984) - *Sedimentologia del mare Adriatico: rapporti tra erosione e sedimentazione olocenica*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 4, 281-324, Trieste.
- Taviani M. (1980) - *I molluschi dei terreni superficiali della piattaforma continentale Alto Adriatica fra la foce del Fiume Reno e la laguna veneta*. In: Colantoni P., Gallignani P. - *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico*. C.N.R., P.F. Oceanogr. Fondi Mar., Quad. 2, 65-74, Roma.
- Vaia F. (1989) - *Tettonica e morfogenesi nell'Olocene friulano*. Atti Conv. Soc. Geol. It.: *Morfogenesi e stratigrafia dell'Olocene*, Bari, 28-30 maggio 1989.
- Zucchi Stolfa M.L. & Topazzini C. (1976) - *Dati paleoecologici preliminari dedotti dalla malacofauna del sondaggio S12 (Adriatico Settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 95(5), 981-990, Roma.

Accettato per la stampa il 5.3.1991