

Recent advances and new trends in sea-level research

Recenti avanzamenti e nuovi trend sulle ricerche del sollevamento del livello del mare

PIRAZZOLI P.A. (*)

Recent improvements in dating methods and techniques are leading to age estimations of longer time series of Quaternary shorelines and to obtain more accurate dates using smaller samples. For the last 30 kyr, comparison between ages determined by various methods have shown that ^{14}C ages may underestimate real ages by as much as 18%. This means that models of global isostasy based on ^{14}C dates will have to be recalibrated.

Age estimations have been refined in reference sequences of Quaternary coral reef terraces (Barbados, Huon Peninsula) and spectacular new sequences of stepped marine terraces, covering the last 1 Myr, recently reported from Indonesia and New Zealand, are providing additional outstanding references. For the late Holocene, coseismic displacements, deduced from uplifted shorelines, have been identified and dated in several areas of the Pacific Ocean and of the eastern Mediterranean.

For the present time, no acceleration in "global" sea-level rise can yet be detected, despite increasing concentrations of "greenhouse" gases in the atmosphere. The amount of near-future global sea-level rise predicted by climatic models is decreasing sharply. It appears that the most dangerous impacts of sea-level rise will occur in delta areas in which increased man-induced land subsidence can be expected, and in oceanic atolls.

Several international projects, devoted at least in part to sea-level research, are being sponsored by IGCP, IGBP, UNEP, CEE, ESF, etc. and useful new coastal data bases are being implemented.

Among the most recent projects, the mapping of post-glacial shorelines at different time slices (started in Europe by the ESF) will certainly contribute to a better estimate of the land surface that has been lost since the last glacial maximum, affecting the global carbon storage.

After the IGCP "sea-level" Projects 61 (1974-1982), 200 (1983-1987) and 274 (1988-1993), a new five-year IGCP project (No. 367: "Late Quaternary Coastal Records of Rapid Change"), proposed by D.B. Scott (mailing address: D.B. Scott, Centre for Marine Geology, Dalhousie University, Halifax, NS B3H 3J5, Canada), has been approved by the IGCP and is starting in 1994. At its first "ad-hoc" meeting, scheduled in Scotland next September, an Executive Board and a Project Leader will be appointed. The main objectives of Project 367 include:

1. To document and explain rapid changes (events that occur on a scale of seconds to 1000's of years) in the late Quaternary coastal zone. High resolution studies will be used to assess the impact of short term events (climatic, oceanographic, seismic, tectonic, etc.) on global and regional coastal change. These data will be used to suggest scenarios for future coastal changes and help planning for possible coastline problems.

2. To provide, in final volumes and national reports, a set of reference material that documents regional and global short-term coastal events, and explains how these events relate to present and possible events in the near future.

(*) CNRS - Laboratoire de Géographie Physique, 1 Place Aristide Briand 92190 Meudon-Bellevue, France.

3. To develop and prepare, through international meetings, newsletters, common data banks, etc., a common approach to these studies that allows comparison of data on a worldwide basis. Underwater geology studies should be naturally among the main contributors of ongoing and new international sea-level projects.

Alcuni recenti miglioramenti sui metodi e le tecniche di datazione hanno permesso di ottenere risultati sulle linee di riva riferite a serie quaternarie ottenendo dati più accurati con quantità minime di campione.

Per quanto riguarda gli ultimi 30.000 anni, alcune comparazioni cronologiche effettuate con diverse metodologie hanno mostrato che le età ^{14}C possono essere ringiovanite anche del 18%. Questo significa che alcuni modelli dovranno essere ricalibrati. Alcune stime di età sono state riviste sulla base di sequenze di terrazzi corallini (Barbados, Huon Peninsula) e spettacolari sequenze marine che ricoprono l'ultimo milione di anni, recentemente studiate in Indonesia e Nuova Zelanda.

Per l'ultima parte dell'Olocene sono stati datati dislocamenti dovuti ad attività sismica in molte aree dell'Oceano Pacifico e del Mediterraneo orientale. Attualmente non è stato possibile individuare con certezza una "accelerazione" della risalita del livello del mare, che alcuni modelli climatici hanno predicato, si è dimostrato in realtà meno veloce di quanto detto. In ogni caso le zone più pericolose per l'impatto con la risalita del livello del mare sono quelle dei delta dei grandi fiumi, dove la subsidenza - indotta anche dalle attività antropiche - è in aumento, e negli atolli oceanici.

Numerosi progetti internazionali riguardanti la risalita del livello del mare stanno per essere sponso-

rizzati da IGCP, IGBP, UNEP, CEE, ESF, ecc. e in questo modo si attiveranno numerose nuove linee di ricerca. In seguito ai più recenti progetti sulla risalita del livello del mare la mappatura delle linee di costa post-glaciali, suddivise in differenti archi temporali (iniziata in Europa con l'ESF), otterrà un grande contributo e sarà possibile una migliore stima dell'effettivo allagamento di zone costiere.

Dopo il progetto IGCP "sea-level" Projects 61 (1974-1982), 200 (1983-1987) e 274 (1988-1993), un nuovo progetto IGCP di 5 anni (N. 367: "Late Quaternary Coastal Records of Rapid Change"), proposto da D.B. Scott (Centre for Marine Geology, Dalhousie University, Halifax, NS B3H 3J5, Canada) è stato approvato dall'IGCP e partirà alla fine del 1994. In Scozia a settembre si terrà il primo meeting. I principali obiettivi del progetto 367 saranno:

1. la documentazione e la comprensione di rapide variazioni occorse nelle zone costiere alla fine del Quaternario. Studi di grande precisione per la comprensione dell'impatto di eventi climatici, oceanografici, sismici, tettonici, ecc., a livello globale o regionale. Questi dati saranno utilizzati per suggerire scenari per le future variazioni costiere e contribuire alla pianificazione relativa alle zone costiere.

2. Predisporre, in un volume finale con i report nazionali, tutti i dati relativi a cambiamenti globali e regionali e spiegare come questi eventi possono evolvere nel futuro prossimo.

3. Sviluppate e preparare attraverso meetings internazionali, newsletter, banche dati, un approccio a questi studi che possa comparare i dati in una visione mondiale.

Le ricerche di geologia subacquea potrebbero fornire, naturalmente, grandi contributi e nuovi progetti internazionali sul livello dei mari.

Datazione con il metodo della racemizzazione degli aminoacidi; applicazioni in geologia, paleontologia e archeologia

Aminoacid racemization dating; its application in geology, paleontology and archeology

BELLUOMINI G. (*)

L'uso della reazione di racemizzazione-epimerizzazione degli aminoacidi come strumento di datazione si è sviluppato principalmente in questi ultimi 20 anni soprattutto ad opera del chimico americano Jeffrey L. Bada dell'Istituto di Oceanografia Scripps, La Jolla, California.

Questo metodo, che è stato applicato con successo nello studio di ossa, denti, sedimenti marini profondi, conchiglie fossili ecc., presenta un campo di indagine che va da poche migliaia di anni dal presente a diverse centinaia di migliaia di anni (il Pleistocene e, in qualche caso, parte del Pliocene) e può in tal modo realizzare un utilissimo aggancio fra le età desunte con i metodi del ^{14}C e del K/Ar. L'ampiezza del campo di indagine dipende dal valore della temperatura media della regione in cui il fossile viene trovato. Sono sufficienti pochi grammi (~5) di materiale per effettuare una analisi.

Il metodo si basa sul fatto che le molecole degli aminoacidi dei tessuti viventi attivi sono costituite da isomeri del tipo L, che è la sola forma usata dai sistemi enzimatici degli animali. Quando un animale muore, o il tessuto cessa di essere metabolicamente attivo, le molecole degli aminoacidi iniziano a trasformarsi nell'isomero di forma D e il processo di trasformazione continua finchè il rapporto fra i 2 isomeri L e D è uguale ad 1. La velocità di racemizzazione è uniforme e specifica per ciascun aminoacido. Poichè la racemizzazione è una reazione chimica, essa è dipendente dalla temperatura; quindi, per datare un campione fossile con questo me-

todo, è necessario valutare la temperatura media alla quale il fossile è stato esposto. Questa difficoltà può essere superata misurando l'estensione della racemizzazione (D/L), per un particolare aminoacido, in un campione che sia stato datato con un altro metodo. In tal modo è possibile ricavare il valore della costante cinetica della reazione relativa all'area climatica in studio e quindi altri campioni possono essere datati misurandone soltanto il rapporto enantiomerico per l'aminoacido selezionato.

Questo metodo ha importanti applicazioni in antropologia, paleontologia e geologia. Si dimostra particolarmente utile per datare sia sedimenti fossiliferi continentali che depositi marini consentendo correlazioni cronologiche in un campo di indagine che, come si è detto, abbraccia tutto il Quaternario.

Vengono qui discussi i risultati ottenuti con la racemizzazione degli A.A. su campioni fossili di ossa, denti, smalto di denti, conchiglie ecc...

La reazione di racemizzazione dell'acido aspartico è stata usata per datare campioni con età minore di 80-100.000 anni; per fossili più antichi, invece, abbiamo utilizzato la reazione di epimerizzazione dell'isoleucina.

In particolare, è stato possibile datare alcuni importanti frammenti di ossa umane dal peso di pochi grammi (*Homo Maritza* della grotta omonima, *Homo Marsicanus* della grotta La Punta, il Bambino della sepoltura rinvenuta nella grotta Paglicci ecc...) e di fauna a grandi mammiferi (*Elephas creutzburgi*, *Megaceros cretensis*) delle grotte cretesi Simonelli e Bate,

(*) CNR - Centro di Studio per il Quaternario e l'evoluzione Ambientale, Dip. di Scienze della Terra, Università «La Sapienza», Roma.

che sarebbe stato impossibile datare con il metodo radiometrico tradizionale del ^{14}C a causa della notevole quantità di materiale osseo che quest'ultimo richiede. È stata inoltre stimata l'età dell'*Elephas falconeri* (550 Ka) della grotta di Spinagallo (Siracusa) e dell'*Elephas mnaidriensis* (180 Ka) della grotta dei Puntali (Palermo). Il valore di età dell'*Elephas falconeri* è apparso molto più antico di quello dell'*Elephas mnaidriensis*, in contrasto con le moderne teorie sulle faune insulari che attribuiscono a quest'ultimo un'età maggiore del falconeri.

L'epimerizzazione della isoleucina ha altresì indicato per i reperti provenienti dal deposito di Isernia - La Pineta un'età media di circa 550 Ka. Da un punto di vista paleontologico il valore appare accettabile anche se è sensibilmente più basso rispetto a quelli ottenuti con i metodi del paleomagnetismo e del K/Ar su livelli piroclastici correlabili con il sedimento fossilifero.

Negli ultimi anni lo studio di questa reazione è stato da noi utilizzato soprattutto per correlare e datare i depositi fossiliferi del bacino del Mediterraneo; inoltre il metodo si è rivelato indispensabile per studiare la cronologia dei depositi fossiliferi di età mista di complessa interpretazione. È stato determinato il grado di epimerizzazione in numerosi depositi marini pleistocenici emersi dell'area di Montalto di Castro e Tarquinia. I risultati ottenuti hanno permesso di identificare nell'area tre episodi marini riferibili agli stadi isotopici 5, 7 e 9 della curva delle paleotemperature con una età di circa 120, 200 e 300 Ka, rispettivamente. Lo studio nel suo complesso ha indicato un buon accordo tra i nostri risultati e quelli ottenuti per gli stessi sedimenti da altri Ricercatori sia con i metodi del Torio-Uranio ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) e dell'Electron Spin Resonance (ESR) che con le interpretazioni stratigrafiche finora avanzate sulla base delle osservazioni di campagna.

Per quanto riguarda i depositi litorali della Sardegna, sono stati identificati 4 orizzonti marini, riferibili agli stadi isotopici 3, 5, 7, e 9. A Riola e Stagno di Sassu è stato rinvenuto l'orizzonte marino più antico (300-350 Ka, stadio isotopico 9); le formazioni di Calamosca e Fenu Struvu hanno un'età di circa 180-200 Ka (stadio isotopico 7); l'orizzonte di circa 120 Ka (stadio 5) si trova in numerose località, fra cui Nora, Santa Reparata, Tavolara, Cala Fighera, Cala del Turco, Acqua Durci, San Pietro a Mare, Is Arenas, Calamosca; il più giovane, con una età di 50-70 Ka (stadio 5a ?), è stato trovato a Punta Tramontana, Santa Reparata e Acqua Durci.

Nell'area di Roma, infine, sono state studiate le formazioni di Monte Mario, Monte delle Picche

e Ponte Galeria. Le prime due sono risultate coeve e più vecchie della formazione di Ponte Galeria, per la quale è stata stimata un'età di circa 700 Ka.

During the last 20 years, a new method of dating fossil samples using amino acid racemization has been developed. The method has an effective dating range beginning at a few thousand years B.P. and extending to several hundred thousand years (covering all the Pleistocene and extending throughout the Pliocene, in some cases), the actual range being dependent upon general temperature of the region where the sample was found. Only few grams (~5) of fossil material are required for a racemization analysis. Racemization dating is based on the fact that the molecules of amino acids in active living tissues are of the left-handed, or L-isomer, variety, that is the only form used by animal enzyme systems. When an animal dies or the tissues cease to be metabolically active, molecules begin to turn into the right-handed, or D-isomer, variety. The process continues until the ratio of the two isomers is 1:1. The rate of racemization is uniform and specific for each amino acid. Since racemization is a chemical reaction, it is dependent on temperature. Thus, in order to date a fossil sample using this method, it is necessary to evaluate the average temperature to which the fossil has been exposed. However, the temperature evaluation can be eliminated using a procedure in which the in situ rate of amino acid racemization for a particular area is calculated by measuring the extent of racemization in a sample dated with another method. After this "calibration" has been carried out, other samples from the same area can be dated measuring their extent of amino acid racemization.

This method has important applications in anthropology, palaeontology and geology and it proved to be a very useful tool to date non-marine sediments and raised marine deposits which are a few hundred thousand years old, as well as to correlate and chronologically classify even more ancient marine deposits.

Results are discussed of amino acid racemization dating of numerous samples of bones, teeth, tooth enamel and fossil shells.

Aspartic acid racemization was used to date samples aged less than 80-100 Ka; for more ancient samples, instead, isoleucine epimerization was resorted to.

In particular, dates were established of some important fragments of human bones (*Homo Marit-*

za from the homonymous cave, the Child of the tomb found in the Paglicci cave, etc.) and of large-mammals fauna (*Elephas creutzburgi* Kuss and *Megaceros cretensis* Simonelli) from the Cretan caves Simonelli and Bate. Additionally, ages were estimated of the *Elephas falconeri* Busk (550 Ka old) from the Spinagallo cave (Siracusa) and of the *Elephas mnaidriensis* Adams (180 Ka old) from the Puntali cave (Palermo). The age value of the *Elephas falconeri* appeared to be much older than that of the *Elephas mnaidriensis*, which is not in line with modern theories on insular faunas, assigning to the latter an age older than the *Elephas falconeri*. Moreover, samples from Isernia La Pineta indicated an average age of about 500 Ka for the deposit. From the palaeontological standpoint, this value is acceptable even if it is significantly lower than those obtained with K/Ar and palaeomagnetism techniques on piroclastic levels which can be correlated with the fossiliferous sediment.

The age and correlation of shorelines around the Mediterranean basin have been addressed by analyzing the extent of isoleucine epimerization (aile/ile ratio) in protein preserved in molluscan fossils collected from raised marine deposits. The taxodont genera *Glycymeris* was selected as the primary taxa for this study because of their simple shell structure, reproducible aile/ile ratios, and ubiquitous occurrence. In particular, in the Montalto di Castro and

Tarquiniia areas (Latium - Central Italy), three marine horizons have been identified, and estimated to be approx. 120, 200 and 300 Ka old, about. Dates obtained are in good agreement with those obtained for the same sediments using the techniques Uranium-Thorium ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) and Electron Spin Resonance (ESR). Samples of *Glycymeris* fossils were collected at 17 coastal sites in Sardinia and were grouped according to their respective amino acid ratios (aile/ile), marine horizons were identified and assigned to stages 3, 5, 7 and 9 of the Shackleton and Opdyke's paleotemperature curve. The oldest marine horizon (300-350 Ka, stage 9) is located at Riola and Stagno di Sassu; the formations of Calamosca and Fenu Struvu gave an age ranging from 180 to 220 Ka (referred to stage 7); the horizon of about 100-120 Ka (referred to stage 5) is located at Nora, Santa Reparata, Tavolara, Cala Fighera, Cala del Turco, Acqua Durci, San Pietro a Mare, Is Arenas, Calamosca, S'Enna 'e S'Arca, Campu 'e Sali, Capo San Marco, Su Crastu Biancu, Putzu Idu; the youngest horizon, 50-70 Ka old and referred to stage 5a (?), is located at Punta Tramontana, Santa Reparata and Acqua Durci. Finally, in the Rome area, the Monte Mario formation was estimated to be coeval with the Monte delle Piche-Pomezia. However, both appeared to be older than the Ponte Galeria formation, which was calculated to be over 700 Ka old.

Inquadramento morfodescrittivo delle coste alte rocciose⁽¹⁾ *A morphodescriptive framework of high rocky coasts*

CORTEMIGLIA G. C. (*)

Vengono discussi ed individuati i confini e le componenti del sistema morfogenetico litorale dalla cui evoluzione spazio-temporale prende origine il modellamento costiero.

Nell'ambito di tale sistema fisico aperto, di cui viene altresì sottolineato il carattere dinamico, l'azione combinata delle forze componenti, agenti sia dall'interno, sia dall'esterno del pianeta, producono effetti differenziati, per intensità e durata, nello spazio e nel tempo.

L'azione combinata di tali effetti permette così di riconoscere, nell'ambito del sistema, un processo morfogenetico principale, dipendente dalle forze interne, che indirizza e stabilisce i lineamenti generali del modellamento costiero, ed un processo morfogenetico secondario, dipendente dalle forze esterne, che mantiene sottoposti i lineamenti principali ad azioni prevalentemente o di tipo erosivo o di tipo trasporto-deposizionale.

I lineamenti generali del modellamento costiero, prodotti dal processo morfogenetico principale, si configurano nelle due precipue morfologie delle coste rocciose e delle coste deposte, nel cui ambito, quindi, per l'effetto risultante dall'interazione combinata delle varie forze caratterizzanti il processo morfogenetico secondario, vengono così ad impostarsi ed a svilupparsi i relativi vari morfotipi.

Il processo morfogenetico secondario condiziona, quindi, quello che viene denominato assetto od aspetto di un litorale.

Applicando tale visione sistemica del modellamento costiero alle coste rocciose vengono quindi

presi in considerazione alcuni caratteri dell'assetto od aspetto fisiografico, che consentono di distinguere le due tipologie delle coste alte rocciose e delle coste basse rocciose.

Quindi, correlando opportunamente i principali caratteri dell'aspetto fisiografico con quelli dell'aspetto od assetto morfologico, viene proposta, nell'ambito di queste due configurazioni delle coste alte e basse rocciose, una preliminare tipologia descrittiva dei loro principali morfotipi.

The purpose of the present paper is to discuss and pinpoint the limits and the components of the littoral morphogenetic system.

Within such open physical system, whose dynamic character is hereby stressed, the combined action of the component forces, both endogenous and exogenous to the planet, causes effects of different intensity and duration, in space and time.

The combined action of such effects allows therefore to pinpoint, within the system, a main morphogenetic process, linked to endogenous forces shaping the overall features of coastal morphogenesis, and a secondary morphogenetic process, linked to exogenous forces, which causes the main features of the system to undergo processes either chiefly erosive or mainly of the transport-depositional type.

The basic features of the coastal morphogenesis, produced by the main morphogenetic process, give rise to two different kinds of coast: either rocky or depositional. Due to the combined effects of the

(¹) Ricerca effettuata con il contributo del MURST e del CNR.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Genova.

various forces of the secondary morphogenetic process, different morphotypes arise and grow.

The secondary morphogenetic process, therefore, acts as a conditioning agent upon the setup or aspect of a coast.

Applying this systems-based framework of coastal morphogenesis to the rocky coasts, some physiographic characters are considered: these enable

to distinguish the two typologies of the high rocky coasts and the low rocky coasts.

Therefore, within the two basic classes of high and low rocky coasts, by correlating the basic physiographic features with the main characters of the morphological setup, a preliminary descriptive typology of the main morphotypes is hereby presented.

La nuova cartografia geologica alla scala 1:50.000 nelle aree costiere

The new geological mapping in coastal areas at 1:50.000 scale

LEMBO P. (*)

Tra le principali attività del Servizio Geologico Nazionale vi è quella di realizzare e pubblicare la cartografia geologica e geotematica alla scala 1:50.000 del territorio nazionale.

La Legge 305/89 «Piano triennale per l'ambiente», nel cui ambito ricade il progetto CARG (Cartografia Geologica), stabilisce che i rilevamenti geologici vengano estesi anche alle aree di piattaforma continentale su cui viene esercitata la sovranità nazionale.

Per quanto riguarda la cartografia geologica delle aree marine, il Servizio Geologico Nazionale, adeguandosi a quanto stanno realizzando da vari anni alcune nazioni europee, ha individuato due linee principali di ricerca.

Una, relativa alla scala 1:250.000, è finalizzata alla conoscenza della geologia della piattaforma continentale dei mari italiani e delle strutture più profonde, in conformità con quanto già prodotto a livello europeo dagli altri Servizi Geologici (BRGM-Francia, BGS-Gran Bretagna, BGR-Germania, NGU-Paesi Bassi, NGF-Finlandia).

L'altra linea di ricerca è indirizzata alla cartografia geologica alla scala 1:50.000 e prevede la caratterizzazione litologica e morfologica del fondo e dell'immediato sottofondo marino, in modo da garantire una copertura uniforme di dati geologici riguardanti quell'unità fisiografica costituita dalla piattaforma continentale interna e dalla fascia costiera, aree su cui gravitano gran parte delle attività umane.

Per una migliore copertura dei dati relativi alla zona costiera è opportuno dare una maggiore conti-

nuità possibile tra i rilevamenti effettuati in terra fino alla linea di battigia e quelli realizzati in mare attraverso l'uso di navi oceanografiche che sovente, per ragioni tecniche, lasciano indeterminata la fascia di congiunzione tra terra e mare.

Appare evidente dunque che solo attraverso l'utilizzo di ricercatori in grado di effettuare rilievi geologici subacquei si potrà dare completezza alla cartografia delle aree costiere, evitando soluzioni di continuità nei rilevamenti.

The principal program undertaken by National Geological Survey of Italy is concerned with geological and geothematic mapping and publishing of maps at 1:50.000 scale. This cartographic project (C.A.R.G.) includes also portions of sea-floor of the continental shelf over which Italy possesses sovereign rights.

The S.G.N. has developed two lines of activities: one concerns the cartography of the offshore areas at the scale 1:250.000, adopting the same standard rules used by other European Geological Surveys (British Geological Survey, Bureau de Recherches Geologiques et Minieres, Rijks Geologische Dienst). These maps will show the outcropping and subcropping of Quaternary and pre-Quaternary geology and are constructed by interpretation of seismic profiles calibrated by boreholes and cores.

The second line of program refers to the cartography of marine areas at 1:50.000 scale. The entire

(*) Servizio Geologico Nazionale, Via Curtatone, 3 - 00185 Roma.

coverage of Italy at this scale comprises 652 sheets of which 226 have coastal and marine areas. The information contained on the geological sheet will refer to the morphology and distribution of sediments of the bottom and immediate

sub-bottom and derive from interpretation of seismic and acoustic surveys, bottom samplings and direct divers in shallow areas near the coast where marine operations with oceanographic ships are not possible.