

Carta geomorfologica dell'Arcipelago Toscano

Geomorphological Map of the Tuscan Archipelago

ARINGOLI D.^(*), COLTORTI M.^(***), D'OREFICE M.^(**), DRAMIS F.^(**),
FEDERICI P.R.^(****), FORESI L.M.^(****), GRACIOTTI R.^(**), IOTTI A.^(****),
MOLIN P.^(**), MORETTI S.^(*****), PAPPALARDO M.^(****), PIERANTONI P.P.^(*),
PIERUCCINI P.^(****), RIBOLINI A.^(****), TARCHIANI U.^(*****)

RIASSUNTO - Questo volume è il risultato di una ricerca svolta nell'ambito di una Convenzione stipulata tra l'ex APAT - Servizio Geologico d'Italia - Dipartimento Difesa del Suolo e il Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università degli Studi "Roma Tre" con l'obiettivo della realizzazione di carte geomorfologiche dell'Arcipelago Toscano a scale di diverso dettaglio. Tali documenti cartografici, accompagnati da un *data-base* in formato digitale e dalle note illustrative in questo volume, rappresentano un evento di indubbia novità, in quanto vanno a integrare le conoscenze geomorfologiche, piuttosto scarse a confronto di quelle geologiche, che sono al contrario particolarmente ricche e approfondite.

Dopo un capitolo introduttivo sulla geologia e la climatologia dell'arcipelago, il volume tratta in dettaglio la geomorfologia delle singole isole, caratterizzate, ad esclusione di Pianosa e di Giannutri, da un'orografia abbastanza accidentata, dovuta essenzialmente all'erosione selettiva del substrato roccioso, costituito da un'estrema varietà di litotipi. In particolare, prevalgono le forme erosive rispetto a quelle deposizionali. Tra i morfotipi marini sono dominanti le falesie, talora ben sviluppate in altezza, mentre risultano numerica-

mente ridotte, e talora di dubbia attribuzione genetica, le spianate di abrasione marina inattive. I depositi dunari antichi sono frequenti all'Elba e a Pianosa. Nell'entroterra, prevalgono i processi fluvio-denudazionali, di alterazione meteorica e, nel caso di Pianosa e Giannutri, anche i processi carsici. I morfotipi fluvio-denudazionali sono soprattutto erosivi (valli fluviali, vallecole a "V" e a conca, solchi da ruscellamento concentrato), mentre sono poco diffuse le forme di accumulo (piane alluvionali e costiere). I processi dell'alterazione meteorica hanno originato cataste di blocchi (*tor*), sculture alveolari, tafoni e spesse coltri d'alterazione. I fenomeni gravitativi sono principalmente rappresentati da scarpate di degradazione, frane di crollo e scorrimento e rare frane di colamento. Non vanno inoltre trascurati gli accumuli detritici presenti alla base dei versanti.

Le isole dell'Arcipelago Toscano sono state sede di insediamenti antropici sin dai tempi preistorici. In tempi protostorici e storici lo sfruttamento minerario, nel solo caso dell'Isola d'Elba e dell'Isola del Giglio, congiuntamente con lo sfruttamento insediativo (agricoltura e pastorizia), ha portato a numerosi e importanti cambiamenti dell'ambiente fi-

(*) Università degli Studi di Camerino, Dipartimento di Scienze della Terra

(**) Università degli Studi "Roma Tre", Dipartimento di Scienze Geologiche

(***) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia

(****) Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra

(*****) Università degli Studi di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra

(*****) Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra

sico e del paesaggio. Negli ultimi secoli, alle forme e ai depositi dovuti all'attività estrattiva e al terrazzamento agricolo si sono aggiunti e ampliati altri aspetti della morfogenesi antropica (aree urbanizzate, strutture penitenziarie, interventi di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua, infrastrutture portuali) che hanno ulteriormente modificato l'ambiente fisico dell'Arcipelago Toscano.

PAROLE CHIAVE: cartografia geomorfologica digitale, banca dati, Arcipelago Toscano, Italia.

ABSTRACT - This volume is the final issue of a research project on geomorphological mapping at different scales, carried out in the Tuscan Archipelago within an agreement between ex APAT-Geological Survey of Italy-Department Soil Defense and the Department of Geological Sciences of "Roma Tre" University. The resulting maps, digital data-base and explanatory notes (in this volume) represent, without any doubt, an important event. In fact, it introduces geomorphological information to the environmental knowledge of the archipelago, that has been deeply investigated just from the geological and petrological points of view.

After an introductory chapter concerning the archipelago geology and climatology, the volume presents a detailed description of the geomorphological features of each island. Exception made for Pianosa and Giannutri, all islands are characterized by a rough topography, essentially resulting from the selective erosion of the bedrock, made of a large variety of rock-types. Erosional landforms are predominant with respect to depositional landforms. Among coastal features, cliffs are frequent and well developed, whereas inactive abrasion platforms are few and sometimes of uncertain interpretation. Old dune deposits are relatively frequent along the coast of the Elba and Pianosa islands. Fluvial-denudational and weathering processes are dominant in the inner sectors; karstic landforms are present in Pianosa and Giannutri. Fluvial-denudational landforms are mostly erosional (fluvial valleys, gullies, rills), whereas depositional landforms (alluvial and coastal plains) are less frequent. The weathering processes originate tors, honeycomb sculptures, tafoni and thick weathering mantles. Gravitational processes include degradational escarpments, rockfalls, slides, and rare flows. Talus is widely developed at the foot of slopes.

The islands of the Tuscan Archipelago are inhabited since prehistoric times. In protohistoric and historic times, mining in the Elba and Giglio islands, farming, and pasturing induced strong environmental changes. In the last centuries, new and more intensive man-made landforms (urban areas, penalty buildings, hydraulic regulation of streams, portual infrastructures) have increasingly modified the landscape of the Tuscan Archipelago.

KEYWORDS: digital geomorphologic mapping, data-base, Tuscan Archipelago, Italy.

1. - INTRODUZIONE

Le isole dell'Arcipelago Toscano presentano caratteri geologici e geomorfologici di estremo interesse, con una vasta eterogeneità di forme, risultanti dall'interazione tra l'ampia varietà litologica, tipica di alcune isole, e l'azione morfogenetica dei principali processi erosivi che modellano il paesaggio. Il processo morfologico che si manifesta più intensamente, con una molteplicità di morfotipi, è sicuramente quello costiero ma, in virtù dell'elevata energia del rilievo che caratterizza la maggior parte delle isole, è ben sviluppata anche la dinamica gravitativa di versante e quella fluvio-denudazionale. Alcune isole dell'arcipelago sono state, e sono tuttora, sedi di strutture penitenziarie. Questa particolare condizione è stata la causa di un loro forzato isolamento, a volte quasi totale, che le ha preservate dall'attività antropica e ha permesso la conservazione di peculiari ecosistemi, aumentando il loro valore ed interesse naturalistico e geoambientale.

Il territorio dell'Arcipelago Toscano, e dell'Isola d'Elba in particolare, non è stato mai oggetto di studi geomorfologici di dettaglio, sia perché gli aspetti geomorfologici sono stati in parte oscurati da quelli geologici, davvero rilevanti come interesse scientifico ed applicativo, sia a causa della scarsità di depositi marini post-orogonici, che rendono problematica la ricostruzione delle tappe evolutive più recenti. Eppure, se si considerano la molteplicità e la peculiarità dei morfotipi presenti ci si rende conto che in un territorio non molto esteso, costituito da rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie, agiscono diversi processi morfogenetici dalle aree costiere, fino alla sommità dei rilievi maggiori, che si manifestano con caratteristiche forme di accumulo e di erosione. In particolare, sono molto interessanti i depositi eolici che affiorano in alcune isole ed in modo specifico in diversi tratti della costa dell'Isola d'Elba.

Per la rappresentazione cartografica delle diverse isole sono state scelte, in funzione della loro superficie, differenti scale di dettaglio: 1:25.000 per l'Elba, 1:5.000 per Gorgona e Giannutri, 1:10.000 per le restanti quattro isole.

Al fine di facilitare la lettura di questo volume, verranno trattate singolarmente tutte le isole dell'arcipelago e, per ognuna di esse, verrà fatta una breve introduzione sull'orografia e la geologia, prima dell'esposizione dei caratteri geomorfologici più salienti.

In base all'esperienza maturata nell'ambito di questo progetto, alla fine del volume è stata effettuata un'analisi critica dei contenuti delle "Linee guida al rilevamento" (SERVIZIO GEOLOGICO NA-

ZIONALE, 1994), da cui sono scaturite delle proposte per un loro aggiornamento.

Considerato l'elevato numero di carte geomorfologiche prodotte e le loro dimensioni, spesso notevoli, si è preferito raccogliere in forma digitale tutta la cartografia prodotta in un unico CD-Rom consultabile, situato in tasca di copertina.

2. - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE

2.1. - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La costa toscana tra Livorno e il Promontorio dell'Argentario è fronteggiata dalle isole dell'Arcipelago Toscano, che formano una sorta di fascia arcuata con la convessità volta verso la Corsica (fig. 1), dalla quale sono separate dal Bacino e dal Canale che da essa prendono il nome. Mentre quasi tutte le isole emergono da bassi fondali di piattaforma continentale, maggiori profondità (> 200 m) si registrano nel Canale di Corsica.

Le isole maggiori sono sette, da nord a sud: Gorgona, Capraia, Elba, Pianosa, Montecristo, Giglio e Giannutri; ad esse si aggiungono alcuni isolotti tra cui: le Formiche di Capraia, le Formiche

della Zanca, Cérboli e Palmaiola nei pressi dell'Elba, le Formiche di Grosseto, le Formiche di Montecristo o Scoglio d'Affrica, e vari grossi scogli. Nel complesso l'arcipelago si estende per circa 300 km², dei quali ben 224 spettano all'Isola d'Elba.

Tutte le isole, tranne Pianosa e Giannutri, hanno un rilievo vivacissimo e solitamente dirupato, sebbene raggiungano altezze modeste, a parte l'eccezionale culminazione del plutone del Monte Capanne, nell'Elba occidentale, che sventa a 1018 m.

Probabili resti di una porzione emersa del Pale-Appennino, la Tirrenide dei Vecchi Autori, le Isole dell'Arcipelago Toscano sono diverse una dall'altra per costituzione, ma sono riunite in un'unica storia geologica, essenzialmente legata all'evoluzione dell'orogeno appenninico, in una omogenea provincia climatica dal clima subtropicale dolce e moderato, e in un unico distretto floristico e vegetazionale con consorzi-climax di tipo macchia mediterranea, naturalmente confinata laddove l'uomo non è intervenuto con una azione, talora millenaria, di trasformazione territoriale, particolarmente evidente nelle isole d'Elba e del Giglio.

Le più recenti vicende politiche ambientali hanno portato il 22 Luglio 1996 alla creazione con



Fig. 1 - Locazione dell'area di studio. - Location of the study area.

D.P.R. del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, a significare la svolta verso un nuovo profilo socio-economico e una vocazione forse definitiva e l'abbandono completo delle attività minerarie, che pure tanto hanno dato alla sua storia.

Non va dimenticato, infatti, che le miniere di ferro dell'Elba orientale sono state sfruttate fin dalla più remota antichità greco-etrusco-romana e fino quasi ai giorni nostri, lasciando visibili tracce nel paesaggio. Queste miniere oggi rappresentano un importante patrimonio culturale e turistico. La vocazione naturale dell'Arcipelago è quella turistica, perciò la conservazione dell'ambiente dovrebbe essere il pensiero dominante del governo del territorio.

2.2. - LINEAMENTI GEOLOGICI

L'Arcipelago Toscano è parte integrante della catena dell'Appennino: appartiene alla sua Zona Interna e proprio ad ovest di esso va ricercato il limite meridionale fra le strutture alpine, presenti in Corsica, e quelle appenniniche. E' verosimile, tuttavia, che parte della Zona Interna sia scomparsa con la tettonogenesi e il margine orientale della Corsica rappresenti di fatto il limite naturale fra Alpi e Appennino.

L'Appennino è una catena a falde di ricoprimento derivata dalla deformazione terziaria di una porzione del margine continentale della microplacca Adria, prospiciente il dominio oceanico ligure. Infatti, la genesi dell'Appennino è correntemente intesa come il prodotto della convergenza e della collisione fra le placche Europea e Africana.

La più antica espressione della collisione del microcontinente corso-sardo (Europa) con il margine continentale della microplacca Adria (Africa) in seguito alla sua rotazione ovest-est è coincidente con la zona dell'Isola d'Elba e dell'Arcipelago. L'area, tuttavia, è anche il frutto di una evoluzione legata all'insorgenza tardiva di un plutonismo di natura prevalentemente acida ed alla sua interazione con le serie sedimentarie.

L'Arcipelago presenta una grande varietà litologica con notevoli differenze da isola a isola. Così, Gorgona, estesa per 2,23 km², è costituita da calcescisti, serpentiniti e metabasiti; Capraia, estesa per 20 km² e culminante con i 447 m del M. Castello, è di origine interamente vulcanica, costituita da colate di andesite, con tufi e breccie, ed anche da rocce basaltiche; Pianosa, completamente piatta ed estesa per 10,25 km², è costituita quasi totalmente da una biocalcarenite pliocenica discordante su marne e argille di età miocenica; Montecristo, estesa per circa 10 km², da una massa granitica che

si eleva fino a 645 m con il M. della Fortezza; Giglio, estesa per 21,21 km², culmina con i 498 m del Poggio della Pagana ed è in gran parte monzogranitica eccetto nel Promontorio del Franco dove affiora il Verrucano; Giannutri, estesa per 2,62 km² è di natura carbonatica; infine, l'Elba, dalla geologia e struttura estremamente complesse, costituita da un grande plutone granodioritico a ovest e da una ben nota sequenza di unità tettoniche con successioni sedimentarie di tipo Ligure e Toscano, oltre che da altri prodotti del plutonismo quarzo-monzonitico a est.

Dal punto di vista strutturale, l'area Corsica-Arcipelago-Toscana è contraddistinta da *thrust* est-vergenti interessanti il prisma sedimentario e metamorfico pre-neogenico, sviluppatosi in tre principali fasi di subduzione e collisione (Cretacico-Paleocene; Eocene superiore-Oligocene inferiore; Cattiano) che hanno permesso la chiusura dell'oceano ligure, la strutturazione della catena appenninica e la sua esumazione. A partire dal Miocene la deformazione complessiva dell'orogeno si è propagata da occidente a oriente fino all'Adriatico, ma contemporaneamente, nella parte interna della catena le strutture compressive sono state interessate da una tettonica distensiva la cui intensità è aumentata da nord a sud. Alla latitudine dell'Arcipelago la deformazione distensiva più significativa è del Miocene medio ed è contraddistinta da faglie dirette a basso angolo che hanno permesso la sovrapposizione delle unità tettoniche strutturalmente più elevate (Liguridi) sui complessi anche metamorfici derivati dalla deformazione del margine continentale della placca Adria. Secondo alcuni calcoli la distensione potrebbe aver raggiunto valori elevati, fino al 57%.

Dal Miocene superiore la distensione è continuata con faglie dirette ad alto angolo che hanno segmentato il territorio emerso o in emersione (isostatica) in una serie di *horst* e *graben*, allineati NO-SE, associati a magmatismo intrusivo e vulcanismo e che hanno tagliato tutte le precedenti strutture compressive e distensive. Secondo alcuni autori durante la distensione pre-tortoniana le faglie ad alto angolo hanno determinato un'ulteriore estensione del 6-7%.

Dati geofisici acquisiti nell'ambito del Progetto Crop 3 hanno evidenziato, a 4,5 km di profondità, l'esistenza nell'area elbana di un riflettore (denominato K) blandamente immergente a est e proseguente sotto la penisola italiana fino a 10 km di profondità, messo in relazione alla dinamica estensionale.

L'inizio della tettonica estensionale nell'arcipelago è considerata coeva a quella alto-miocenica dell'adiacente continente poiché la messa in posto

dello stock granitico del M. Capanne, legata appunto alla distensione crostale, ha un'età compresa tra 5,8-6,8 Ma (secondo il metodo Rb/Sr, JATEAU *et alii*, 1984) e 6,7-6,9 Ma (metodo Rb/Sr, FERRARA & TONARINI, 1985; 1993) e quella del più piccolo stock monzogranitico di La Serra-Porto Azzurro è compresa tra 4,9-5,4 Ma (metodo Rb/Sr, SAUPÈ *et alii*, 1982) e 5,9 Ma (metodo Ar^{40}/Ar^{39} , MAINERI *et alii*, 2003). Essa diviene progressivamente più giovane da ovest verso est. È interessante ricordare che in Corsica si segnala l'inizio della distensione crostale tirrenico-appenninica a 13,5-15,5 Ma (Langhiano), età della lamproite di Sisco. Inoltre, non va dimenticato che la regione dell'arcipelago doveva essere sicuramente emersa nel Miocene inferiore, poiché ciottoli arrotondati di genesi fluviale costituiti da eurite (porfirite tormalinifera, un differenziato acido del plutone del M. Capanne e solo lì presente), si trovano nei conglomerati della "Successione gessifera del bacino di Volterra". Il collasso parziale e la frammentazione in isole devono essere necessariamente posteriori alla messa in posto dello stock granitico.

Una caratteristica peculiare dell'arcipelago e della vicina Toscana è appunto la presenza di rocce magmatiche sia effusive sia intrusive. In particolare, l'Isola di Capraia è composta da rocce vulcaniche calcicaline alte in K e shoshonitiche, l'Isola d'Elba, da un grande plutone granodioritico a occidente e da una seconda intrusione quarzo-monzonitica a oriente, l'Isola del Giglio da due intrusioni monzogranitiche, Montecristo da un batolite monzogranitico.

I vari centri magmatici hanno un'età di circa 7,6-4,7 Ma a Capraia, da 7 a 5 Ma all'Elba, di circa 7 a Montecristo e di circa 5 al Giglio; le età continuano a decrescere nella Toscana continentale (fino a 0,2 Ma nel Monte Amiata).

La genesi di queste rocce non è dovuta alla sola fusione di roccia continentale, ma ad una più complessa interazione di magma basico e di magma sialico e una loro messa in posto in un ambiente di crosta assottigliata (non più di 25 km di spessore) con una fenomenologia di anatessi intracrostale indotta dall'innalzamento delle geoisoterme durante la risalita del magma basico.

La tettonica neogenica e pleistocenica ha però prodotto un risultato fondamentale, al quale è dovuto l'aspetto attuale della Toscana occidentale: la suddivisione in una serie di alti e bassi strutturali e morfologici. L'arcipelago è parte integrante di questa megastruttura: infatti, più a occidente, il bacino della Corsica è un semi-*graben*, separato dall'Arcipelago, che giace su una dorsale prevalentemente sommersa, allungata nord-sud comprendente Capraia-Elba-Pianosa. Ad essa

segue poi la piattaforma continentale toscana in cui si distinguono i bacini di Pianosa, di Montecristo, di Punta Ala, delle Formiche di Grosseto, separati da dorsali minori. L'Arcipelago Toscano, dunque, è il risultato di una complessa vicenda geologica ed in questo quadro che va letta la sua evoluzione morfologica.