

## 6. - BANCA DATI E CARTOGRAFIA DIGITALE (a cura di C. Cipolloni)

In un'ottica moderna in cui si è sempre più attenti al dato e alla sua qualità, l'uso dei sistemi informativi geografici diviene indispensabile. Di qui l'esigenza all'interno del progetto di "Carta Geomorfologia dell'Arcipelago Toscano" di realizzare una banca dati. Tale progetto aveva il compito, oltre che di redigere la carta geomorfologica di dettaglio delle isole (1:5.000/1:10.000/1:25.000), di testare e valutare criticamente l'applicabilità delle Linee Guida per la realizzazione della Carta Geomorfologica alla scala 1:50.000 (1994), anche tramite l'impiego di strumenti digitali. In tale ambito, si è inoltre voluto sperimentare la realizzazione della cartografia direttamente a partire da una banca dati informatizzata che, con opportune procedure semi-automatizzate, arrivasse alla produzione della rappresentazione associata.

La banca dati è stata desunta dalle informazioni cartografiche e dalle note illustrative redatte dai singoli rilevatori, componendo le informazioni in campi numerici, alfanumerici e/o descrittivi, così come previsto dal modello fisico concettuale elaborato (CIPOLLONI *et alii*, 2008). Tale modello dei dati ha scomposto le informazioni, relative alle forme, in campi alfanumerici, ricavabili direttamente dalla codifica dei morfotipi dettata dalle linee guida. Questa scomposizione degli agenti morfogenetici in processi primari e secondari ha poi permesso di riconoscere ed eventualmente modificare le simbologie delle forme poligenetiche. Viceversa la rappresentazione cartografica ha richiesto una notevole mole di lavoro per definire una libreria di simboli da associare ai codici, al fine della realizzazione della carta geomorfologica, e una lunga opera di analisi e revisione di alcune simbologie (colore, forma, grandezza), al fine di ottenere la miglior veste grafica in modo diretto dalla banca dati.

### 6.1. - MODELLO BANCA DATI

La banca dati prevede la suddivisione dell'informazione geomorfologica in vari strati informativi, tenendo conto, sia della diversa tipologia geometrica delle forme da rappresentare, sia della possibilità di visualizzare singolarmente, o contemporaneamente, diversi strati, talora sovrapposti.

Il modello concettuale dei dati in parte è stato realizzato pensando alla cartografia geomorfologica dell'arcipelago, ed in parte considerando le esigenze di analisi e rappresentazione di alcuni fenomeni interconnessi con la pericolosità geomorfologica.

Si è, quindi, proceduto a digitalizzare le forme superficiali in primitive geometrie (punti, linee e poligoni) a partire dai supporti *raster* acquisiti dagli originali d'autore, identificando per ognuna delle geometrie i seguenti strati informativi: forme antropiche, forme ed elementi geologici, forme dovute ai vari processi morfogenetici di tipo naturale. Quest'ultimo strato informativo, in una successiva analisi del modello fisico dei dati, è stato poi modificato, separando in due strati, le informazioni: forme dovute ai processi gravitativi e forme dovute ad altra genesi naturale.

Nel corso della realizzazione della banca dati è emersa l'esigenza di integrare nel codice identificativo dell'oggetto "forma geomorfologica", quando previsto dalle linee guida, anche il possibile stato di attività.

Un campo contemplato in parte dalle linee guida, ma che è risultato indispensabile inserire nella banca dati, è quello relativo all'orientazione delle forme areali e puntuali (poligoni e punti); tale orientazione non trova diretta corrispondenza nelle forme lineari che, comunque, presentano un'orientazione associata al verso di digitalizzazione. L'informazione relativa all'orientazione delle forme è stata desunta in parte dalla lettura diretta sull'originale d'autore e in parte dall'analisi integrata del modello dell'esposizione dei versanti, ottenuto dal modello digitale di terreno (DTM).

L'integrazione del campo orientazione e del codice di attività, ha inoltre facilitato, nella fase di allestimento della stampa, la produzione e la gestione della legenda relativa alla cartografia digitale, realizzata e allegata nel volume come CD-Rom consultabile. Ancora, nella banca dati sono stati inseriti i campi necessari alla descrizione sintetica e completa della singola forma e della sua genesi. Non meno importante, soprattutto per la definizione temporale di alcuni fenomeni gravitativi verificatisi di recente nell'Elba occidentale, è stato il campo "data evento" relativo all'anno di attivazione dell'evento franoso, utilizzato successiva-

mente anche come etichetta descrittiva in prossimità della forma rappresentata sulla cartografia.

Di complessa realizzazione sono state l'informazione e la veste grafica associata ai conoidi, forme piuttosto irregolari e casuali nel loro andamento piano-altimetrico.

Pertanto, per la rappresentazione delle linee di flusso del deposito, si è dovuti ricorrere alla realizzazione grafica di oggetti geografici indipendenti, rappresentativi delle singole linee di flusso; tali oggetti geometrici poligonali, però, non hanno un'informazione associata. Inoltre allo scopo di fornire un'informazione più completa, agli aspetti morfologici del conoide è stata associata, mediante apposita simbologia, la caratteristica granulometrica prevalente del deposito.

La banca dati è composta di sette insiemi di dati (*Features Dataset*), ciascuno corrispondente alle sette isole cartografate. All'interno di questi è contenuto un numero variabile di strati informativi vettoriali, da un minimo di quattro per l'Isola di Pianosa (elementi geologici poligonali, forme geomorfologiche poligonali, lineari e puntuali) a un massimo di sette per l'Isola d'Elba (elementi geologici poligonali e lineari, forme geomorfologiche poligonali, lineari e puntuali e forme antropiche poligonali e lineari). Il pacchetto d'informazioni della banca dati si compone, poi, del dato *raster* relativo alla base topografica in scala 1:10.000 (fornito dalla Regione Toscana), del reticolo idrografico vettoriale e del modello digitale di terreno alla risoluzione di 10 metri per pixel.

In ragione della disponibilità del DEM con una cella di risoluzione di 10 metri è stato possibile ricostruire e omogeneizzare alcune informazioni, di incerta o anomala collocazione, in particolare è stato filtrato il dato delle superfici spianate, accreditando le superfici di incerta o complessa genesi segnalate dai rilevatori e poste al di sotto della quota di massimo riconoscimento dei terrazzi marini come possibili superfici di abrasione.

La banca dati, così realizzata, risulta composta da oltre 9.000 elementi geometrici per la sola Isola d'Elba e da un totale di oltre 13.000 elementi per l'intero Arcipelago Toscano.

## 7. - ANALISI CRITICA DELLA LEGENDA

Alla fine del lavoro svolto, è stata effettuata un'analisi critica delle "Linee guida al rilevamento" edite dal SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1994) per la compilazione della Carta Geomorfologica d'Italia alla scala 1:50.000. In particolare, in base alle considerazioni dei rilevatori e alle discussioni che sono sorte in seno al Comitato Scientifico al

termine delle attività di rilevamento e di informatizzazione, è nata la necessità di un aggiornamento delle suddette linee guida.

L'uso della simbologia prevista dalle linee guida ha incontrato alcune difficoltà. Esse, infatti, sono state concepite per la cartografia alla scala 1:50.000 del progetto CARG, mentre per il rilevamento e per la rappresentazione delle isole dell'Arcipelago Toscano sono state utilizzate scale di maggiore dettaglio. Inoltre, sono emersi problemi nel descrivere alcune forme non previste nella simbologia delle linee guida e alcuni fenomeni complessi non facilmente riconducibili alle semplici classi proposte. Per tali motivi sono stati introdotti:

- tre nuovi simboli puntuali: il picco roccioso isolato (VG) dovuto all'attività di fenomeni gravitativi e quello relitto (SR) di genesi complessa, la sella ad influenza strutturale (SV) e quella dovuta al dilavamento (FD);

- un nuovo simbolo lineare, relativo alla cresta di genesi complessa;

- un nuovo modello rappresentativo dei conoidi alluvionali, inserendo le campiture in modo del tutto simile a quelle dei depositi alluvionali, al fine di fornire un'informazione riguardo la natura del deposito;

- un simbolo lineare per perimetrare le piane costiere, utile per la ricostruzione degli ambienti deposizionali.

Infine, dopo un'ampia discussione, il gruppo di lavoro ha ritenuto che le colate rapide di detrito e di fango (*debris flow, mud flow*) abbiano un'errata collocazione nella rappresentazione iconografica delle linee guida. Infatti, tali forme sono inserite tra i processi fluvio-denudazionali e di dilavamento essendo attivate da eventi pluviometrici critici, ma sono molto più vicine, per la dinamica di trasporto e di messa in posto, ai processi gravitativi. Per tale motivo questi elementi geomorfologici sono stati rappresentati nella cartografia dell'Arcipelago Toscano con i colori delle forme di versante dovute alla gravità e si propone di introdurre la stessa modifica nelle linee guida. Tale modifica ha un riscontro pratico molto importante: infatti, nel caso in cui la carta sia consultata ai fini della gestione del territorio, una colorazione simile ai processi gravitativi evidenzia bene la pericolosità di tali fenomeni per la popolazione e le infrastrutture.

## 8. - SINTESI FINALE

La realizzazione di una cartografia geomorfologica di dettaglio estesa alle sette isole principali che formano l'Arcipelago Toscano, rappresenta un evento di indubbia novità, in quanto va ad inte-

grare il quadro delle conoscenze di un'area abbastanza studiata dal punto di vista geologico, ma quasi del tutto sconosciuta sotto l'aspetto geomorfologico.

Queste isole, disseminate nel Mar Tirreno tra la costa toscana e quella corsa, sono caratterizzate da un bilancio idrico-climatico medio variabile, secondo la classificazione di THORNTHWAITE & MATHER (1957), da subarido ( $C_1$ ) a semiarido (D); solo nel versante settentrionale del M. Capanne (stazione di Poggio Elba) il tipo climatico non va oltre il subumido ( $C_2$ ). Specialmente in estate, salvo che in alcune aree molto ristrette e durante eventi pluviometrici rari o eccezionali, la disponibilità di acqua nel suolo è molto limitata e, per conseguenza, i deflussi, soprattutto quelli superficiali, sono assenti o di scarsissima entità.

A uno sguardo d'insieme le isole dell'arcipelago, ad esclusione di Pianosa e di Giannutri, sono caratterizzate da un'orografia abbastanza vivace e di solito accidentata, frutto di un'intensa morfoselezione da parte dei processi esogeni, che hanno scolpito il substrato roccioso, costituito da un'estrema varietà di litotipi, spesso contraddistinti da un complesso assetto tettonico-strutturale. Tale assetto, non solo determina l'orientazione preferenziale degli elementi morfologici principali, ma indirizza anche l'azione degli agenti geomorfici prevalenti. Prendono corpo, in questo modo, le ampie e numerose superfici strutturali che caratterizzano interi settori dei versanti del M. Capanne, nell'Elba occidentale, le scarpate strutturali e gli *hogback* presenti alla sommità della dorsale M. Castello-M. Mar di Capanna e del M. Orello, nell'Elba centro-orientale, e i versanti di faglia, spesso contraddistinti da faccette triangolari e trapezoidali, nell'Elba nord-orientale.

Sulle isole dell'arcipelago predominano le forme d'erosione rispetto a quelle di deposizione. Tra le prime, lungo tutto il perimetro costiero, prevalgono i morfotipi marini, che danno un'impronta peculiare al paesaggio litoraneo di queste isole.

Ne sono un suggestivo esempio le falesie, che con valori di altezza variabili da circa 10 m a più di 100 m bordano, alla stregua di inaccessibili bastioni, la gran parte delle isole dell'arcipelago. La loro apparente stabilità è, comunque, continuamente minata alla base dall'intensa dinamica marina, che inesorabilmente ne sta provocando il loro arretramento per successivi fenomeni gravitativi. La retrogressione delle falesie è testimoniata dalla presenza di numerosi scogli emersi e semisommersi, di isolotti, di faraglioni e di innumerevoli massi accumulati alla base delle pareti rocciose costiere. Questi accumuli gravitativi in genere sono provocati da frane di crollo, di ribaltamento e da

scorrimenti di blocchi e di cunei rocciosi lungo piani di discontinuità preesistenti.

Ad eccezione delle attuali spianate di abrasione marina, quelle di età più antica sono molto scarse e spesso d'incerta attribuzione genetica e cronologica per l'assenza di depositi marini o di altri elementi diagnostici certi. Appartengono a questa categoria i piccoli lembi rinvenuti a quote diverse nell'Isola d'Elba (area di Fetovaia, S. Andrea, Marciana Marina, e settore NE del Promontorio di Punta Calamita), nell'Isola del Giglio (15-20 m di quota sulla costa orientale; 25-30 m, 45-50 m e 90 m sulla costa occidentale), a Gorgona (45 e 80 m di quota s.l.m.), a Capraia (15, 25 e 50 m di quota s.l.m. in prossimità di Punta del Fanale e di Cala dello Zurletto), a Montecristo (a nord del Calone e a Cala del Santo) e a Giannutri (15, 25-30, 40-45 e 50-60 m di quota s.l.m.). Di indubbia origine marina sono, invece, le spianate di abrasione identificate nell'Isola di Pianosa nei seguenti tre intervalli di quota: 2-4 m, 7-9 m e 22-25 m s.l.m. Dei tre ordini individuati, il più basso è costellato da lembi di "panchina" tirreniana, con tipiche faune senegalesi.

Questi depositi, in cui spicca la presenza dello *Strombus bubonius*, rappresentano gli unici sedimenti marini di sicura età Tirreniana finora documentati nelle principali isole dell'Arcipelago Toscano. Lembi di "panchina" marina di incerta attribuzione cronologica sono stati, comunque, segnalati in letteratura anche all'Isola del Giglio. In ogni modo, la rarità dei sedimenti marini tirreniani si accompagna alla pressoché totale mancanza, nelle altre cinque isole, di sedimenti neogenici e quaternari marini.

Dove la continuità delle coste alte a falesia è interrotta, si aprono delle baie o dei veri e propri golfi, che ospitano delle spiagge sabbiose o ghiaiose, in genere di limitata larghezza (poche decine di metri), ma che in alcuni casi possono raggiungere lunghezze di un certo rilievo, come avviene nelle località balneari dell'Isola d'Elba di Marina di Campo (circa 1,5 km), di Procchio (circa 1 km), di Lacona (circa 1 km), della Spiaggia del Mergidore (circa 0,7 km) e di Magazzini-Schiopparello (circa 2 km). In queste località, le zone di retrospiaggia sono frequentemente interessate da cordoni dunari olocenici, attualmente stabilizzati dalla vegetazione e intensamente antropizzati.

Le aree di retrocordone erano spesso occupate da antiche lagune costiere che, come nel caso di Magazzini-Schiopparello si estendevano verso l'entroterra per circa 1 km. Molto probabilmente a Portoferraio, in corrispondenza di queste lagune, sono state realizzate delle antiche saline, oggi quasi del tutto scomparse.

Testimonianza di più antichi depositi dunari sono le quarzo-areniti bioclastiche affioranti in più punti dell'Elba (Cavo, Cala Mandriola, Cala Cancherelli, Viticcio, Scaglieri, Biodola, Capo Stella, tra la Punta di Zuccale e la Cala dell'Innamorata, a est di Capoliveri e nella Valle di Lazzaro), nell'Isola di Pianosa e molto probabilmente anche nell'Isola del Giglio. Si tratta di eolianiti formati nel corso di periodi di basso stazionamento del livello marino, avvenuti durante i due stadi freddi dell'ultimo glaciale (MIS 4 e 2).

Spostandoci verso l'entroterra, ai processi di tipo marino-costiero ed eolico, subentrano quelli fluvio-denudazionali, quelli di alterazione meteorica e, nel caso di Pianosa e Giannutri, anche quelli carsici. I processi gravitativi, invece, oltre ad operare lungo i versanti della fascia costiera, dove agiscono in stretta connessione con il modellamento marino, si manifestano con varie tipologie di forme d'erosione e d'accumulo anche sui versanti interni.

Se i processi marini hanno conferito una forte connotazione al paesaggio costiero delle isole dell'arcipelago, quelli fluvio-denudazionali, ad eccezione di Pianosa e Giannutri, ne hanno caratterizzato le zone interne, dando luogo ad una serie di morfotipi prevalentemente erosivi, come valli fluviali, vallecicole a "V" e a conca, solchi da ruscellamento concentrato, forre, superfici soggette a dilavamento diffuso, creste più o meno affilate. Sia i solchi da ruscellamento concentrato, sia le vallecicole a "V" hanno in genere un percorso breve (non più di 3-4 km) un'elevata pendenza e un andamento spesso rettilineo. Molte di queste vallecicole raggiungono direttamente il mare e in alcuni casi, in corrispondenza del loro sbocco sulla falesia, danno luogo a valli sospese.

Ad una rilevante presenza di morfotipi erosivi si contrappone una minore diffusione delle forme di accumulo di origine fluvio-denudazionale. Queste sono soprattutto rappresentate dalle pianure alluvionali e costiere debolmente inclinate che caratterizzano aree abbastanza limitate dell'Elba centro-orientale (Magazzini, Schiopparello, San Giovanni, Fosso della Valdana-Mola, San Martino, Lacona, Campo nell'Elba, Porto Azzurro). Più significativa risulta la presenza dei depositi di origine colluviale, che ammantano con spessori abbastanza elevati (in genere superiori al metro) il settore inferiore e medio dei versanti collinari. L'abbondanza di questi depositi è stata sicuramente favorita dalla intensa deforestazione e dai numerosi incendi che si sono susseguiti in queste isole e che hanno condotto all'instaurarsi di ripetute dinamiche di erosione accelerata del suolo e di dilavamento dei versanti.

Nel settore occidentale dell'Isola d'Elba (M.

Capanne), al Giglio e a Montecristo, la presenza di un substrato intrusivo di tipo granitico, peraltro intensamente fratturato, ha favorito i processi di alterazione meteorica, che hanno dato luogo a spettacolari forme d'erosione quali, cataste di blocchi (*tor*), sculture alveolari, tafoni, nonché a spesse coltri d'alterazione. Sculture alveolari e tafoni sono presenti anche a Gorgona e a Pianosa, mentre a Capraia sono state individuate aree a cataste di blocchi e sculture alveolari.

Il modellamento carsico, essendo legato all'esistenza di un substrato carbonatico, si manifesta solo nelle isole di Pianosa e Giannutri, mentre è scarsamente rappresentato nelle aree dell'Elba nord-orientale, dove affiorano litotipi calcarei meno carsogeni, come la formazione dei Calcari a Calpionella, costituita essenzialmente da calcilutiti silicee con rari interstrati argillitici.

La dinamica gravitativa è particolarmente evidente nei rilievi interni delle isole, caratterizzati da una significativa energia del rilievo. Essa è quindi assente nell'entroterra delle isole di Pianosa e Giannutri, data la loro conformazione pressoché pianeggiante.

I fenomeni gravitativi sono principalmente rappresentati da scarpate di degradazione, frane di crollo e scorrimento, rare risultano invece le frane di colamento. Non vanno inoltre trascurati gli accumuli detritici presenti alla base dei versanti, che in alcuni casi (Elba centrale e nord-orientale) sono organizzati in falde detritiche stratificate di considerevole spessore.

Tra le forme di origine gravitativa, sono stati inseriti anche i depositi di colata da trasporto in massa del tipo *debris flow*, i quali costituiscono in molti settori delle isole dell'Arcipelago Toscano (Isola d'Elba occidentale, Montecristo, Giglio e Capraia) le forme di accumulo più importanti dal punto di vista volumetrico. Fenomeni di questo tipo, manifestatisi anche in tempi recenti, come a Montecristo nel 1989 e nella valle di Pomonte (versante meridionale del M. Capanne) nel 1990, testimoniano l'elevato grado di rischio cui sono soggetti i centri abitati e le infrastrutture spesso concentrate proprio in concomitanza dello sbocco al mare delle valli.

Le isole dell'Arcipelago Toscano sono state sede di insediamenti antropici sin dai tempi preistorici. In tempi protostorici e storici lo sfruttamento minerario, come nel caso dell'Elba e del Giglio, congiuntamente con lo sfruttamento insediativo (agricoltura e pastorizia), ha portato a numerosi ed importanti cambiamenti dell'ambiente fisico e del paesaggio. A ciò si può sommare l'uso di alcune isole (Pianosa, Gorgona e Capraia), sin dalla fine dell'800, come colonie penali agricole o

come strutture carcerarie (Elba).

I terrazzamenti agricoli costituiscono, comunque, la principale espressione della morfogenesi antropica; a questi vanno aggiunte le forme e i depositi riguardanti l'attività estrattiva, le aree urbanizzate, le strutture penitenziarie, le opere connesse alla presenza delle colonie penali agricole (i muri divisorii e le barriere in cemento armato, i muretti frangivento in pietra per isolare campi e poderi, gli accumuli di massi frutto del dissodamento del terreno), gli interventi di sistemazione idraulica e le infrastrutture portuali.