

Note della
CARTA GEOMORFOLOGICA COSTIERA E MARINA
Isola di San Pietro (Sardegna sud-occidentale)

Scala 1:25.000

Note of the
COASTAL AND MARINE GEOMORPHOLOGICAL MAP
Island of San Pietro (SW Sardinia)

Scale 1:25.000

Felice Di Gregorio*, **Paolo Orru****, **Giuseppe Piras***, **Giuseppe Puliga****

Riassunto

Nel presente lavoro vengono descritti i caratteri geomorfologici e strutturali dell'area marina ed insulare dell'Isola di San Pietro (Sardegna SW).

Nonostante la limitata estensione, di poco più di 50 km² di superficie, l'Isola è caratterizzata da una elevata geodiversità, legata alla presenza di numerose formazioni e ben riconoscibili tipi di rocce vulcaniche, laviche (rioliti, ignimbriti, ignimbriti riolitiche, comenditi, diaspri, ecc.) e tufacee (tufi, piroclastiti cineriti, cineriti pomicee, ocre rosse e gialle), riferibili al ciclo calcoalcalino oligo-miocenico.

I processi geomorfologici legati alle acque, all'alterazione meteorica, al vento ed alla dinamica litorale hanno generato forme interne (tafoni, sculture alveolari, drappeggi, forme a fungo, valli sospese, ecc.) e soprattutto costiere (insenature a *rias*, scogliere, isolotti, colonne e pinnacoli, grotte costiere), talora dai connotati spettacolari quali duomi (Capo Sandalo, Cala Fico, ecc.), mineralizzazioni manganeseifere, strutture di flusso (lave commenditiche di Bricco di Nasca e Montagna di Ravenna), convolute (lave commenditiche di Cala Fico) e fessurazioni colonnari.

Dettagliate ricerche sul campo e analisi di laboratorio condotte utilizzando le fotografie aeree, le ortofotocarte e le immagini satellitari, hanno permesso di esaminare e classificare le morfologie riconducibili ai processi geomorfologici associati all'azione degli agenti esogeni e delle forze endogene.

L'interpretazione geologico-geomorfologica del settore marino è stata condotta principalmente attraverso lo studio dei dati *Side Scan Sonar* supportati dalle osservazioni dirette effettuate durante i rilievi in immersione. Per le aree pericostiere (tra 0 e -15 m) sono stati analizzati i fotogrammi e le immagini satellitari di recente acquisizione. Tale proce-

dura, associata alle osservazioni dirette raccolte in immersione, ha consentito di determinare la litologia degli affioramenti rocciosi sommersi, di ricostruire i limiti tra litotipi differenti, di rilevare le evidenze di lineamenti tettonici, di rilevare lo stato evolutivo delle forme del rilievo costiero e sottomarino, di rilevare le principali *facies* sedimentarie e di riconoscere evidenze di stazionamento del livello marino (paleolinee di riva). I rilievi e le verifiche in immersione sono stati finalizzati alla validazione delle ipotesi interpretative dei dati geofisici *Side Scan Sonar*. Le attività di interpretazione sono state condotte in ambiente CAD e GIS mentre la restituzione finale è stata ottenuta tramite software di grafica vettoriale.

Abstract

The Island of San Pietro, situated on the SW coast of Sardinia, covers an area of roughly 51 square kilometres. Geologically, the island is composed almost entirely of volcanic rock, with minor outcrops of Tyrrhenian fossil-bearing sandy conglomerates, of eolian sandstones, ancient and recent alluvial deposits, dunal sands and sediments deposited in palustrine and marshy environments.

In spite of its small size, the island boasts a wealth of geodiversity, with the occurrence of a variety of effusive magmatic rocks formed during the Oligo-Miocene volcanic cycle that affected the whole of Sardinia. During this cycle numerous units were emplaced as well as various, easily distinguishable types of volcanic rocks, namely lava (rhyolite, rhyolitic ignimbrite, comendite, retinite, diaspore, etc.) and tuff (tuff, pyroclastite, cinerite, pumiceous cinerite, red and yellow ochre), sometimes with spectacular domes (for instance at Capo Sandalo and Cala Fico) manganese bearing mineralizations, emission centres, lava flow surface structures (comendite lava at Bricco di Nasca and Montagna di Ravenna), convolute flow structures (comendite lava at Cala Fico) and spectacular columnar fracturing.

Detailed field surveys and laboratory investigations conducted using aerial photographs, orthophotographs and satellite images allowed to examine and classify those landforms attributable to geomorphological processes associated with water, weathering, wind and coastal dynamics.

The marine environment was geologically-geomorphologically interpreted chiefly by examining the Side Scan Sonar data, supplemented with direct observations during underwater surveys. For the pericoastal areas (between 0 and -15 m), photograms and recently acquired satellite imagery were analysed. Side scan sonograms together with direct underwater observations were used to determine lithology of submerged rock outcrops, to reconstruct boundaries between different rock types, to detect evidence of tectonic lines, to determine the evolution of coastal and underwater relief forms, to identify the main sedimentary facies and evidence of sea level stand (palaeo shore line). Interpretive hypothesis of the side scan sonar data were validated by means of underwater surveys.

Data from land and sea surveys were interpreted in CAD and GIS environments, while final rendering was obtained using vector graphics software.

Inquadramento geologico dell'area

L'Isola di San Pietro è ubicata nella costa sud-occidentale della Sardegna (Fig. 1) ed è costituita quasi esclusivamente da rocce vulcaniche riferibili al ciclo calcoalcalino che si manifestò tra l'Oligocene medio ed il Miocene medio (Beccaluva et alii., 1985), ciclo geneticamente riconducibile ai movimenti geodinamici del Mediterraneo occidentale che portarono al distacco del blocco Sardo-Corso dal margine balearico-provenzale e alla rotazione antioraria fino alla posizione attuale (Alvarez, 1972).

Le rocce affioranti nell'Isola, correlabili con le principali Unità vulcaniche presenti nel Sulcis (Cioni et alii, 2001), sono caratterizzate dai litotipi del vulcanismo calcoalcalino antico (< 18-17 Ma) a cui, in particolare, vanno riferite le estese alternanze di colate laviche e depositi ignimbrico-riolitici e quarzolitici di colore rossastro-violaceo, in potenti bancate da debolmente inclinate a sub-verticali, talora a fessurazione colonnare. Queste vulcaniti affiorano prevalentemente nel settore centro-occidentale dell'Isola (Garbarino et alii, 1985; 1990).

Dalle fratture formatesi nelle strutture vulcaniche calcoalcaline antiche, durante il ciclo sopra indicato, è avvenuta la risalita dei fusi peralcalini che hanno dato origine alle colate inquadrabili nell'ambito del vulcanismo commenditico (< 17-16 Ma) le quali affiorano ampiamente nei settori centro e nord-occidentale dell'Isola.

Al vulcanismo calcoalcalino recente (< 16 Ma), impostatosi sulle colate calcoalcaline e commenditiche più antiche, sono da correlare ignimbriti riolitiche e quarzo-trachitiche a giacitura tabulare, localmente a fessurazione colonnare. Queste vulcaniti sono piuttosto diffuse nell'Isola, seppur in maniera discontinua, in particolare nel quadrante orientale e nelle coste settentrionale e meridionale dell'Isola.

Sopra le vulcaniti, si rinvergono depositi sedimentari del Quaternario piuttosto localizzati e limitati in estensione costituiti da alluvioni antiche terrazzate (Pleistocene), da affioramenti di Panchina tirreniana a *Strombus* e *Conus* (Pleistocene sup.), da depositi di arenarie eoliche, talora più o meno cementate (Pseudopanchina) (Pleistocene sup.), depositi travertinosi e sabbie eoliche sciolte o debolmente cementate dell'Olocene.

Le coperture alluvionali e recenti, che sfumano a depositi colluviali verso i rilievi, affioranti nel settore centro-meridionale dell'Isola, presentano forme pianeggianti o debolmente acclivi. Sempre all'Olocene sono riconducibili i depositi limoso-argillosi palustri e stagnali (Olocene) che fanno da transizione tra le piane alluvionali e la costa nel settore costiero centro-orientale dell'Isola, ove sono localizzate alcune aree umide di rilevante interesse naturalistico. Sempre lungo la costa sud-orientale sono presenti, in maniera discontinua, i depositi di spiaggia ciottolosi-sabbiosi e sabbiosi, per lo più all'interno di insenature riparate (*pocket-beach*).



Fig. 1 - Inquadramento dell'area di studio.

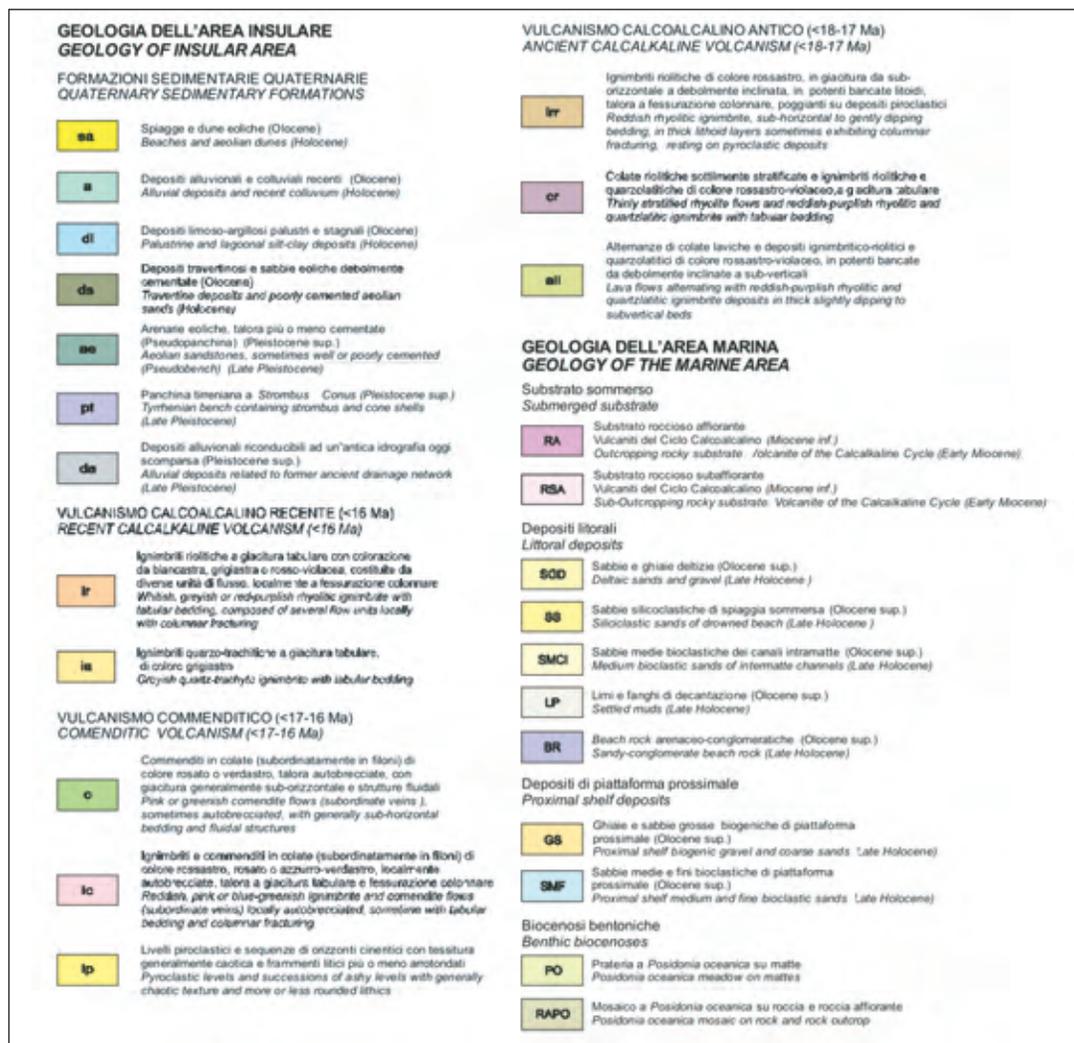


Fig. 2 - Legenda geologica dell'area insulare e marina dell'Isola di San Pietro, con riferimento ai litotipi presenti nella Carta geopetrografica dell'Isola di S. Pietro (Sardegna), Scala 1:25.000 (Garbarino et alii., 1985).

Inquadramento geomorfologico dell'area insulare

L'Isola di San Pietro presenta un campionario litologico e morfologico piuttosto variegato, in particolare, nell'ambito delle coperture vulcaniche.

Tra gli agenti morfogenetici principali sono da annoverare certamente i processi litorali che hanno prodotto alternanze di promontori e insenature, faraglioni, falesie, rias, spiagge, dune, grotte costiere, ecc. Altro agente morfogenetico di una particolare importanza è poi il vento che insieme all'alterazione meteorica ha contribuito al minuto cesellamento delle vulcaniti con la formazione di tafoni (nell'Isola noti come bocchette) e sculture alveolari.

Caratterizzata da una forma d'insieme a scudo, l'Isola presenta rilievi con quote più elevate nella parte centro-settentrionale (Guardia dei Mori, 211 m s.l.m.; Monte Tortoriso 208 m s.l.m.). Le valli, nel settore settentrionale, formano incisioni per lo più poco profonde, pronunciate, generalmente sommerse in corrispondenza dello sbocco a mare tipo le *rias* (Canale di Memerosso, Canale di Cala Lunga, Canale di Cala Vinagra), o sospese in corrispondenza delle falesie costiere (Canale di Bacusci, Canale Guidi). Lungo la costa occidentale e meridionale, in corrispondenza dello sbocco a mare, alcune incisioni (Canale del Becco, Canale Piteccheddu) interrompono la continuità delle alte falesie rocciose dando origine a spiagge ad alta energia (Cala Fico), piuttosto limitate in estensione, o anche sabbiose e più estese come a La Caletta, nel Golfo dello Spalmatore, dove sfocia il Canale Bolaudo, che per ampiezza risulta l'arenile più esteso. Nel settore orientale, invece, i corsi d'acqua, provenienti dalle colline vulcaniche più interne (Canale Valacca, Canale del Geniale, Canale di Carlino), scompaiono in maniera effimera nella pianura alluvionale o nelle aree umide costiere-

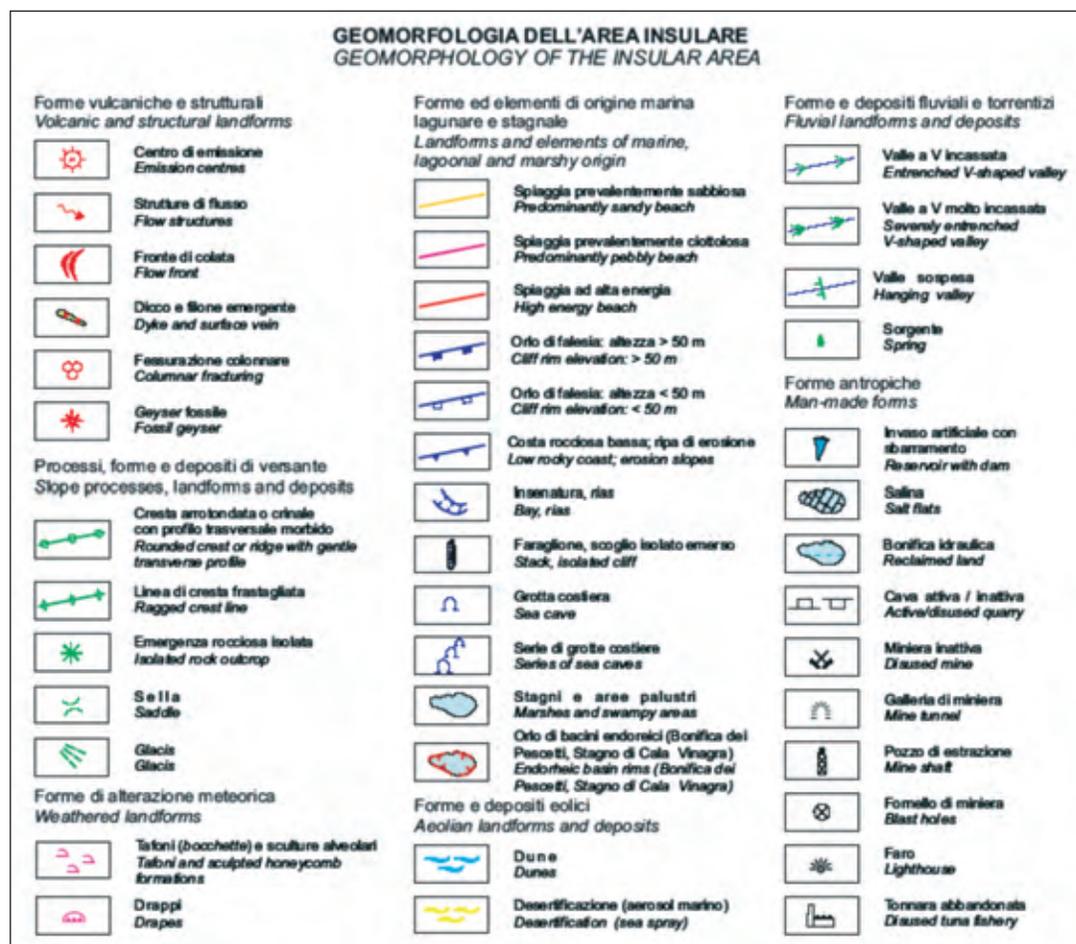


Fig. 3 - Legenda geomorfologica dell'area insulare.

re; qui la costa, soprattutto nella parte centrale, presenta cordoni litoranei sabbiosi con estensione e continuità maggiore, interrotti da brevi e bassi promontori rocciosi protesi verso il mare.

Strutturalmente l'Isola di San Pietro è il risultato dalla sovrapposizione di diverse colate di lava alternate con tufi, successivamente demolito e dislocato da linee di faglia secondo piani diretti prevalentemente N-S, come testimonia la giacitura dei dicchi presenti ad ovest di Monte Sepoltura ed a sud di Bricco della Guardia (Garbarino et al., 1990), nel settore centro-occidentale dell'Isola, che hanno dato origine ad una dislocazione a terrazzi delle coperture ignimbriche.

La nota dominante del paesaggio è data appunto da detti terrazzi strutturali, cioè dislocati per effetto delle faglie e successivamente rimodellati dall'erosione selettiva (dovuta alla differente resistenza della lava e del tufo). Questa condizione morfologica è bene evidente nella parte orientale dell'Isola, dove si nota una successione di ripiani con abbassamento verso est, da 150 m (regione Gioia-Bocchette) a 100 m (Regione Stagnetti-Sabino), fino al livello del mare (Carloforte). Questa configurazione è riconducibile al sistema di faglie che ha provocato l'apertura del canale di San Pietro e del relativo *graben*.



Veduta aerea delle insenature di Cala Vinagra (a sinistra) e Cala Fico (a destra) racchiuse tra alte pareti di ignimbriti e commenditi in colate



Veduta aerea degli evidenti flussi delle colate commenditiche di Montagna di Ravenna

Il diverso grado di erodibilità delle rocce ha dato luogo a paesaggi completamente diversi che vanno da una morfologia a creste o a duomi (paesaggio commenditico) a una morfologia tabulare (lave liparitiche), in genere separati e messi in evidenza dalle incisioni interposte. Alcune collinette arrotondate, costituite da piccoli rilievi a forma conica (rilievi trachitici e liparitici) interrompono la morfologia precedentemente descritta che interessa una vasta parte di territorio dell'Isola.

Le colate laviche commenditiche, affioranti soprattutto nel settore centro-settentrionale, presentano spettacolari strutture di flusso e caratteristiche convoluzioni legate alla forte viscosità della lava durante lo scorrimento sulle rocce più antiche e il notevole attrito offerto dalle morfologie precedentemente formatesi. Le stesse lave conferiscono al territorio una morfologia ad aspre colline, talora interrotte da pianari tabulari o da rari filoni che, nell'insieme, rendono alquanto articolato il paesaggio.

Presso Montagna di Ravenna, in particolare, le colate commenditiche presentano un'evidente direzione di scorrimento della massa lavica verso ovest, mentre dal vicino Becco Nasca si evince una direzione di flusso in direzione N-W e da Bricco Bocchette verso N-E. I relativi centri di emissione sono localizzabili presso la sommità degli stessi rilievi.

Queste vulcaniti sono spesso caratterizzate dalla presenza di cavità, localmente denominate "bocchette", simili ai tafoni dei paesaggi granitici, con il caratteristico sabbione residuale prodotto dalla degradazione meteorica della roccia alla base dei vuoti, in particolare presso la località Bricco Bocchette.

Dalle colline interne le colate si dirigono verso la costa dove, nel tratto compreso tra La Punta a Capo Sandalo, formano promontori protesi verso il mare, alte falesie e coste rocciose basse alternate a insenature riparate. Ne risulta un paesaggio costiero piuttosto articolato caratterizzato da un minuzioso frastagliamento prodotto dall'intensa azione demolitrice del mare, la quale continua tuttora producendo un lento ma progressivo arretramento della scogliera. Le alte falesie risultano costituite da alternanze di commenditi in colate e di ignimbriti commenditiche in giacitura tabulare che le racchiudono (Cala Vinagra, Cala Fico) e ignimbriti quarzo-trachitiche con ignimbriti riolitiche a giacitura tabulare sulla sommità (Cala Lunga, Cala di Memerosso). Presso la località "Tache Bianche", il toponimo mette in risalto la particolarità dei caratteri cromatici ed estetici dei litotipi affioranti nella falesia che supera i 50 metri di altezza e scende a picco sul mare. In queste alte pareti è possibile osservare, direttamente dal mare, il netto contrasto, messa in evidenza per effetto di una faglia, tra la formazione ignimbritico-riolitica di colore biancastro, sottilmente stratificata, e la sovrastante copertura di ignimbriti riolitiche, di colore marrone o rossastro, a giacitura tabulare. L'eloquente denominazione "i globoidi" affidata alle rocce di base, determinata dalla differente resistenza all'erosione dei due litotipi, unitamente all'effetto di segmentazione dovuto ai depositi di frana, è legata alle caratteristiche forme assunte dalla roccia che appaiono sferiche verso l'alto.

A causa del continuo arretramento della falesia ad opera dell'azione demolitrice del moto ondoso, ai piedi delle pareti è sovente riscontrare la presenza di grossi blocchi derivanti dai crolli dei fronti rocciosi o di piattaforme d'abrasione sommerse visibili nelle parti più prossimali del mare. Per lo stesso motivo è possibile osservare nel fronte della falesia la presenza di una marcata fessurazione colonnare sub-verticale e a ventaglio (tra Cala Fico e Cala Vinagra), con piani di separazione posti a distanza variabile compresa tra 1,5 e 3 m, ai quali si associano anche piani suborizzontali, non ben evidenti.

Anche presso Capo Sandalo, con le sue alte pareti di oltre 50 m a strapiombo sul mare, le rocce commenditiche mostrano un'evidente fessurazione colonnare verticale o a ventaglio, messa in risalto, in maniera esemplare, in corrispondenza di un residuo di camino vulcanico sventrato dall'azione del mare.

Procedendo verso sud, gran parte della successione vulcanica antica presente in esposizione a Capo Rosso è troncato a formare un'imponente falesia policroma che cade a picco sul mare da un'altezza che, in alcuni punti, supera gli 80 m di altezza.

Sul fronte della falesia, in particolare, sono ben evidenti, per caratteri cromatici e differente erodibilità, le testate delle vulcaniti calcoalcaline antiche costituite da alternanze di lave riolitiche, piroclastiti ed ignimbriti.

Nel Golfo della Mezzaluna, dal caratteristico profilo morfologico falcato, le ignimbriti riolitiche, troncate in maniera nette dall'azione del mare, danno origine ad una falesia la cui altezza raggiunge circa 40 m. Queste rocce vulcaniche, a giacitura pressoché tabulare, che affiorano in continuità nella fascia costiera sud-occidentale dell'isola, sono interessate da un sistema di fessurazione sia verticale che orizzontale. Il fitto reticolo di vuoti e di piani di discontinuità, fra loro praticamente ortogonali, favorisce lo scalzamento della roccia al piede della falesia da parte dell'azione dei battenti d'onda, con conseguente distacco progressivo di blocchi alla base e dalle cornici superiori e progressivo arretramento della parete rocciosa; ciò ha permesso, tra l'altro, in corrispondenza di queste falesie, l'apertura e lo sviluppo di numerose grotte a livello del mare e la formazione di poderose colonne poligonali addossate tra le ripide pareti.

Lungo la fascia costiera sud-occidentale fino a quella meridionale dell'Isola di San Pietro l'altezza delle falesie, rispetto al livello del mare, seppur sempre imponenti, vanno a diminuire, mettendo sempre in evidenza l'imponenza delle ignimbriti rioliche a giacitura tabulare; nella propaggine meridionale dell'Isola, in località Punta delle Colonne, le falesie si elevano dalla superficie del mare fin oltre i 20 m di altezza.

Il complesso sistema di fratture, che nell'insieme compongono una maglia di discontinuità ortogonali nelle bancate laviche, più fitta in senso orizzontale che verticale, guida, tramite i piani di minore resistenza, le modalità di disfacimento e arretramento del fronte roccioso verticale sotto l'azione energetica delle onde, che scalza alla base la roccia. Si originano così blocchi rocciosi a forma pseudo-parallelepipedica, generalmente di dimensioni notevoli, che staccandosi dall'alta falesia compongono grandiosi accumuli di frana, sia ai piedi delle falesie che nella piattaforma sommersa. Talvolta, come accade proprio in località Punta delle Colonne, i blocchi rocciosi più imponenti resistono all'azione demolitrice degli agenti marini, elevandosi solitari dal mare a breve distanza dalla costa, risaltando notevolmente per le alte pareti grigiastre contrastanti con l'intenso blu del mare. Due imponenti e spettacolari colonne, testimoni della falesia antica, dell'altezza di circa 15 m, giustificano il toponimo assegnato a questi due imponenti faraglioni, uno dei quali, nel corso di una recente mareggiata, ha perso parte della sua sommità.

In corrispondenza di una piccola cala in località Cave di Pietra - le Colonne, le stesse ignimbriti riolitiche mostrano chiari i segni di antichi processi di silicizzazione, qui documentati dalla presenza di un geyser fossile, formatosi a seguito dell'emissione di acqua surriscaldata e vapore da sorgenti sotterranee, in sede di processi vulcanici tardivi. Rimane ancora in evidenza lungo la costa, grazie

alla resistenza offerta dalla silicizzazione, la struttura in lieve rilievo, di colore biancastro, dei geysers, in particolare la bocca principale e il tubo centrale, da cui si dipartono ramificazioni ora riempite da vene silicee, attorniate da anelli zonati.

La costa orientale, a differenza dei tratti finora descritti, è invece generalmente bassa ed è contraddistinta, nel settore centrale, da spiagge sabbiose e ciottolose, mentre il settore meridionale, da Punta Nera a Punta di Girin, e quello più settentrionale, dalla Punta a Punta du Din, è caratterizzato da ripe di erosione costiera e coste rocciose basse, in litotipi vulcanici essenzialmente ignimbritico riolitici e, localmente, arenacei di origine eolica (nord di Punta Grossa).

Verso l'entroterra la pianura, impostata nei depositi alluvionali e colluviali dell'Olocene, è collegata ai rilievi collinari di natura vulcanica tramite forme d'accumulo tipo *glacis*, caratterizzati da modesta pendenza, che costituiscono aree di accumulo di materiali colluviali e/o alluvionali prodotti dallo smantellamento delle rocce dei rilievi.

La caratteristica peculiare dell'area pianeggiante nell'immediato entroterra costiero orientale è dato dalla presenza di zone umide stagnali e palustri, impostate su substrati limo-argillosi, di rilevante interesse naturalistico e ambientale; la più grande e più importante risulta senz'altro lo Stagno di Carloforte, assieme ai piccoli bacini umidi a corredo nella sua appendice meridionale, mentre più ridotti risultano gli stagni di Vivagna, più a sud, e quello di Cala Vinagra, presso l'omonima baia. Lo Stagno di Carloforte ha avuto anche una rilevante importanza produttiva nel passato in qualità di salina. Un bacino di chiara origine endoreica è quello di Pescetti, una depressione dalla forma pressoché circolare, nell'entroterra meridionale dell'Isola, interessata in un recente passato da una bonifica di carattere idraulico.

Le forme antropiche includono siti minerari abbandonati mostranti chiare tracce di mineralizzazione a manganese (Miniera di Cala Fico, Miniera del Becco), ma anche scavi a cielo aperto e discariche di inerti, alcune con multicolori diaspri utilizzati in passato per scopi ornamentali.

Inquadramento geomorfologico dell'area marina

La piattaforma continentale del Sulcis può essere inquadrata come piattaforma di costruzione sedimentaria caratterizzata da irregolarità del fondale relative all'affioramento di porzioni di basamento pre-quadernario che, nel caso particolare dell'area di studio, risulta costituito dai litotipi vulcanici miocenici. L'attuale assetto è da ricondurre alla messa in posto del prisma sedimentario plio-quadernario ed al controllo strutturale che inoltre regola la sedimentazione olocenica. In accordo con le caratteristiche generali della piattaforma occidentale sarda (Carboni et alii, 1989), la piattaforma continentale del Sulcis si presenta suddivisa nettamente in interna ed esterna (Ulzega et alii, 1980). Nell'area costiero-marina sono state osservate diverse morfologie, sia erosive sia deposizionali, alcune attualmente attive ed altre inattive o quiescenti. Nel settore costiero, alla base delle pseudofalesie vulcaniche, sono stati osservati depositi di crollo legati all'instabilità delle coste alte e caratterizzati da grossi blocchi subangolari che tendono ad assumere una disposizione a ventaglio con selezione dimensionale inversa dei blocchi. Questi processi risultano agevolati dalla naturale fratturazione della roccia che risulta inoltre alterata dai processi subaerei. La presenza di questi depositi impedisce l'ulteriore sviluppo dei processi di crollo, collegati principalmente all'azione erosiva del moto ondoso e della corrente di deriva litorale, preservando il piede della falesia stessa e rallentando l'arretramento.

Lo scalzamento alla base appare comunque il meccanismo principale per l'evoluzione del processo. Risultano diffusi lungo quasi tutta la fascia costiera dell'isola ad esclusione della parte orientale che si presenta bassa per tutta la sua estensione; i depositi più importanti sono stati osservati alla base della falesia di Pta Grossa, di Pta dei Cannoni, di Capo Sandalo e di Cala Vinagra.

Sempre nella fascia costiera sono stati osservati diversi ripiani a giacitura sub-orizzontale interpretabili come piattaforme d'abrasione marina e che orlano con discontinuità il perimetro dell'isola. L'estensione delle piattaforme è estremamente variabile, la più sviluppata è localizzata nella porzione centro-settentrionale della costa orientale ed è caratterizzata da un'ampiezza media di circa 500 m. Queste morfologie si sviluppano da qualche metro sotto l'attuale livello medio marino e raggiungono, con debole inclinazione, profondità massime di circa 10 m. Considerando la loro posizione batimetrica è indubbia l'attuale attività erosiva. L'evoluzione policiclica di questi elementi è legata a momenti eustatici recenti prossimi come quota al livello marino attuale.



Sedimenti bioclastici dei canali e delle depressioni intramatte (Pta delle Colonne)



Morfologie erosive su litotipi vulcanici: piattaforme d'abrasione marina attive (Geniò)



Forme residuali sommerse: rilievi di roccia vulcanica isolati (Geniò)

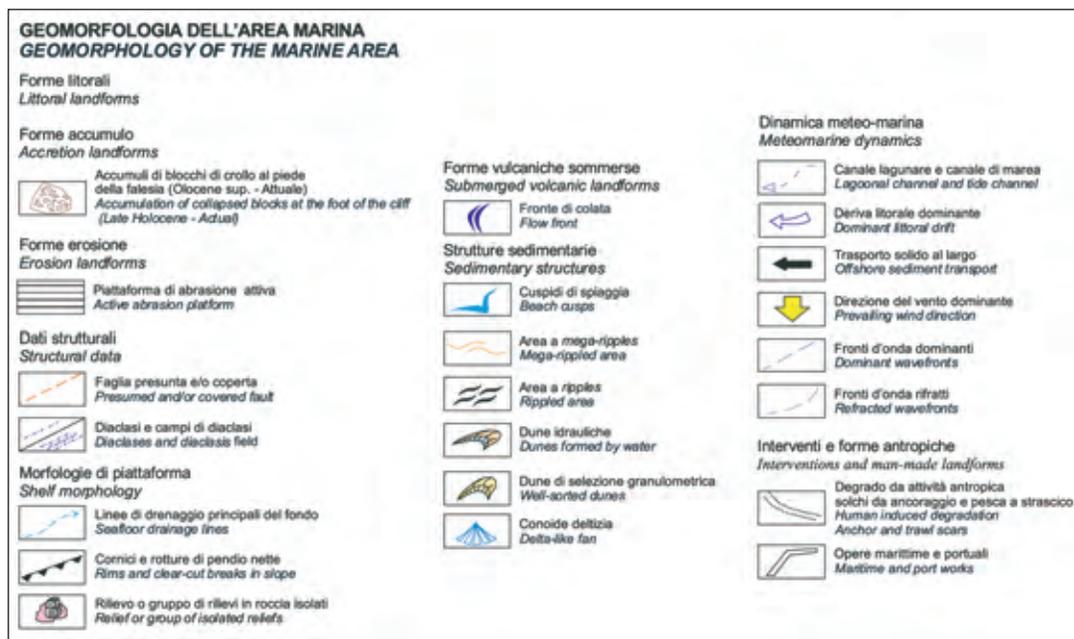


Fig. 4 - *Legenda geomorfologica dell'area marina*

Spostandoci verso la piattaforma interna è possibile riconoscere diverse morfologie impostate sia sui litotipi affioranti sia sui sedimenti mobili. La roccia vulcanica mostra evidenze erosive lineari legate presumibilmente ad una paleoidrografia relitta attiva durante le fasi di emersione. L'attuale assetto delle linee di drenaggio del fondo ripercorre le paleo vallecole la cui genesi ed evoluzione è stata favorita dalla presenza di discontinuità nella roccia affiorante rappresentate sia da diaclasi più o meno beanti sia da lineazioni tettoniche che presentano in mare lo stesso stile osservabili nell'area emersa. L'evoluzione dei processi erosivi in ambiente subaereo, legati fortemente all'ultimo periodo di emersione relativo al MIS 2, ha portato alla formazione di rilievi isolati, talora emergenti (località Le colonne), diffusi in particolare nel settore meridionale dell'isola; questi elementi caratterizzano inoltre, a profondità maggiori, i fondali prospicienti Capo Sandalo. La presenza del rilievo isolato o dei gruppi di rilievi è in relazione alle differenti caratteristiche della roccia vulcanica che presenta spesso forti disomogeneità nelle tessiture e nella saldatura dei materiali (Cioni et alii, 2001). Altre morfologie legate ai litotipi vulcanici sono i fronti di colata localizzati e mappati nell'area di Punta Senoglio e che risultano collegati ai fronti particolarmente evidenti osservati nella stessa area nel settore emerso. Tali elementi sono presumibilmente diffusi nei fondali settentrionali dell'isola ma risultano probabilmente mascherati dalla presenza dei sedimenti mobili che li ricoprono mascherando il substrato litoide. Alle morfologie erosive associate al basamento vulcanico si affiancano quelle deposizionali dei fondi mobili. L'area costiera è caratterizzata, in ambito di spiaggia sommersa, da cuspidi di modesta dimensione; la genesi è naturalmente imputabile alla presenza locale di sedimenti grossolani che, sotto l'azione di correnti di deriva litorale, si concentrano localmente originando tali forme. L'intera

ambito di piattaforma ricoperto dai sedimenti mobili è caratterizzato da strutture sedimentarie di vario tipo. La differenziazione che ha portato alla mappatura delle differenti facies è stata condotta principalmente in funzione delle differenti risposte cromatiche osservate nei sonogrammi Side Scan Sonar acquisiti, le osservazioni dirette hanno permesso, in molti casi, di ottenere le chiavi interpretative utili ad una più precisa restituzione oggettiva delle basi geofisiche.

I geositi e i geomorfositi dell'area insulare e marina

Nei contesti insulare e marino dell'Isola di San Pietro è possibile riconoscere elementi del paesaggio fisico di elevato valore scientifico e culturale che permettano di riconoscere, studiare ed interpretare la genesi e l'evoluzione della storia geologica locale ed i processi geomorfologici che l'ha interessata (Barca & Di Gregorio, 1999; Di Gregorio et alii, 2007). Tali elementi sono stati più propriamente distinti in geositi, quando rivestono una notevole importanza nella lettura e interpretazione dei caratteri geologici di una zona (es. formazioni geologiche significative, esemplari strutture vulcaniche), e geomorfositi, quando costituiscono un peculiare modello genetico ed evolutivo geomorfologico (es. morfosculture in roccia, falesie costiere e sottomarine, *beach rock*).

Esempi particolarmente significativi di geositi, per la peculiare conformazione geologico-strutturale, possono essere individuati nelle strutture di flusso convolute di Cala Fico, Montagna di Ravenna e Montagna della Borrone, e, soprattutto per la singolare valenza scenica, dettata dai cromatismi assunti, nella sequenza di vulcaniti policromatiche della falesia di Capo Rosso e della "Pietra turchina" di Punta Castello

Alcune forme del paesaggio riconosciute nell'Isola di San Pietro, soprattutto per quanto riguarda la tipologia genetica vulcanica, hanno una rilevante importanza in campo geomorfologico, quali testimonianza paleogeomorfologica e per esemplarità didattica, oltre che per valenza scenica. Tra questi geomorfositi possono essere inseriti il geysir fossile, la sequenza litologica policroma dei "globoidi" di Tacche Bianche e il centro di emissione puntiforme di Montagna di Ravenna.

In relazione alla variabilità degli aspetti geomorfologici riscontrati nell'articolato perimetro dell'Isola, sono da mettere in evidenza alcuni tra i più significativi tratti di costa modellati dall'intensa azione degli agenti marini sulle varieguate sequenze litologiche di natura vulcanica, in particolare in corrispondenza delle falesia della Borrone, di Capo Sandalo e della Mezzaluna, talora con forme singolari la cui evoluzione morfologica è stata fortemente condizionata dall'assetto strutturale della stessa roccia ("Le Colonne", grotta costiera di Punta delle Oche, grotte costiere della Mezzaluna). Anche gli agenti meteorici hanno agito intensamente sulla compagine rocciosa generando forme dai caratteri unici ed esemplari nell'Isola, da cui le eloquenti denominazioni di "Funghi di roccia" e "Il Pulpito", o le sculture alveolari tra Cala Fico e Capo Sandalo.

Anche nel reticolo del deflusso superficiale, seppur costituito da valli poco incise e di lunghezza ridotta, è possibile individuare alcuni elementi esemplificativi delle caratteristiche idrologiche dell'Isola e dell'influenza dell'impostazione tettonica sulla loro evoluzione geomorfologica (Canale di Memerosso, Stagni e paludi salmastre di Vivagna e del Giunco).

Nell'Isola di San Pietro sono state, inoltre, individuate, nelle miniere abbandonate di manganese del Becco e di Cala Fico, quelle testimonianze di origine antropica presenti sul territorio che evidenziano il proficuo rapporto dell'uomo con le risorse giacimentologiche ivi presenti nonché le

modalità attraverso il quale il loro sfruttamento ha modificato la configurazione morfologica originaria dei luoghi. L'estrazione delle sostanze utili ha, talora, messo in evidenza, grazie alle lavorazioni svolte, particolari strutture geologiche o contatti litologici di notevole interesse scientifico-divulgativo.

In ambiente marino, ugualmente, possono essere distinti elementi del paesaggio sommerso di peculiare interesse geologico e geomorfologico che mettono in evidenza le forme del rilievo vulcanico presenti in continuità con il territorio emerso (falesie sommerse a sud e ovest di Capo Rosso; paesaggio vulcanico dei fondali dell'Isola del Corno; strutture di flusso delle lave di Cala Vinagra; rilievi colonnari e canali di Geniò), le forme e i processi avvenuti nella zona intertidale (*beach rock* di Cala Vinagra e di Punta delle Oche), i processi di modellamento del fondale (corpo di frana sommerso del Golfo della Mezzaluna e di Pta Fradellin, canale a controllo tettonico di Cala dello Spalmatore).



Una spiaggia ad alta energia alla base delle falesie ignimbrico riolitiche di Punta delle Colonne



L'insenatura di Cala Vinagra, nel settore NW dell'isola



L'insenatura di Cala Fico è una tipica ria che termina, verso l'interno, con una caratteristica spiaggia di fondo baia ad alta energia



I due imponenti e spettacolari faraglioni denominati "le colonne", alti circa 15 m, testimoni della falesia antica

Riferimenti bibliografici

- ALVAREZ W. (1972), *Rotation of Corsica-Sardinia microplate*, Nature, 235, 103-105.
- BARCA S. & DI GREGORIO F. (1999), *Paesaggio e monumenti geologici della provincia di Cagliari*. Editrice SAR-EDIT, Cagliari.
- BECCALUVA L., CIVETTA L., MACCIOTTA G., RICCI C.A. (1985), *Geochronology in Sardinia: results and problems*, Rend. Soc. It. Min. e Petrol., 40, 57-72.
- CASULA G., CHERCHI A., MONTADERT L., MURRU M., SARRIA E. (2001), *The Cenozoic graben system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data*, Marine and petroleum Geology, 18, 863-888.
- CARBONI S., LECCA L., FERRARA C. (1989), *La discordanza Versiliana sulla piattaforma continentale occidentale della Sardegna*, Boll. Soc. Geol. It., 108, 503-519.
- CHERCHI A. & MONTADERT L. (1982), *Oligo-Miocene rift of Sardinia and the early history of the Western Mediterranean Basin*, Nature, 298, 736-739.
- CIONI R., SALARO L., PIOLI L. (2001), *The Cenozoic volcanism of San Pietro Island (Sardinia, Italy)*, Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università di Cagliari, 71 (2), 149-163.
- DE FALCO G., MOLINAROLI E., BAROLI M., BELLACICCO S. (2003), *Grain size and compositional trends of sediments from Posidonia oceanica meadows to beach shore, Sardinia, western Mediterranean*, Estuarine Coastal and Shelf Science, 58, 299-309.
- DE MURO S. & ORRÙ P. (1998), *Il contributo delle Beach Rock nello studio della risalita del mare olocenico. Le beach rock post glaciali della Sardegna Nord-orientale*, Il Quaternario 11 (1), 19-39.
- DI GREGORIO F., PANIZZA V., PIRAS G., RICCIU D. (2007), *Cartadei geositi e dei geomorfositi dell'isola di San Pietro (Sardegna SW)*, 3° Congr. Naz. Geol. e Turismo. Bologna 1-2-3 marzo 2007, Ed. S.El.Ca. Firenze.
- DI GREGORIO F., ORRU P., PIRAS G., PULIGA G. (2008), *Carta geomorfologica costiera e marina - Isola di San Pietro (Sardegna sud-occidentale)*, Scala 1:25.000, S.El.Ca. Firenze.
- FACCENNA C., SPERANZA F., D'AJELLO CARACCIOLLO F., MATTEI M., OGGIANO G. (2002), *Extensional tectonics on Sardinia (Italy): insights into the arc-back-arc transitional regime*, Tectonophysics, 356, 213-232.
- FAIS S., KINGELÈ E., LECCA L. (2002), *Structural features of the south-western Sardinian shelf (Western Mediterranean) deduced from aeromagnetic and high-resolution reflection seismic data*.
- GARBARINO C. (1973), *Guida per l'escursione all'Isola di S. Pietro (Sardegna sud-occidentale). Itinerari Geol. Min. Giacim. in Sardegna, vol. I*, E.M.Sa., Cagliari.
- GARBARINO C., MACCIONI L., SALVATORI I. (1985), *Carta geopetrografica dell'Isola di S. Pietro (Sardegna)*. Scala 1:25.000, S.EL.CA. Firenze.
- GARBARINO C., LILER L., SALVADORI I., MACCIONI L. (1990), *L'Isola di San Pietro*. Edizioni La Torre.
- GIANI L. & COSSU A. (2003), *Stress antropico e condizioni ecologiche delle praterie di Posidonia ocea-*

- nica Delile nel parco nazionale di La Maddalena (NE Sardegna)*, *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (2), 711-713.
- GACIA E. & DUARTE C.M. (2001), *Sediment Retention by a Mediterranean Posidonia oceanica Meadow: The Balance between Deposition and Resuspension*, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 52, 505-514.
- Hsu K.J., MONTADERT L., BERNOULLI D., CITA M.B., ERICKSON A., GARRISON R.E., KIDD R.B., MELIERS F., MULLERE C., WRIGHT R. (1977), *History of the Messinian salinity crisis*, *Nature*, 267, 399-403.
- LASAGNA R., MONTEFALCONE M., ALBERTELLI G., BIANCHI C.N., CORRADI N., MORRI C. (2005), *Distribuzione dei sedimenti in una prateria di Posidonia oceanica*, XV Congresso Soc. It. di Ecologia, Torino.
- LECCA L., PANIZZA V., PISANO S. (1998), *The sedimentary framework of Cagliari basin: a Plio-Quaternary rift basin in the southern Sardinia margin*, *Il Quaternario*, 11(2), 301 - 318.
- LECCA L. (2000), *La piattaforma continentale miocenico-quadernaria del margine occidentale sardo: blocco diagramma sezionato*, *Rendiconti Seminario Facoltà Scienze Università di Cagliari*, 70, Fasc. 1.
- MACCIONI L., MARCHI M., ASSORGIA A. (1990), *Carta geopetrografica dell'Isola di S. Antioco - Scala 1:25.000*, S.EL.CA., Firenze.
- MILAZZO M., BADALAMENTI F., CECCHERELLI G., CHEMELLO R. (2004), *Boat anchoring on Posidonia oceanica beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages*, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299, 51- 62.
- NOVARESE V. (1930), *Il distretto eruttivo litoraneo dell'Iglesiente (Porto Scuso. S. Pietro e S. Antioco)*, *Boll. Uff. Geol. It.*, 55.
- ORRÙ P. & ULZEGA A. (1990), *Carta geomorfologica della piattaforma continentale e delle coste del Sulcis - Sardegna sud occidentale. Scala 1:000.000*, STEF , Cagliari.
- RIDING R., BRAGA J. C., MARTIN J. M., PEIRANO A., DAMASSO V., MONTEFALCONE M., MORRI C., BIANCHI C.N. (2005), *Effects of climate, invasive species and anthropogenic impacts on the growth of the seagrass Posidonia oceanica (L.) Delile in Liguria (NW Mediterranean Sea)*, *Marine Pollution Bulletin* 50, 817-822 (2005).
- SANCHEZ-ALMAZO I.M. (1998), *Mediterranean Messinian Salinity Crisis: constraints from a coeval marginal basin, Sorbas, southern Spain*, *Marine Geology*, 146, 1-20.
- SAU A., LECCA L., LONIS R., SECCHI F., FERCIÀ M.L. (2005), *La seconda fase del Rift-Sardo: vulcanismo ed evoluzione dei sub-bacini di Ardara-Chilivani e Bonorva (Sardegna settentrionale)*, *Boll. Soc. Geol. It.*, 124, 3-20.
- SOWERBUTTS A. (2000), *Sedimentation and volcanism linked to multiphase rifting in an Oligo-Miocene intra-arc basin, Anglona, Sardinia*, *Geological Magazine*, 137, 395-418.
- TARICCO M. (1934), *Geologia del F. dell'Isola di S. Pietro - Capo Sperone (Sardegna)*, *Boll. R. Uff. Geol. It.*, 59.
- THOMAS B., GENNESSEAU M. (1986), *A two-stage rifting in the basins of the Corsica-Sardinian Straits*, *Marine Geology*, 72, 225-239.

- ULZEGA A., CARBONI S., COPPA DE CASTRO M.G., CRISTINI A., FAIS S., FERRARA C., LECCA L., LEONE F. (1980), *Indagini geologiche sulla piattaforma continentale*, Conv. Scient. Naz. sui Placers marini, Atti, Trieste.
- WEZEL F.C., SAVELLI D., BECCALUVA M., TRAMONTANA M., BARTOLE R. (1981), *Plio-Quaternary depositional style of sedimentary basins along insular Tyrrhenian margins*, Sedimentary basins of Mediterranean margins, CNR, 239-269.
- VARDABASSO S. (1973), *Osservazioni geomorfologiche sull'isola di San Pietro (Sardegna sud occidentale)*, Estratto dal volume XLIII dei Rendiconti del Seminario della Facoltà di Scienze dell'Università di Cagliari", Università di Cagliari.