

1. Inquadramento geologico dell'area

Il Foglio 70 (Porto Torres) è localizzato sul margine nord della Sardegna, antistante il golfo dell'Asinara ad Est della porzione settentrionale dell'isola dell'Asinara (Fig. 1.1).

La formazione del margine occidentale è conseguente all'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale avvenuta nel Terziario. Secondo diversi autori il margine occidentale della Sardegna, di tipo divergente, si è strutturato a partire dall'Oligocene-Miocene inferiore in seguito alla formazione del bacino del Mediterraneo occidentale, generato dalla subduzione verso N-NW delle placche Africana e Apula al disotto della placca Europea (Rehault et al., 1984). Tra l'Oligocene e l'Aquitano la Sardegna è stata parte dell'ampio sistema di rifting (European Rift System) che ha interessato l'Europa occidentale, di cui fa parte il rift Sardo che attraversa l'isola dal Golfo dell'Asinara al golfo di Cagliari (Cherchi e Montadert, 1982; Casula et al., 2001).

Successivamente alla fase di rifting, si è verificata l'espansione del Mediterraneo occidentale tra 21 e 18 Ma lungo tre principali assi: NE-SW nel bacino Liguro-Provenzale, NW-SE nel bacino sardo-balearico e E-W nel bacino Nord Algerino, con la rotazione antioraria del blocco sardo-corso (Cherchi & Montadert, 1982; Rehault et al., 1984; Thomas et al., 1988; Lecca et al., 1997).

Recentemente altri autori hanno associato la tettonica terziaria della Sardegna al sistema dell'Appennino settentrionale. Secondo questa interpretazione la collisione tra la placca Europea e l'Adria ha generato una importante tettonica trascorrente di età oligo-aquitana, particolarmente evidente nella Sardegna centro settentrionale con lineamenti trascorrenti e localmente transpressivi orientati NE-SW e E-W (Oggiano et al., 2009; Carmignani et al., 2001). Nel Burdigaliano medio-superiore si ha un cambiamento del regime deformativo, con una fase distensiva e l'evoluzione del margine occidentale sardo in seguito alla rotazione della micro-placca sardo-corsa e l'apertura del bacino di retro-arco Mediterraneo occidentale (Oggiano et al., 2009).

Durante l'Oligo-Miocene si sviluppa un importante vulcanesimo calco-alcalino che interessa la Sardegna occidentale da Nord a Sud e che ha prodotto successioni vulcaniche con spessori che raggiungono parecchie centinaia di metri. I prodotti del vulcanesimo oligo-miocenico sono colate laviche e cupole di ristagno a composizione da basaltico-andesitica a dacitica e espandimenti ignimbritici a composizione dacitico-riolitica.

A partire dal Miocene inferiore si sviluppa sul margine un importante prisma sedimentario progradante verso W, poggiante sui depositi vulcano-sedimentari aquitaniani e troncato superiormente dalla superficie di erosione messiniana (Lecca, 2000; Sage et al., 2005).

Successivamente il margine ha subito una segmentazione conseguente al regime estensionale collegato con l'apertura del bacino del Tirreno tra il tardo Miocene e il Quaternario. Nel Pliocene medio

superiore si è avuta l'apertura del Campidano, una stretta fossa sovrainposta alla più estesa fossa sarda, con orientazione NW-SE, che ha portato all'attuale strutturazione del margine, con direttrici tettoniche orientate prevalentemente NW-SE e NNE-SSW, costituite da faglie dirette listriche e faglie trascorrenti (Casula et al., 2001; Fais et al., 1996; Thomas et al., 1988). Questa dinamica estensionale trova riscontro nel ciclo vulcanico plio-quadernario che ha interessato l'intera isola con la produzione di lave basaltiche da alcaline a sub-alcaline.

Il margine Nord-occidentale sardo può essere suddiviso morfologicamente in due settori (Lecca, 2000; Kenyon, 2002): la scarpata della Nurra ad Ovest e le testate del Canyon di Castelsardo a Nord.

La morfologia della scarpata della Nurra è controllata dalla strutturazione tettonica, essa costituisce la prosecuzione sul margine del blocco tettonico della Nurra delimitato verso NW da faglie dirette che ribassano in breve spazio il basamento.

Negli ultimi decenni i rilievi geofisici effettuati sul tale margine hanno permesso di riconoscere le seguenti unità sismo-stratigrafiche (Lecca, 2000): 1) basamento acustico, costituito da diverse litologie riconducibili al basamento ercinico, alle coperture mesozoiche fino alle vulcaniti calco alcaline oligo-mioceniche; 2) la sequenza miocenica costituita dai depositi sedimentari correlabili con le formazioni marnoso-arenacee e carbonatiche di età compresa tra il Burdigaliano e il Messiniano pre-evaporitico, interrotta dalla superficie di erosione messiniana; 3) la sequenza plio-quadernaria costituita da depositi fini distali; 4) le unità quadernarie, localizzate tra la scarpata superiore e la piattaforma intermedia, che vanno a formare il prisma sedimentario progradante, costituito da diversi system tracts relativi alle oscillazioni glacio-eustatiche pleistoceniche.

Nel Quadernario i processi deposizionali caratterizzano la piattaforma esterna e la scarpata superiore, mentre processi erosivi prevalgono nella piattaforma interna e intermedia. La deposizione di sedimenti nella piattaforma interna è limitata ad alcuni settori costieri o alla produzione intrabacino di sedimenti carbonatici riferibili a diverse associazioni organogene.

Nel foglio 70 si distinguono due settori morfologici, l'area di piattaforma ed il margine-scarpata; le aree di piattaforma sono poco estese (5-8 km) a nord ed ad ovest dell'isola dell'Asinara, in corrispondenza del Golfo la piattaforma si allarga notevolmente fino a superare i 20 km di ampiezza. Come sopra accennato il carattere morfologico dominante è una marcata superficie erosiva che si sviluppa da 45 m di profondità fino ai 90 m, nei settori limitrofi all'isola dell'Asinara; anche a basse profondità i sedimenti attuali e recenti sono esigui organizzati in lenti tra gli affioramenti di basamento; su questi sedimenti si riconoscono delle strutture sedimentare indotte dal moto ondoso e dalle correnti e varie aree colonizzate dalla *Posidonia Oceanica* (Donda et al., 2008). L'area di piattaforma occidentale a sua volta è dominata da una netta superficie di erosione, su cui si

riconoscono nella piattaforma intermedia-esterna delle strutture sedimentarie relitte probabilmente legate alla migrazione della linea di costa negli ultimi cicli eustatici.

Il settore settentrionale è caratterizzato da un margine della piattaforma abbastanza articolato che si raccorda ad una scarpata dominata morfologicamente dalle testate del canyon di Castelsardo. Nel settore occidentale l'elemento dominante è la scarpata della Nurra; quest'area è solcata da una serie di canyon alla cui base sono presenti depositi molto grossolani costituiti da ghiaie e blocchi, mentre le aree tra i canyon sono caratterizzati da sedimentazione fine (Kenyon et al., 2002). L'attività dei canyon sembra essere attualmente ridotta, dal momento che un drappoggio di fanghi a nannofossili calcarei ricopre i talwegs (Kenyon et al., 2002). Tuttavia la scarpata della Nurra favorisce lo sviluppo di *debris flow* come testimoniato dalla presenza dei depositi rilevati e campionati al piede della scarpata (Kenyon et al., 2002).

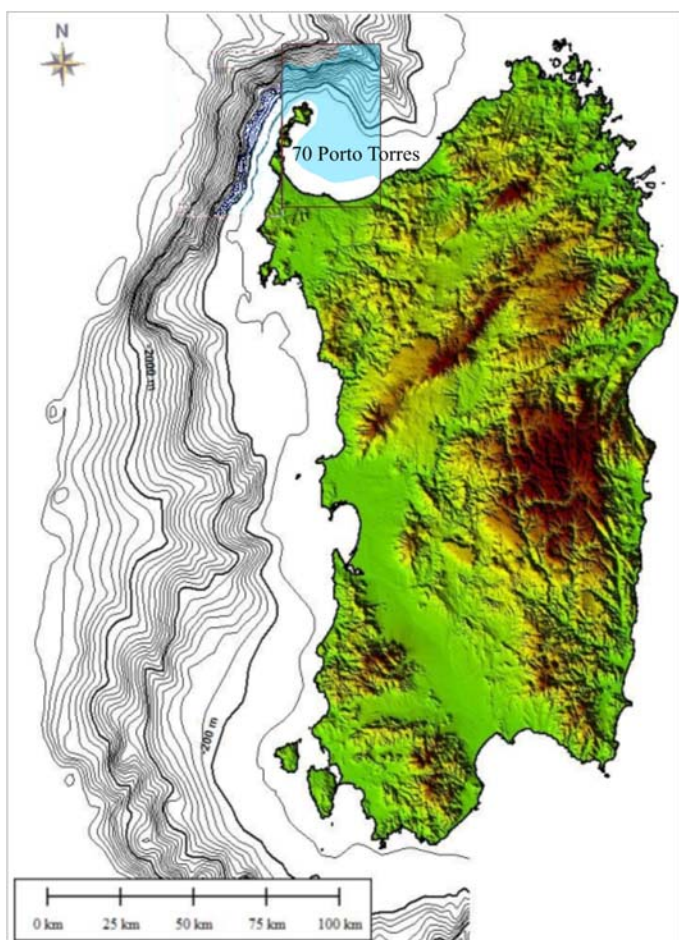


Fig 1.1- Localizzazione del Foglio N. 70 - Porto Torres - nel margine occidentale della Sardegna.

2. Descrizione dei dati geofisici e sedimentologici disponibili nell'area del Foglio

2.1 Dati morfobatimetrici (rilievi multibeam)

I rilievi morfobatimetrici utilizzati per il Foglio 70 provengono dalle campagne oceanografiche MAGIC IAMC 1209, MAGIC IAMC 0610 e MAGIC IAMC 0511, realizzate dall'IAMC/CNR nell'ambito del progetto MAGIC con la R/V Maria Grazia e la R/V Urania (Fig 2.1.1).

Durante la campagna MAGIC IAMC 0610 si è provveduto al completamento del rilievo fino alla profondità di 200 m utilizzando il multibeam Seabath 7111 RESON. La risoluzione del DTM utilizzato per l'interpretazione è di 2.5 m per il rilievo più superficiale e di 5 m per il rilievo più profondo.

I dati del settore di scarpata a profondità maggiori di 200 m sono stati acquisiti nell'ambito della crociera MAGIC IAMC 0511 eseguita a bordo del R/V Urania, utilizzando il multibeam Simrad EM710. Per il settore settentrionale profondo del canyon di Castelsardo e parte della scarpata inferiore si sono utilizzati i dati forniti dall'Istituto Idrografico della Marina Militare, IIM (Ministero della Difesa).

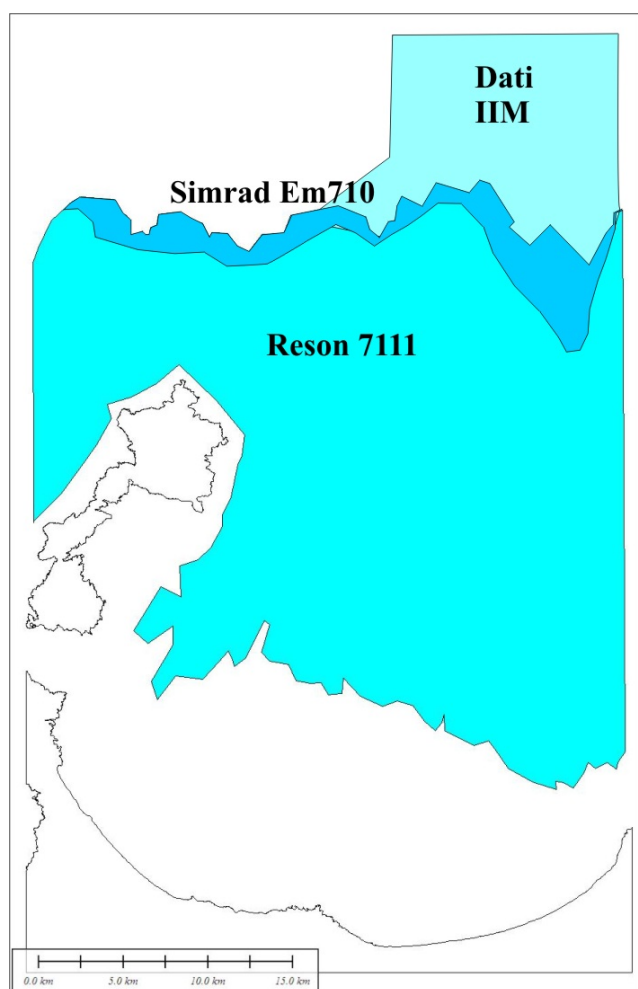


Fig 2.1.1- Copertura dei rilievi morfobatimetrici e strumentazione utilizzata.

2.2 Dati di riflettività e immagini del fondale (side scan sonar, rovs, ecc.)

Congiuntamente al dato morfobatimetrico è stato acquisito il dato di backscatter del multibeam. Sono inoltre pubblicati su alcuni articoli i dati side scan sonar delle aree e circostanti l'isola dell'Asinara (Donda et al, 2008).

2.3 Dati di sismica a riflessione

Il margine Nord occidentale sardo è stato esplorato a partire dagli anni 60 mediante indagini geofisiche e campionamenti, nell'ambito di diversi progetti di ricerca (Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini del CNR, progetto Margini Continentali Sardi, dell'Università di Cagliari) e nell'ambito di campagne esplorative per la ricerca di idrocarburi. Sono state effettuati rilievi sismici di diverso tipo (Sparker-Uniboom 0.5-1 kJ, Sparker 1-3.5 kJ, Aquapulse western Geophysical-Agip, Airgun). Questi dati, in parte disponibili, sono stati oggetti di diverse pubblicazioni a cui si è fatto riferimento per l'interpretazione (Lecca, 2000; Kenyon, 2002). Nel Golfo dell'Asinara, non sono disponibili dati sismici.

2.4 Dati di campionamento

Durante le campagne esplorative effettuate a partire dagli anni 60 sono stati raccolti campioni superficiali e carote. Tali dati sono stati oggetto di diverse pubblicazioni a cui si è fatto riferimento per l'interpretazione.

2.5 Altro tipo di dato

3. Elementi Morfobatimetrici e "pericolosità" geologica

3.1 Sintesi descrittiva del Livello 3

La piattaforma continentale va da circa 5 km di ampiezza nella porzione occidentale del foglio fino ad oltre 20 km nella zona orientale (Fig 3.1.1). In piattaforma interna, fino a circa 50 m di profondità, il substrato litoide risulta affiorante o sub affiorante e costituisce la continuazione a mare dell'alto strutturale paleozoico della Nurra. La litologia del substrato affiorante può essere ipotizzata sulla base delle formazioni presenti a terra che comprendono una successione terrigena paleozoica di età incerta; tale successione è formata da metarenarie, filladi, con intercalate metavulcaniti acide, la successione terrigena ordoviciana-siluriana formata da filladi scure e quarziti nere con intercalati marmi, il complesso metamorfico ercinico con micascisti e paragneiss, e rocce granitoidi affioranti nell'isola dell'Asinara. Il substrato affiorante è stato quindi cartografato come ASL (affioramento di substrato litoide). Il substrato litoide è inciso da canali riconducibili alla paleo-idrografia dei periodi di basso stazionamento del livello del mare. Al suo interno sono state cartografate scarpate ad andamento lineare riconducibili ai lineamenti tettonici che controllano questo settore del margine occidentale della Sardegna. I lineamenti tettonici, orientati

prevalentemente N 25° E, mostrano un andamento parallelo alle faglie dirette che ribassano la scarpata della Nurra verso W-NW. La copertura sedimentaria in piattaforma interna è limitata a piccoli bacini all'interno del substrato litoide mentre la piattaforma esterna è caratterizzata dalla presenza di un prisma sedimentario progradante con la rottura di pendio, che delimita la piattaforma, localizzata intorno ai 200 m di profondità. Il bordo della piattaforma è prevalentemente deposizionale ed è continuo lungo tutto il margine del foglio; a Nord dell'isola una importante testata, che fa parte del canyon di Castelsardo, incide il margine della piattaforma fino a 5 km dal capo Nord dell'isola.

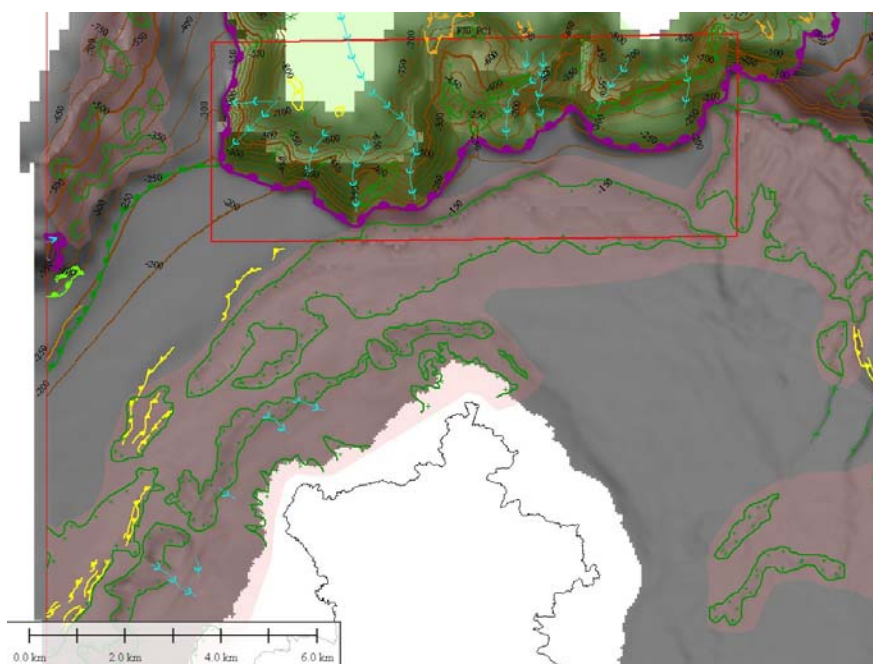


Fig 3.1.1- Rilievo ombreggiato interpretato del settore nord-occidentale del Foglio N. 70. Sono evidenti il substrato litoide affiorante e i lineamenti tettonici in piattaforma e la testata del canyon che intaglia il margine di piattaforma.

Tale testata è stata cartografata come area ad erosione (ERD) legata all'attività della scarpata a Sud del Canyon di Castelsardo; la parte superiore della testata si presenta molto acclive con una forma lobata (cavolfiore), i canali che incidono questo settore intagliano in cuneo sedimentario che forma il margine di piattaforma; a luoghi affiorano pinnacoli di basamento. Nelle aree più profonde (oltre i 200 m) la pendenza si riduce ed iniziano a riconoscersi dei movimenti di sedimento per frana, che interessano principalmente la parte centrale della testata. (Fig. 3.1.1). Il limite batimetrico del rilievo (750 m) ha consentito la mappatura della sola parte superiore della testata. L'area centrale del foglio localizzata al centro del golfo dell'Asinara è caratterizzata da una ampia superficie erosiva che spiana la piattaforma continentale, su questa superficie a bassissima pendenza si individuano ampi affioramenti di substrato, tra cui sono intrappolati lenti sabbiose, ghiaiose e pelitiche che presentano varie strutture sedimentarie dovute all'azione delle

correnti (Donda et al, 2008); nel settore sud orientale del foglio si riconoscono inoltre delle strutture sedimentarie relitte che si elevano dalla superficie di spianamento erosiva, hanno forme allungate ed asimmetriche in sezione e si trovano in fasce batimetriche che vanno dai 50 agli 80 m; pertanto potrebbero essere dei paleocordoni dunali formatisi nei precedenti cicli eustatici, di cui è rimasto il relitto morfologico nelle aree di piattaforma (Fig. 3.1.2).

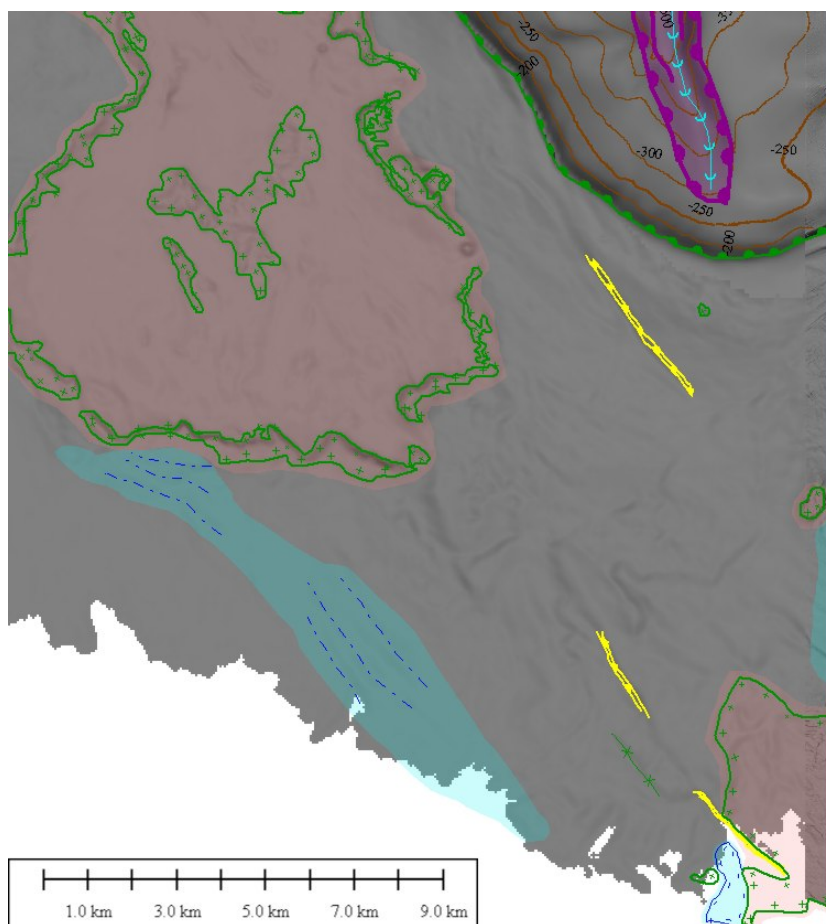


Fig 3.1.2- Rilievo ombreggiato interpretato del settore centrale del Foglio N. 70. Sono evidenti: la superficie di spianamento, gli ampi affioramenti e subaffioramenti di substrato litoide e le strutture sedimentarie relitte (possibili paleo-cordoni).

Come F70_CAN_2 si è distinta un'ampia testata (oltre 4 km) con una morfologia allungata, un talweg ampio fino a 500 m. La testata riconosciuta non ha una morfologia netta, è caratterizzata da una pendenza non elevata; lungo le aree di scarpata e testata e lungo i fianchi del canale principale si riconoscono molti fenomeni di frana, con più fasi di movimento sovrapposte. Sui fianchi inferiori del canyon, sono evidenti una serie di frane intracanaliche che ne caratterizzano la morfologia. (Fig. 3.1.3). Il talweg corrispondente al F70_CAN_2, un tributario di sinistra, è sospeso lungo la scarpata di sinistra del canyon di Castesardo, l'asse principale del canyon (F70_CAN_4) intaglia profondamente per oltre 500 m il canyon a sud ed altre morfologie come il sistema di

evoluzione franosa riconosciuti in F70_FRA_1 e le zone ad erosione diffusa (F70_ERD_1). Le morfologie rappresentate in F70_CAN_2, F70_FRA_1, F70_ERD_1, sembrano essere precedenti all'approfondimento del livello di base che ha provocato la profonda incisione del talweg principale del canyon di Castelsardo. (Fig. 3.1.4)

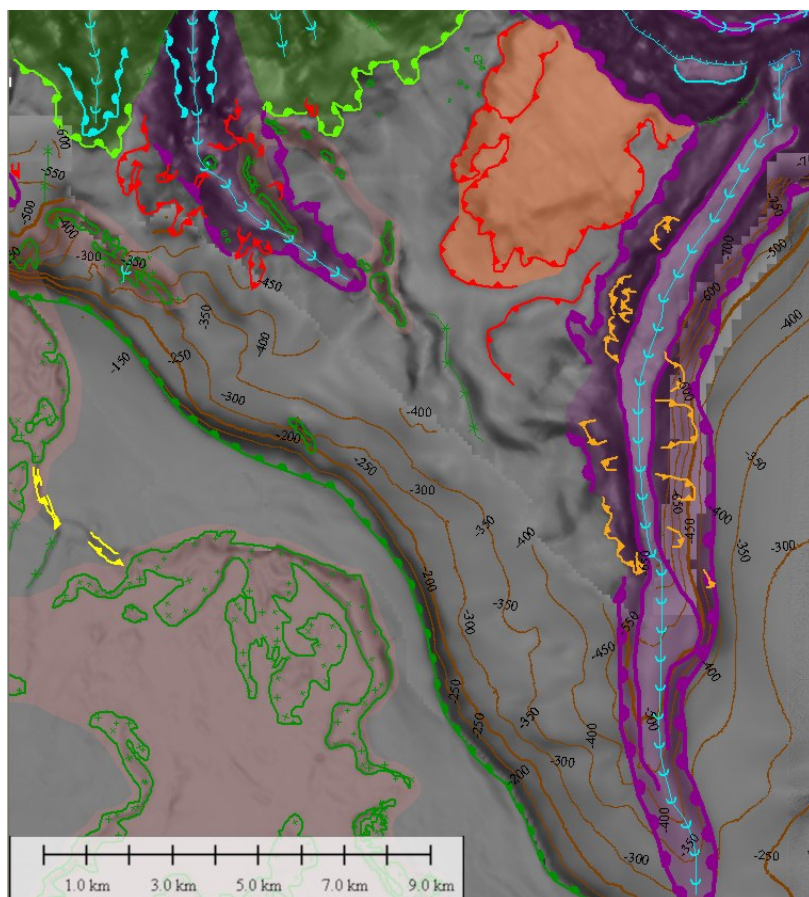


Fig 3.1.3 Rilievo ombreggiato interpretato del settore orientale del Foglio N. 70. Sono evidenti: il talweg del canyon e le nicchie di frana di scarpata ed intracanalale.

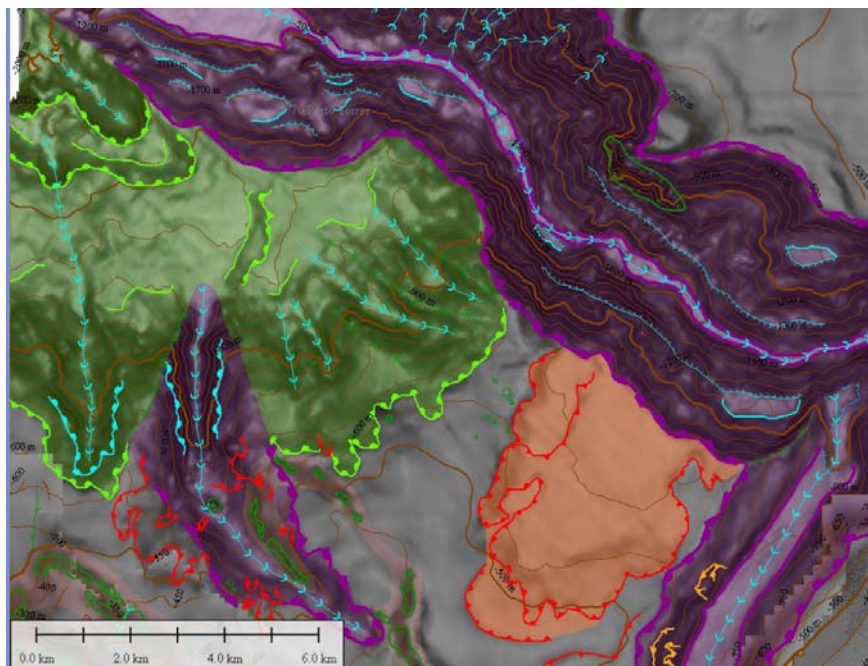


Fig 3.1.4 Rilievo ombreggiato interpretato del settore Nord-orientale del Foglio N. 70. E' evidente la profonda incisione del canyon di Castelsardo del canyon tributario di sinistra il sistema di frana e di erosione diffusa.

3.2 Aspetti salienti in chiave di pericolosità geologica non direttamente esprimibili attraverso la rappresentazione del Livello 3

Ai fini della pericolosità le aree d'interesse sono da considerare le due testate di canyon presenti al Nord del Foglio; queste testate sebbene contigue, presentano morfologie, evoluzione e probabilmente stato di attività differenti. Le osservazioni riportate, sono tuttavia limitate al solo studio dei dati morfobatimetrici ed alle informazioni riportate in letteratura.

Al testata posta a nord dell'isola dell'Asinara, presenta scarpate molto acclivi, con morfologie calanchive; il trasporto dei sedimenti avviene in prevalenza lungo canalizzazioni, sebbene siano presenti nella parte centrale dei fenomeni franosi. Il coronamento della testata presenta un importante grado di arretramento, poiché il margine della piattaforma continentale per circa 2 km. E' possibile che il sistema di trasporto su questa testata sia tuttora attivo o sia stato attivo fino al presente ciclo eustatico.

La testata posta ad est presenta invece pendenze molto più basse e morfologie più articolate; la parte superiore del talweg in apparenza sembra inattivo come parte della scarpata superiore; oltre i 200 m di profondità le morfologie sono dominate dalla presenza di frane polifasiche superficiali, che recapitano materiale lungo la scarpata ed all'interno del canale stesso. Non è possibile stabilire lo stato di attività con i dati disponibili, tuttavia alcune delle scarpate di frana presentano bordi netti e superfici all'apparenza fresche, pertanto è possibile che questo

tipo di trasporto di sedimento sia stato attivo fino a tempi recenti.

3.3 Bibliografia citata

- Carmignani, L., Oggiano, G., Barca, S., Conti, P., Funedda, A., Pasci, S., Salvadori, I., 2001. Geologia della Sardegna (Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Roma, 284 pp.
- 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.
- Cherchi A., Montadert L., 1982. Oligo-Miocene rift of Sardinia and the early history of the Western Mediterranean Basin. *Nature*, 298, 736-739.
- Donda F., Gordini E., Rebesco M., Pascucci V., Fontolan G., Lazzari P., Mosetti R. Shallow water sea-floor morphologies around Asinara Island (NW Sardinia, Italy); *Continental Shelf Research* 28 (2008) pg 2550-2564.
- Fais S., Klingele E.E., Lecca L., 1996. Oligo-Miocene half graben structure in Western Sardinian Shelf (western Mediterranean): Reflexion seismic and aeromagnetic data comparison. *Marine Geology* 133, 203-222.
- Kenyon N.H., Klauke I., Millington J., Ivanov M.K., 2002. Sandy submarine canyon-mouth lobes on the western margin of Corsica and Sardinia, Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 184, 69-84.
- Lecca L., 2000. La piattaforma continentale miocenico-quadernaria del margine occidentale sardo: blocco diagramma sezionato. *Rend. Semin. Fac. Sc. Università Cagliari*. Vol 70 (1), 49-70.
- Lecca L., Lonis R., Luxoro S., Melis E., Secchi F., Brotzu P., 1997. Oligo-Miocene volcanic sequences and rifting stages in Sardinia: a review. *Per. Miner.* 66, 7-61.
- Oggiano G., Funedda A., Carmignani L., Pasci S., 2009. The Sardinia-Corsica microplate and its role in the Northern Apennine Geodynamics: new insights from the Tertiary intraplate strike-slip tectonics of Sardinia. *Ital.J.Geosci.* (Boll.Soc.Geol.It.), Vol. 128, No. 2 (2009), pp. 527-539.
- Réhault J.P., Boillot G., Mauffret A., 1984. The Western Mediterranean basin geological evolution. *Marine Geology*, 55, 447-477.
- Sage F., Von Gronefeld G., Déverchère J., Gaullier V., Maillard A., Gorini C., 2005. Seismic evidence for Messinian detrital deposits at the western Sardinia margin, northwestern Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology* 22, 757-773.
- Thomas B., Lecca L., Gennesseaux M., 1988. La Structure de la marge occidentale de la Sardaigne et la fragmentation de l'île au Cénozoïque. *Marine Geology*, 83, 31-41.

4. Punti di Criticità presenti nel Foglio

4.1 F70_PC1_Testata Asinara

4.1.1 Riassunto

Il punto di criticità è associato alla presenza di una testata di canyon probabilmente attive che intagliano la piattaforma continentale fino a 4,5 km dalla costa. Tale testata sono collocate a Nord dell'Isola dell'Asinara.

4.1.2 Tipo di rischio

- ☐ Eruzione
- ☐ Maremoto
- ☐ Frana marino-costiera con possibile coinvolgimento di settori emersi

X Frana interamente sottomarina

- ☐ Liquefazione di sedimenti
- ☐ Riduzione della resistenza dei sedimenti superficiali
- ☐ Fagliazione superficiale
- ☐ Rischio per cavi e condotte
- ☐ Relitti

4.1.3 Descrizione del lineamento

Il lineamento è costituito da una testata lobata (a forma di cavolfiore) che si sviluppa a nord dell'isola dell'Asinara; si tratta di una testata minore del Canyon di Castelsardo, che drena la scarpata; la testata intaglia profondamente il margine della piattaforma fino a circa 2 km a partire da una profondità minima di ca 120 m e presenta scarpate ripide e canalizzazioni gerarchizzate, che intagliano il cuneo sedimentario facendo affiorare a luoghi il basamento; oltre i 200 m di profondità tuttavia prevale la copertura sedimentaria con nicchie di frana indicative di instabilità gravitativa della copertura, in accordo con quanto individuato in studi precedenti (Kanyon et al., 2002). E' possibile che il sistema di trasporto su questa testata sia tuttora attivo o sia stato attivo fino al presente ciclo eustatico.

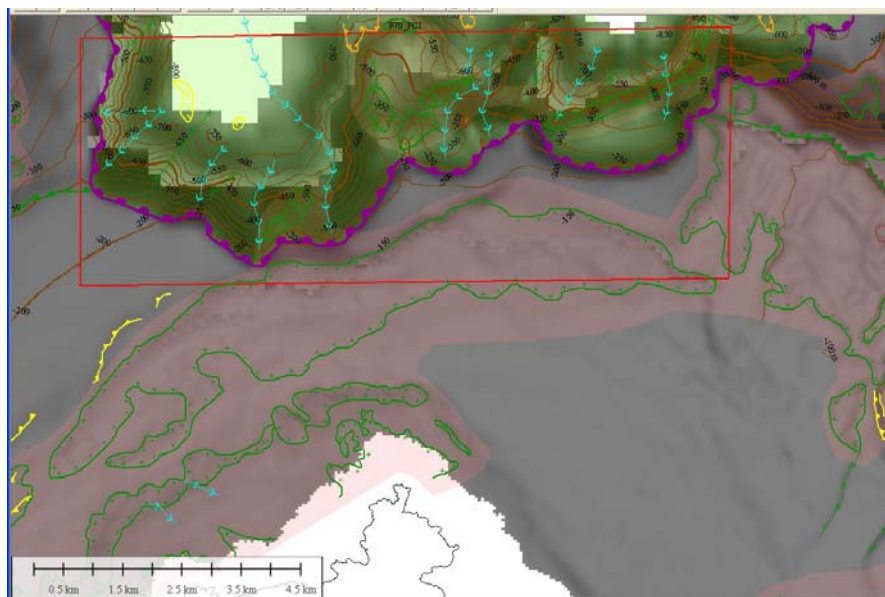


Figura 4.1.3.1 F70_PC1 Testata di Canyon in arretramento a nord dell'Isola dell'Asinara (F70_PC1).

4.1.4 Rischio potenziale

a) Tipo di evoluzione possibile:

Il lineamento potrebbe evolvere con lo sviluppo di frane sottomarine e trasporto dei sedimenti in scarpata anche attraverso i canyon sottostanti.

b) Potenziali effetti diretti o indiretti:

La relativa vicinanza alle aree costiere (>2 km) può minacciare i prismi costieri.

c) Beni esposti agli effetti dell'evento:

Le coste settentrionali della Nurra e dell'isola dell'Asinara sono alte e rocciose, con piccole insenature sabbiose. Sono generalmente disabitate nel periodo invernale e frequentate da turisti nel periodo estivo.

d) Tempi di ricorrenza e stato di attività presunto:

Non si dispone di dati per effettuare una valutazione sui tempi di ricorrenza e sullo stato di attività presunto.

e) Ogni altra informazione disponibile (eventi pregressi, similitudine con altre situazioni, lavori specifici svolti nell'area):

Nulla da riportare.

f) Dati disponibili:

non sono presenti dati oltre ai dati morfobatimetrici che sono stati acquisiti fino a 750 m di profondità.

Bibliografia citata

Kenyon N.H., Klaucke I., Millington J., Ivanov M.K., 2002. Sandy submarine canyon-mouth lobes on the western margin of Corsica and Sardinia, Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 184, 69-84.

Liberatoria da responsabilità:

Essendo il progetto MaGIC rivolto alla sola mappatura e individuazione degli elementi di pericolosità dei fondali marini,

la definizione del rischio esula dagli scopi del progetto e non sono state previste indagini ad hoc. Quindi la definizione dei punti di criticità si basa su dati acquisiti per altri scopi e non omogenei nell'area. Similmente non sono disponibili informazioni sugli insediamenti e le infrastrutture marine e costiere presenti nell'area.