

1. Inquadramento geologico dell'area

Il Foglio 69 (Asinara) è localizzato sul margine nord-occidentale della Sardegna, antistante la Nurra e la porzione meridionale dell'isola dell'Asinara (Fig. 1.1).

La formazione del margine 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 occidentale sardo può essere suddiviso morfologicamente in tre settori da Nord a Sud (Thomas et al., 1988, Lecca, 2000): la scarpata della Nurra, l'anfiteatro di Oristano e la scarpata del Sulcis.

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

I rilievi sismici effettuati sul margine negli ultimi decenni hanno consentito l'identificazione delle 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 costituire 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.

Il settore di margine ricadente nel foglio 69 è caratterizzato da una piattaforma poco estesa (5-10 km) e una scarpata molto ripida a controllo tettonico. La scarpata della Nurra 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 (Kanyon 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 (Kanyon et al., 2002).

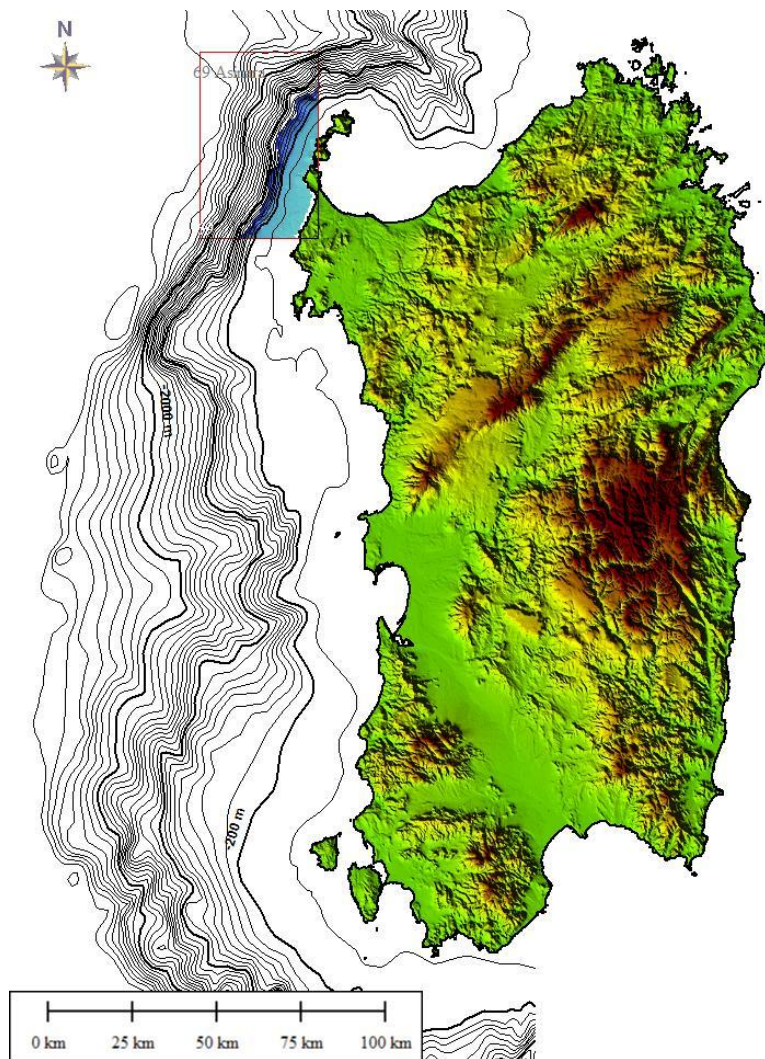


Fig 1.1- Localizzazione del Foglio N. 69 - Asinara - nel margine occidentale della Sardegna.

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 69 provengono dalle campagne oceanografiche MAGIC IAMC 1209 e MAGIC IAMC 0610 realizzate dall'IAMC/CNR nell'ambito del progetto MAGIC con la R/V Maria Grazia (Fig 2.1.1).

Durante la campagna MAGIC IAMC 1209 è stato eseguito il rilievo morfobatimetrico a profondità comprese tra 50 e 190 m utilizzando il multibeam Simrad EM3002 a doppia testa, mentre durante la campagna MAGIC IAMC 0610 si provveduto al completamento del rilievo fino alla profondità di 600 m utilizzando il multibeam Seapath 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.

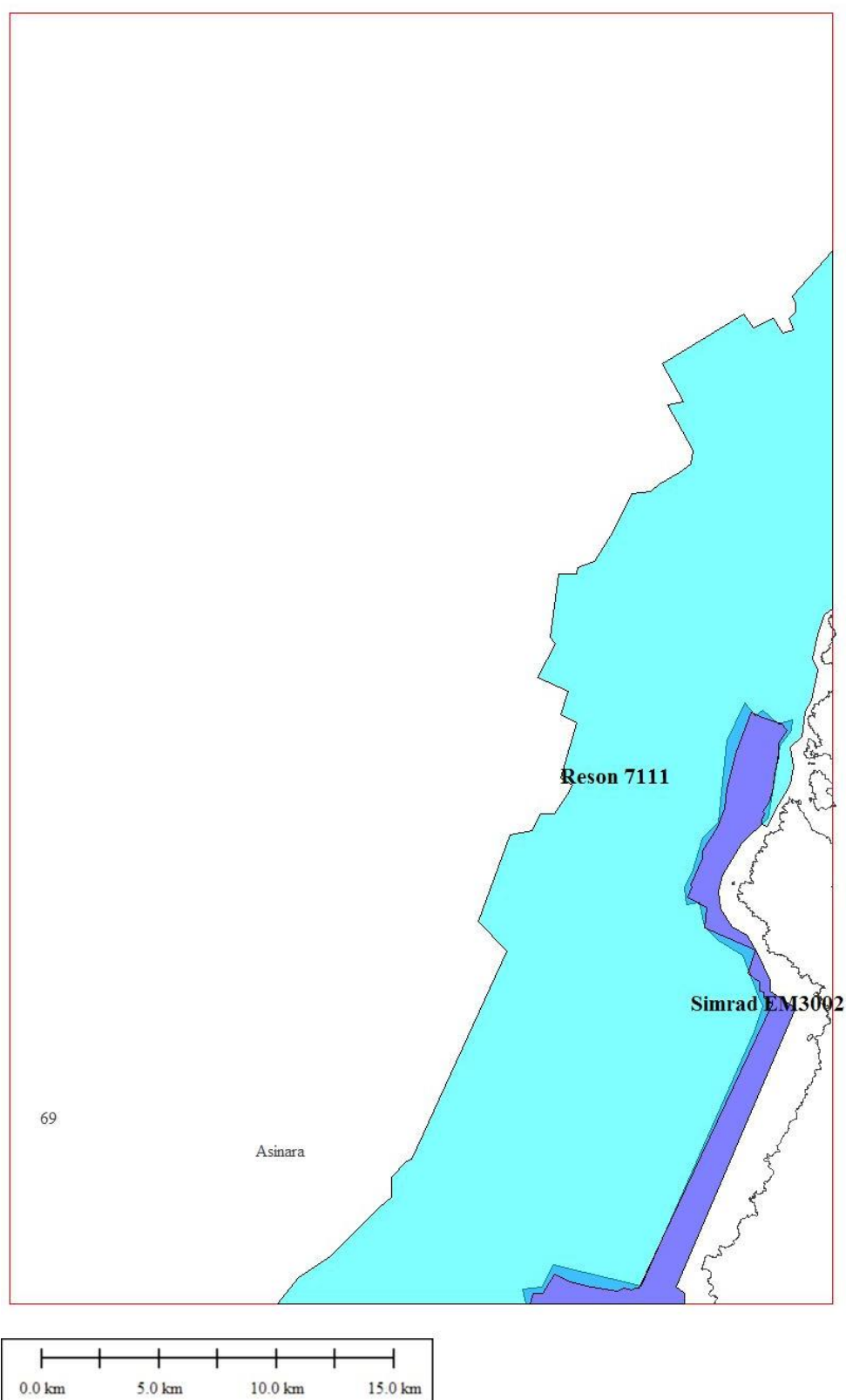


Fig 2.1.1- Copertura dei rilievi morfobatimetrici e strumentazione utilizzata.

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

Congiuntamente al dato morfobatimetrico è stato acquisito il dato di backscatter del multibeam. Sono inoltre disponibili i dati di

side scan sonar provenienti dal rilievo effettuato dal Ministero dell'Ambiente nel 2001 per la mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* (Fig 2.2.1). I rilievi, effettuati nella fascia costiera fino a circa 50-60 m di profondità, risultano a tratti sovrapponibili con il rilievo multibeam.

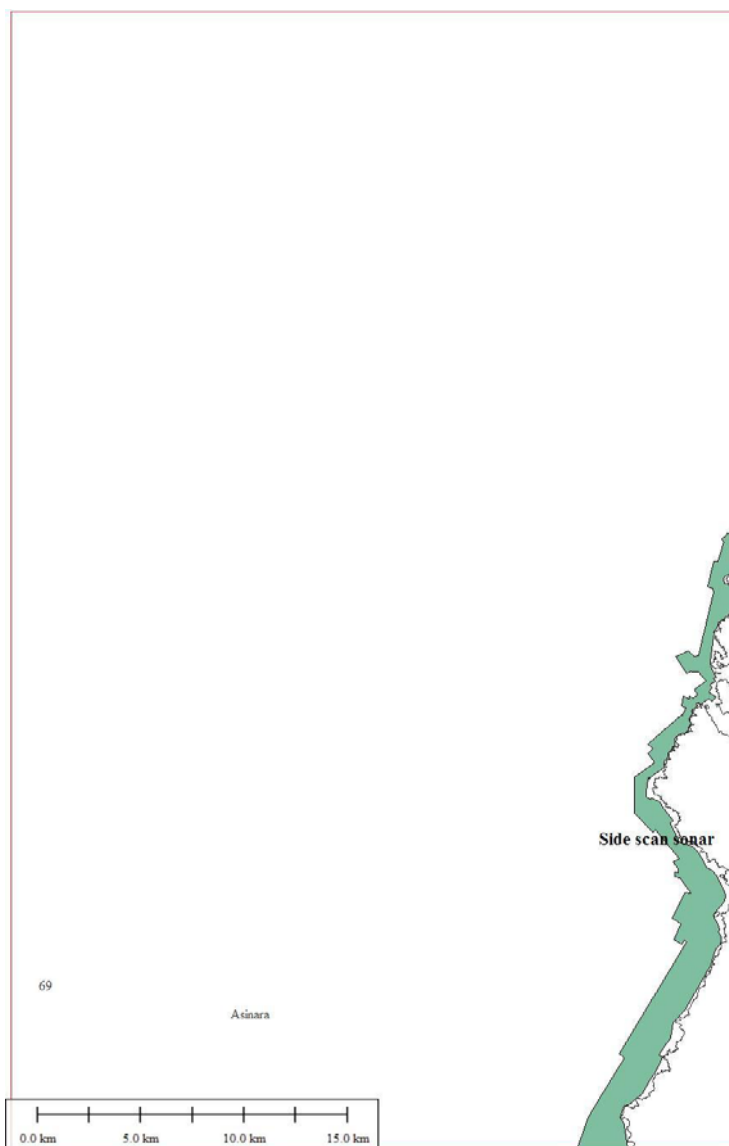


Fig 2.2.1- Copertura dei rilievi Side Scan Sonar (dati del Ministero dell'Ambiente, 2001).

2.3 Dati di sismica a riflessione

Il margine 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). Questi dati, in parte disponibili, sono stati oggetti di diverse pubblicazioni a cui si è fatto riferimento per l'interpretazione (Lecca, 2000).

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 è ampia circa 10 km nella porzione meridionale del foglio si restringe fino a circa 5-6 km nella zona settentrionale (Fig 3.1.1). In piattaforma interna, fino a circa 150 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 degli affioramenti a terra che comprendono una successione terrigena del paleozoico inferiore formata da metarenarie, filladi, con intercalate metavulcaniti acide, la successione terrigena ordoviciano-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. Nel settore centro meridionale del foglio sono stati rilevanti lineamenti tettonici orientati N 60° E.

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 e risulta eroso solo nella porzione centrale del foglio in corrispondenza di una ampia area ad erosione diffusa che comprende al suo interno numerose scarpate di erosione e nicchie di frana senza che sia chiaramente identificabile un sistema di canalizzazione.

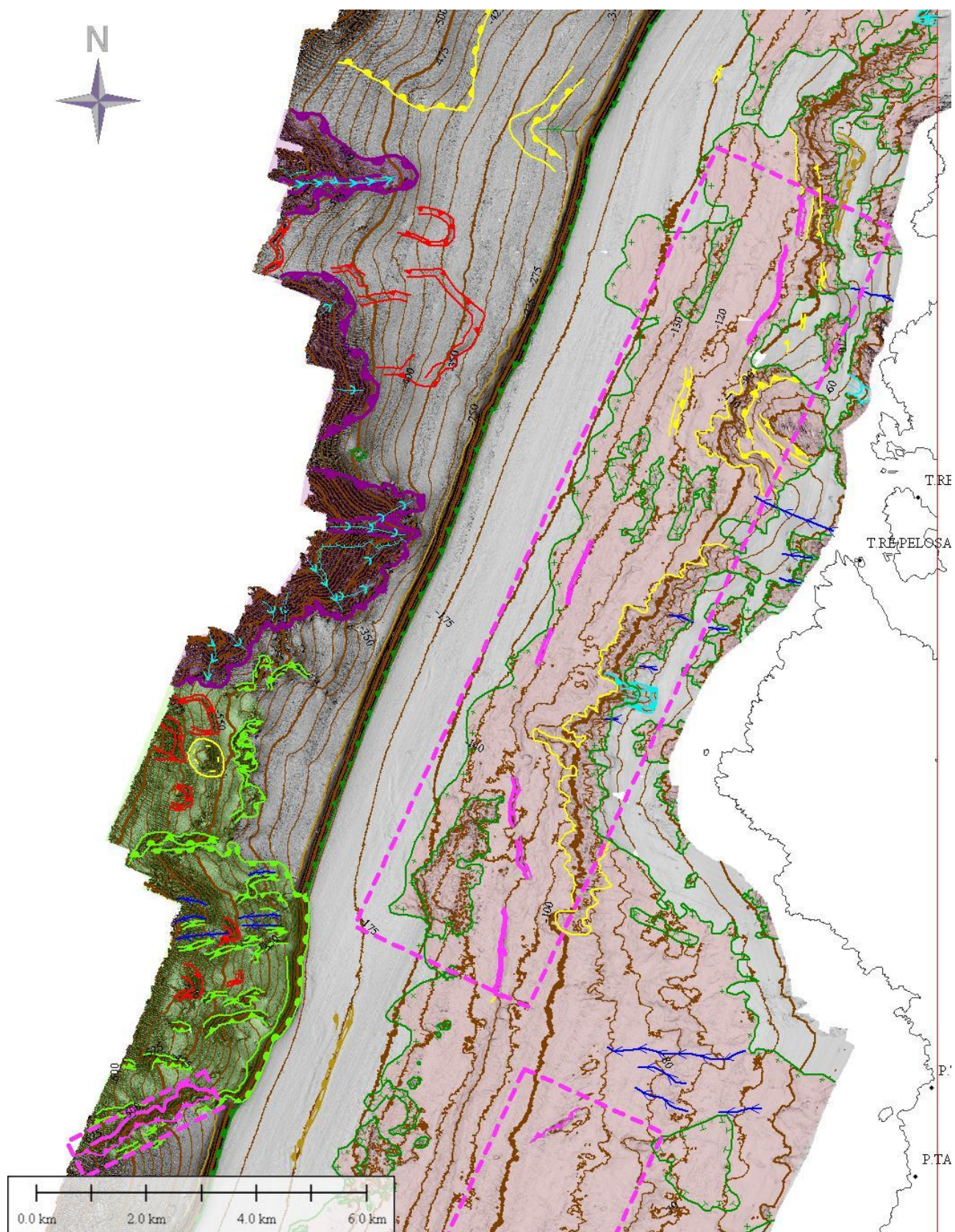


Fig 3.1.1- Rilievo ombreggiato interpretato del settore centrale del Foglio N. 69. Sono evidenti il substrato litoide affiorante e i lineamenti tettonici in piattaforma e le testate dei canyon localizzate in profondità in scarpata.

Il bordo meridionale dell'area a erosione diffusa mostra un andamento rettilineo orientato N 60 E ed è stato ritenuto di natura tettonica, in analogia ai lineamenti presenti nel substrato litoide che presentano la stessa orientazione.

Un'altra area a erosione diffusa è stata individuata nel settore meridionale del foglio, solcata da numerose incisioni canalizzate. Per il resto la scarpata superiore è solcata da diversi canyons le cui testate sono localizzate a partire da 300-400 m di profondità (Fig. 3.1.2). Il limite batimetrico del rilievo (600 m) ha quindi consentito solamente la mappatura della parte superiore della testata.

A partire da nord il canyon F69_CAN_1 è caratterizzato da una testata ampia oltre 3 km con una morfologia ad anfiteatro e pareti con pendenze $> 25^\circ$. A Nord della testata del canyon, in scarpata, è presente una morfologia irregolare interpretata come affioramento del substrato litoide.

Il canyon F69_CAN-2 si sviluppa a partire da 400 m di profondità. Il rilievo consente l'individuazione della parte alta della testata ampia oltre 6 km. Tre testate sono state rilevate in corrispondenza della Pelosa, tra l'Asinara e la propaggine settentrionale della Nurra. Il canyon F69_Can_3 presenta una testata nastriforme e un unico canale principale rettilineo, mentre le testate dei canyon F69_CAN_4 e F69_CAN_5 potrebbero anche fare parte di un unico sistema. Infatti il rilievo non consente di individuare lo sviluppo di queste strutture nelle aree più profonde.

Verso Sud il Canyon F66_CAN_6 presenta una testata ad anfiteatro a partire da 460 m di profondità con tre canali che convergono nel canale principale.

La morfologia della scarpata, tra il bordo della piattaforma e le testate dei canyon e tra un canyon e l'altro, varia tra la zona centro settentrionale e la zona meridionale del foglio. A nord, in corrispondenza del settore in cui la piattaforma risulta meno ampia, prevale in scarpata la copertura sedimentaria, con rotture di pendio generiche, probabilmente legate alla morfologia del basamento sottostante, e nicchie di frana a debole espressione morfologica correlabili ad instabilità gravitativa dei sedimenti.

La scarpata del settore meridionale del foglio, in corrispondenza della zona in cui la piattaforma risulta più ampia, è caratterizzata da una morfologia più irregolare con ampi settori in cui affiora il substrato litoide.

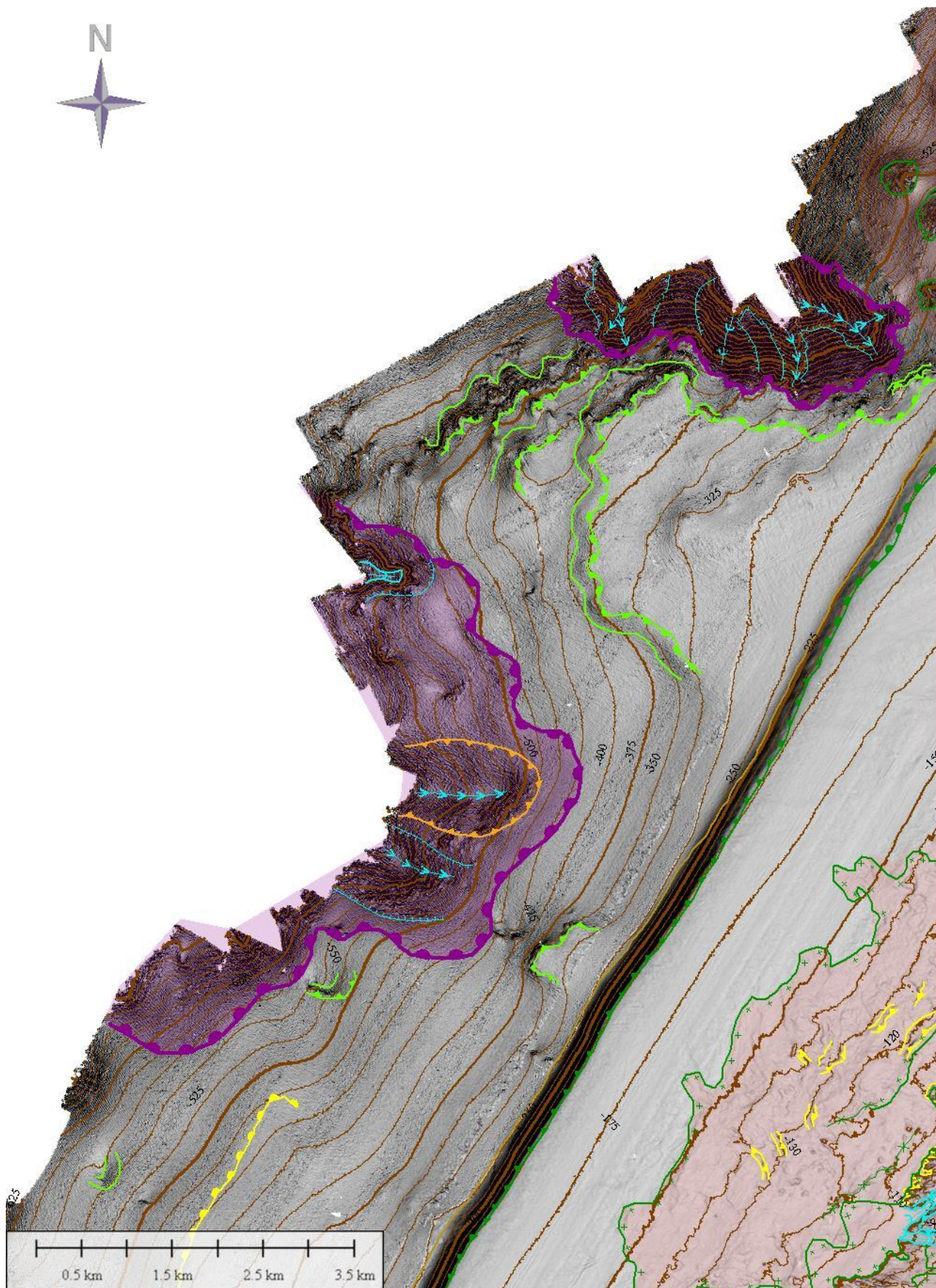


Fig 3.1.2- Rilievo ombreggiato interpretato delle testate dei canyon nel settore settentrionale del Foglio N. 69.

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

Le informazioni pregresse sul settore centro-meridionale del foglio derivano dall'interpretazione di profili sismici (Uniboom 0.5 kJ) acquisiti nei decenni passati (Lecca, 2000). Al fine di evidenziare la strutturazione del margine è stato riportato uno dei profili interpretati (Fig. 3.2.1, profilo modificato da Lecca, 2000).

Il profilo evidenzia la presenza del basamento acustico, riconducibile al basamento paleozoico, in piattaforma interna, con modesti spessori di sedimento presenti nella zona più interna e il basamento affiorante o sub-affiorante nel settore intermedio. Il basamento è ribassato verso W-NW da faglie dirette. In piattaforma esterna è stato rilevato il prisma sedimentario progradante quaternario poggiante su un'unità sismo stratigrafica attribuita alla sequenza sedimentaria pliocenica (Lecca, 2000).

Kanyon et al. (2002) hanno effettuato rilievi sismici, side scan sonar e carotaggi per indagare i depositi alle bocche dei canyon della Corsica occidentale e della Sardegna Nord-occidentale, compresa la scarpata della Nurra. Al piede della scarpata della Nurra in corrispondenza delle bocche dei canyon sono state individuate onde di ghiaia e ciottoli, mentre nelle pareti dei canyon sono state individuate numerose nicchie di frana (Kanyon et al., 2002). La scarpata della Nurra, ad elevata pendenza, è ritenuta fortemente soggetta allo sviluppo di frane di detrito (debris flow) come dimostrato dagli estesi depositi rilevati da profili sismici ad alta risoluzione al piede della scarpata e nella piana abissale antistante (Kanyon et al., 2002). Il campionamento di questi depositi per 3 m di profondità ha rilevato la presenza di ciottoli ignei e metamorfici e pochi clasti sabbiosi in una matrice fangosa. Il deposito di frana è sormontato da una torbidite sabbiosa (Kanyon et al., 2002).

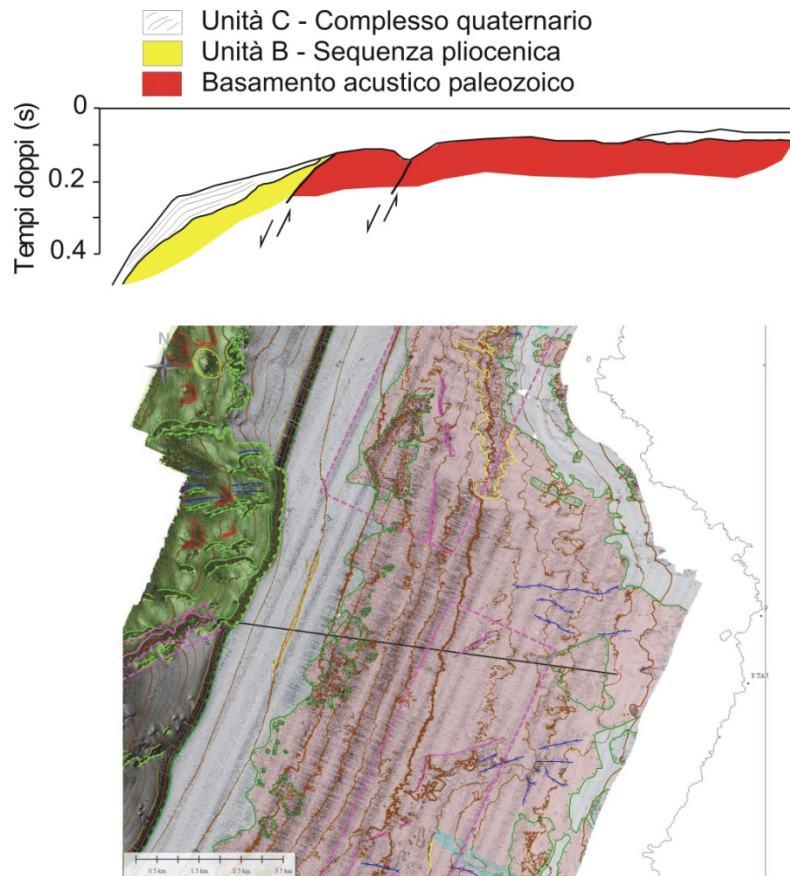


Fig 3.2.1- Profilo interpretato della piattaforma e scarpata superiore (modificato da Lecca, 2000).

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.
- 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., Genesseeux 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 F69_PC1_Fornelli

4.1.1 Riassunto

Il punto di criticità è associato alla presenza di nicchie di frana nella copertura sedimentaria della scarpata, al traverso dello stretto di Fornelli tra l'isola dell'Asinara e la Nurra. Un'eventuale frana avrebbe probabilmente effetti trascurabili per la profondità elevata (>350 m) dell'area di instabilità.

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 serie di rotture di pendio a debole espressione morfologica localizzate all'interno del settore di scarpata al traverso del passaggio di Fornelli, tra l'isola della Asinara e l'estrema propaggine settentrionale della Nurra (Figura 1).

In questo settore della scarpata, tra il bordo della piattaforma e le testate dei canyon, 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., 2000). Anche se l'attività dei canyon sembra essere attualmente ridotta, dal momento che un drappeggio di fanghi a nannofossili calcarei ricopre i thalwegs, la scarpata della Nurra, ad elevata pendenza, è ritenuta fortemente soggetta allo sviluppo di flussi di detrito (debris flow) come dimostrato dagli estesi depositi rilevati da profili sismici ad alta risoluzione al piede della scarpata e nella piana abissale antistante (Kanyon et al., 2002).

Le nicchie di frana individuate dal rilievo morfobatimetrico sono localizzate tra il bordo della piattaforma, posto a 200 m di profondità, e le testate dei canyon, a oltre 400 m di profondità. Si tratta quindi di morfologie profonde che probabilmente non comportano rischi per strutture a terra in seguito ad un eventuale attivazione di fenomeni gravitativi. Si è ritenuto utile,

tuttavia, segnalare la presenza di un'area di potenziale instabilità.

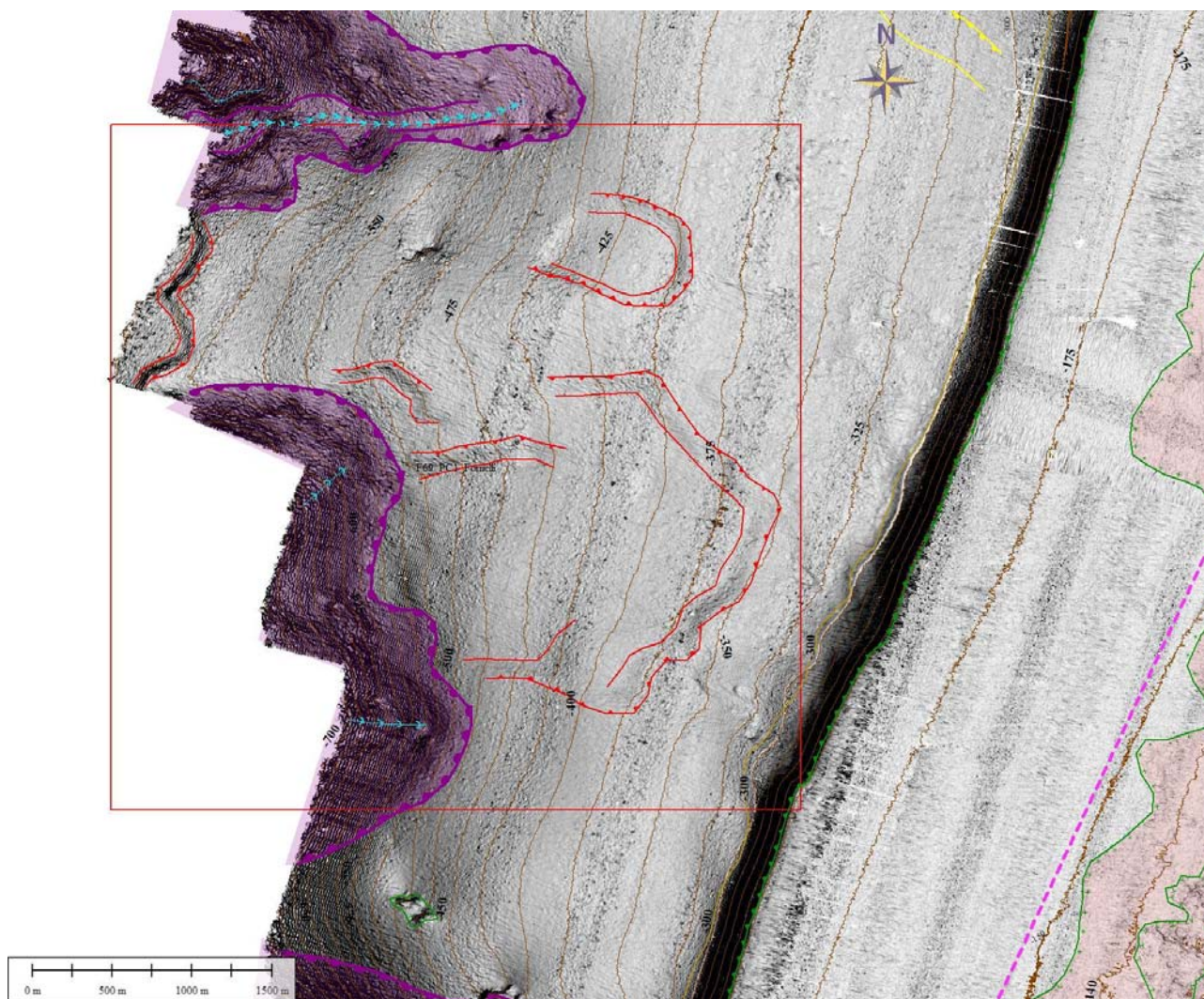


Figura 1 Nicchie di frana in scarpata (F69_PC1).

4.N.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:*

L'elevata profondità (>300 m) fa ritenere che il rischio di sviluppo di onde anomale collegato a questi fenomeni sia trascurabile.

c) *Beni esposti agli effetti dell'evento:*

Le coste occidentali 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. Si ritiene improbabile che siano interessate da onde anomale in seguito allo sviluppo di frane sottomarine.

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:

Per la parte marina sono disponibili, oltre ai dati morfobatimetrici, dati sismici e sedimentologici.

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.

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.