

Terrazzi deposizionali sommersi nell'Isola di Linosa (Canale di Sicilia)

ROMAGNOLI C.*



Fig. 1 - Ubicazione e schema batimetrico dell'isola di Linosa. Scala 1:750.000.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-VULCANOLOGICO

Il complesso vulcanico di Linosa, la cui sommità costituisce l'isola omonima (circa 6 km²) è ubicato nel Canale di Sicilia, presso il bordo occidentale del Bacino di Linosa (Fig.1). L'orientazione NO-SE dei bordi e del depocentro di tale bacino (profondo fino a 1580 m) riflette l'andamento del principale sistema strutturale che ha controllato l'evoluzione del Canale di Sicilia a partire dal Tortoniano, considerato l'espressione superficiale di un generalizzato regime tettonico transtensivo destro (JONGSMA *et alii*, 1985; BOCCALETTI *et alii*, 1987; GRASSO *et alii*, 1991).

Tale regime tettonico è responsabile della generazione di una serie di bacini "pull-apart" (Bacini di Pantelleria, Malta e Linosa), attualmente riempiti da sedimenti Plio-Pleistocenici, ed ha controllato marcatamente lo sviluppo del vulcanismo Neogenico-Quaternario (alcalino, peralcalino e subordinatamente tholeiitico), in parte ancora attivo, dei vulcani composti di Pantelleria e Linosa oltre a quello dei diversi centri sottomarini minori nel Canale (CALANCHI *et alii*, 1989; ARGNANI, 1993).

L'evoluzione del complesso vulcanico di Linosa ben si colloca entro questo panorama deformativo regionale; un allungamento preferenziale lungo la direzione NO-SE risulta, infatti, evidente dall'andamento delle sue ampie porzioni sommerse, estese per oltre 11 km in un *belt* vulcanico con tale orientazione, lungo il quale si allineano alcuni centri eruttivi secondari (Fig. 2). L'attività vulcanica subaerea del complesso di Linosa risulta compresa tra circa 1.06 e 0.53 M.a. ed è stata suddivisa in 3 principali stadi evolutivi (Paleo-Linosa; Sintema Arena Bianca e Sintema M.te Bandiera; LANTI *et alii*, 1988; GRASSO *et alii*, 1991; ROSSI *et alii*, 1996).

Sull'isola, la distribuzione dei centri eruttivi (ad attività spesso coeva), così come quella delle mesostrutture, ha permesso di confermare l'orientazione ONO-ESE, ed un secondario orientamento NNO-SSE, come i *trends* lungo cui si esercita un condizionamento delle strutture tettoniche sullo sviluppo del complesso vulcanico. In particolare, secondo le ricostruzioni paleomorfologiche e di provenienza ottenute dallo studio delle vulcaniti di Linosa, alcuni dei centri eruttivi attivi durante i tre stadi evolutivi sarebbero ubicati in mare, nelle porzioni sommerse sia a SE che a NO dell'isola, in corrispondenza delle quali si riscontrano, attualmente, ampie aree di piattaforma di abrasione a profondità inferiori ai 120 metri (Fig.2).

*Dip. Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna; CIRSA, Ravenna

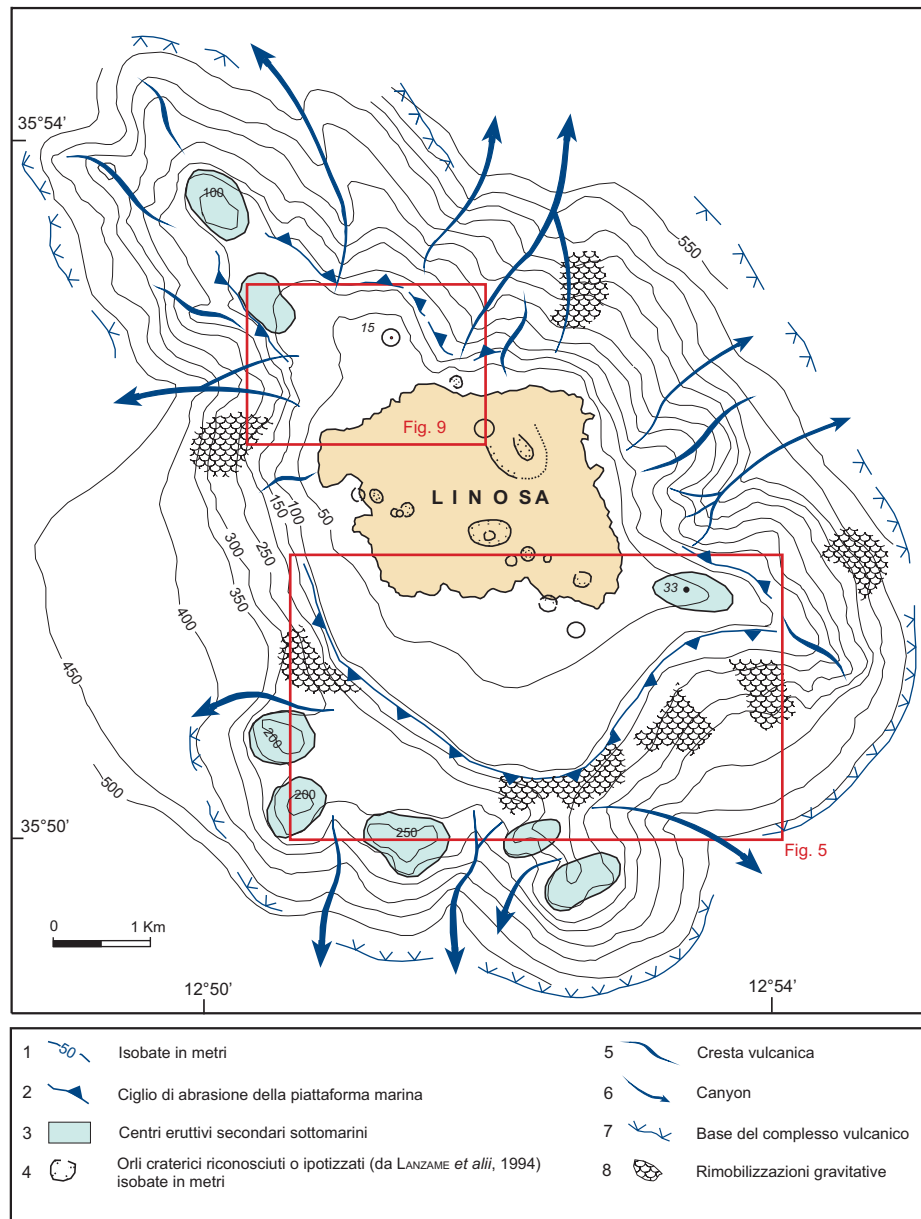


Fig. 2 - Schema batimetrico e dei principali caratteri morfologici e vulcanologici del complesso di Linosa (da Rossi *et alii*, 1990, modif.).

RACCOLTA ED ANALISI DEI DATI

Negli anni 1988, '91 e '92 alcuni rilievi elettroacustici e sismici ad alta risoluzione (S.B.P. 3.5 kHz; Sparker 500-1000 J, Fig. 3) sono stati effettuati, dall'Università di Bologna, a bordo delle navi Minerva ed Urania del C.N.R., sui fondali circostanti l'isola di Linosa, allo scopo di ricostruirne l'assetto batimetrico e morfologico oltre che di identificare e caratterizzare, dal punto di vista petrochimico, alcune strutture vulcaniche sommerse (ROSSI *et alii*, 1990). I rilievi sono stati eseguiti utilizzando un sistema di posizionamento integrato Loran-C/GPS; le ricostruzioni batimetriche sono state effettuate a scala 1:25.000.

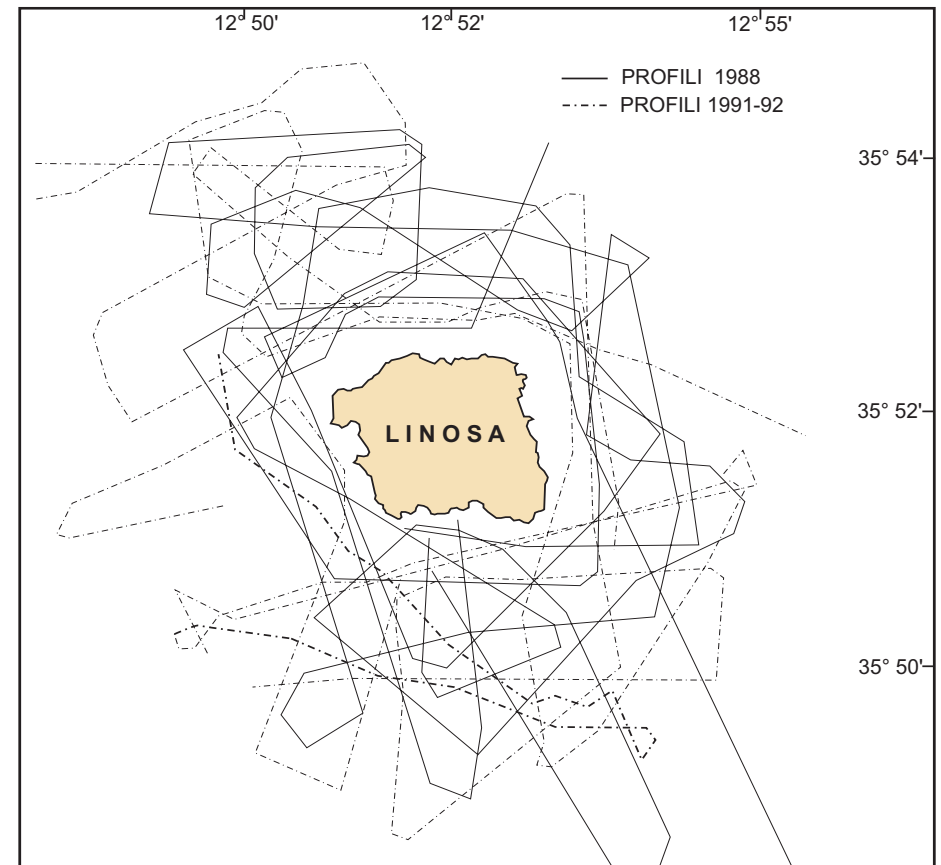
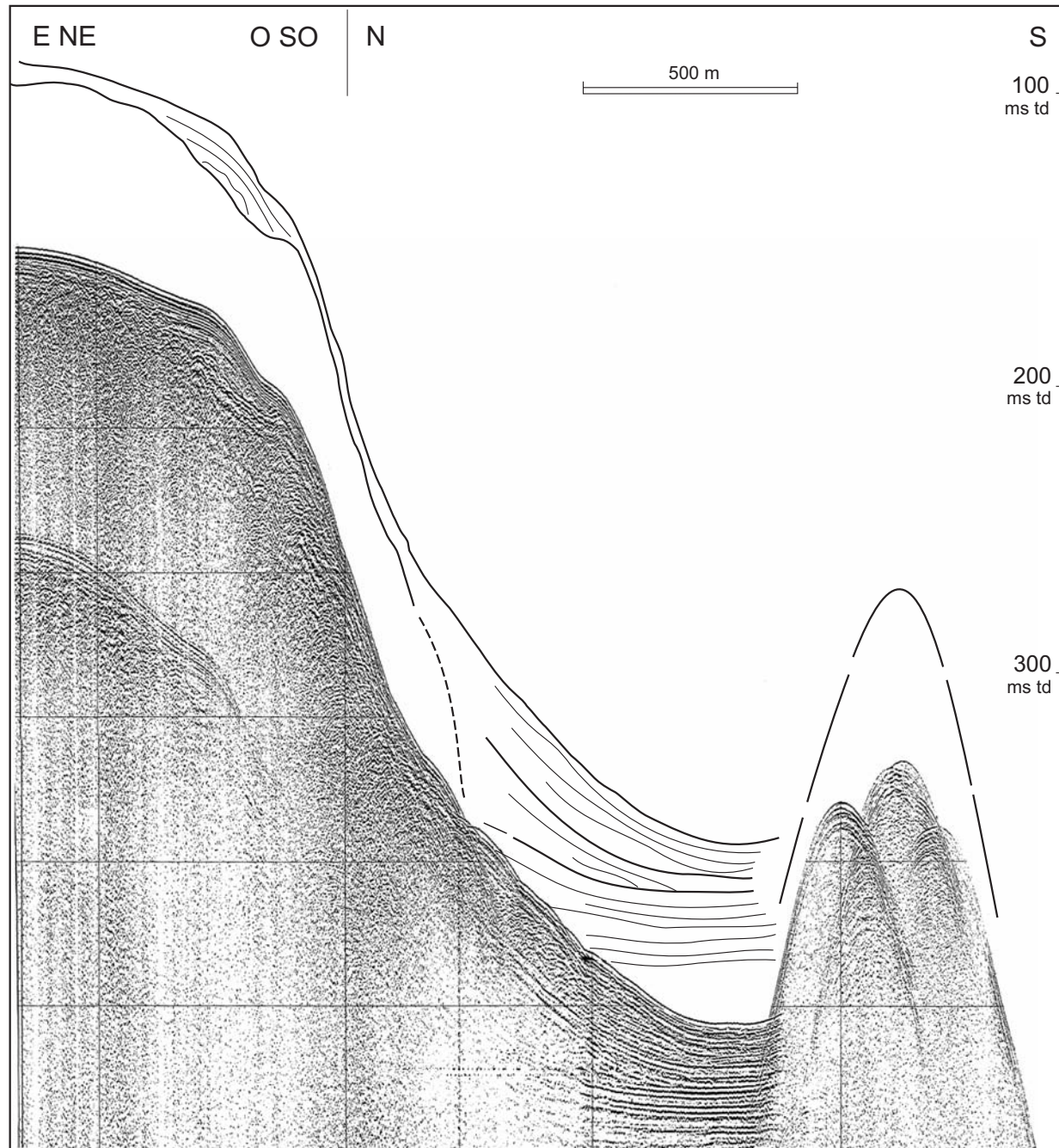


Fig. 3 - Tracce dei profili batimetrici e sismoacustici raccolti negli anni 1988 (Sub-bottom profiler 3.5 kHz; Sparker 500 J) e '91-92 (Sparker 1 kJ).



Da esse risulta che i fianchi sommersi del complesso di Linosa immergono ripidamente (pendenza media sui 15°) e con andamento articolato fino a circa 450-500 metri, profondità alla quale si situa la sua base e si depositano i sedimenti dell'area bacinale circostante (Fig. 2).

Locali rimobilizzazioni nella copertura sedimentaria si osservano di frequente sui ripidi versanti sommersi di Linosa (soprattutto lungo quelli sud-orientale ed occidentale); inoltre, un reticolo di canyon attivi è presente, con andamento circa radiale, attorno all'isola, dove costituisce una via preferenziale per il transito di sedimento verso la base del complesso vulcanico.

Dai fianchi sommersi del complesso si elevano alcuni rilievi a morfologia subconica di probabile origine eruttiva che rappresentano centri vulcanici secondari (Fig. 2); localmente questi delimitano piccole aree bacinali pensili (ad esempio nel settore sud-occidentale, Fig. 4). Attorno alla costa meridionale e nord-occidentale dell'isola sono state cartografate ampie aree di piattaforma di abrasione sommersa, estese fino a 2 km dalla costa, ad andamento suborizzontale e con ciglio erosivo posto a circa 110-115 metri di profondità (Fig. 2). Agli estremi NO e SE tali aree di piattaforma, che rappresentano probabilmente porzioni primordiali nello sviluppo del complesso vulcanico di Linosa, ora ampiamente smantellate dall'erosione marina, si raccordano con alcuni centri eruttivi minori.

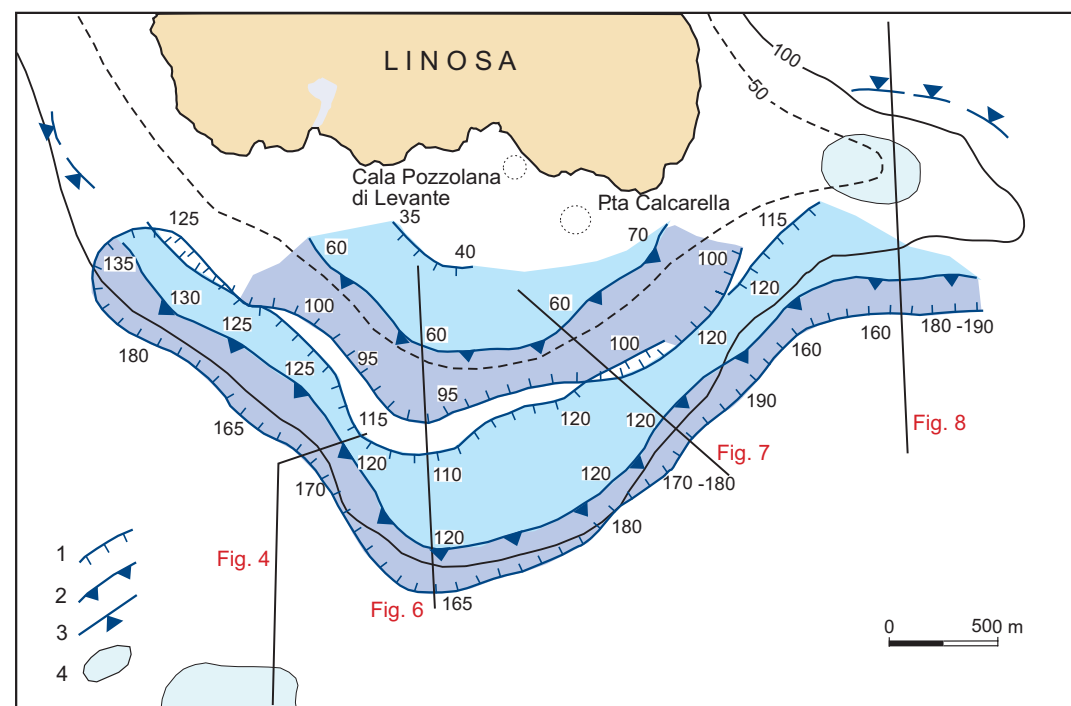
Terrazzi deposizionali sommersi (sotto forma di cunei progradazionali di spessore fino a 40 ms, cioè circa 30-35 metri) sono stati osservati e mappati in corrispondenza di tali aree di piattaforma di abrasione

Fig. 4 - Profilo Sparker 1 kJ del versante sud-occidentale di Linosa. Si osserva un terrazzo deposizionale presso il ciglio della piattaforma erosiva. Si tratta del terrazzo inferiore o esterno mappato lungo tutto il settore a sud dell'isola (Fig. 5). Più in profondità, la copertura sedimentaria non è in equilibrio lungo il ripido fianco del complesso vulcanico e dà luogo a fenomeni di instabilità superficiale, finché si raccoglie in un piccolo bacino pensile a profondità di circa 265-270 metri, arginato da un centro eruttivo secondario (la cui morfologia è in parte coperta da iperboli di diffrazione nel segnale acustico).

(Fig. 5 e 9, vedi Fig. 2 per la localizzazione), al di sopra e presso il ciglio delle quali si seguono con buona continuità laterale e marcata evidenza morfologica. In base all'analisi dei profili sismoacustici essi sono stati caratterizzati dal punto di vista della facies sismica, della struttura interna e dei principali parametri deposizionali, quali le profondità del ciglio esterno e dei limiti superiore ed inferiore del deposito. Non sono peraltro disponibili osservazioni dirette sulle litologie che costituiscono tali corpi progradanti, con ogni probabilità originati prevalentemente da depositi vulcanogenici a granulometria medio-grossolana, come sembra suggerire anche l'elevata inclinazione dei *foreset*.

L'andamento dei terrazzi nel settore meridionale, piuttosto regolare, segue quello della superficie suborizzontale della piattaforma di abrasione, al di sopra e

presso il ciglio della quale progradano. Il terrazzo superiore (Fig. 5) mostra, in pianta, un andamento semicircolare ed uno spessore di circa 40 ms. E' caratterizzato internamente da progradazione obliquo-sigmoidale, con tendenza all'aumento della pendenza dei *foreset* verso l'alto; il ciglio deposizionale, ben evidente morfologicamente (Fig. 6), è posto quasi costantemente a 45 m di profondità (60 ms). Per problemi legati all'avvicinamento della nave alla costa, il limite superiore del terrazzo è stato solo raramente osservato (ad una profondità di circa 25-30 metri), così come non sono state cartografate le sue chiusure laterali. Il limite inferiore varia da circa 70-75 metri nel settore centrale del terrazzo, mentre verso ovest ed est esso tende a progradare su un terrazzo sottostante, estendendosi fino a circa 90 metri di profondità.



Legenda: 1-limiti inferiore e superiore del deposito; 2-ciglio deposizionale; 3-ciglio erosivo; 4-centro eruttivo sottomarino

Fig. 5 - Nel settore meridionale del complesso vulcanico di Linosa è stato possibile mappare (valori in millisecondi) le profondità dei principali elementi morfologici e deposizionali di due terrazzi; essi si estendono per oltre 4 km, parallelamente alla costa dell'isola, secondo due fasce subparallele (per l'ubicazione del settore, si veda la Fig. 2). Presso la costa meridionale di Linosa è stata riportata l'ubicazione dei presunti centri eruttivi di Cala Pozzolana di Levante e Punta Calcarella (da LANZAFAME et alii, 1994).

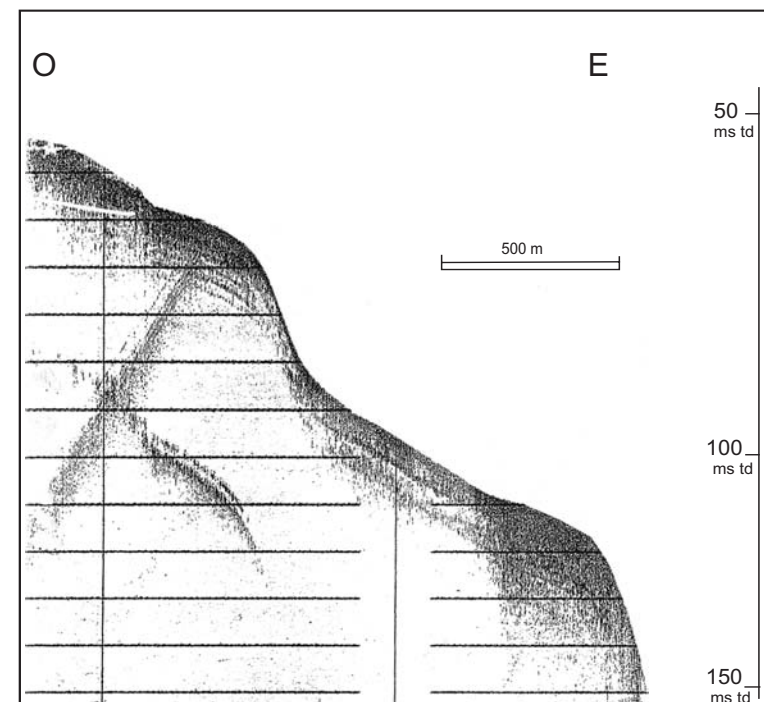


Fig. 6 - Profilo Sub-bottom 3.5 KHz dei due terrazzi deposizionali sommersi osservati a sud dell'isola. Entrambi i corpi progradanti hanno una espressione morfologica ben evidente e sono probabilmente costituiti da materiale clastico a granulometria media, come mostra la scarsa penetrazione del segnale acustico. L'ubicazione è in Fig. 5.

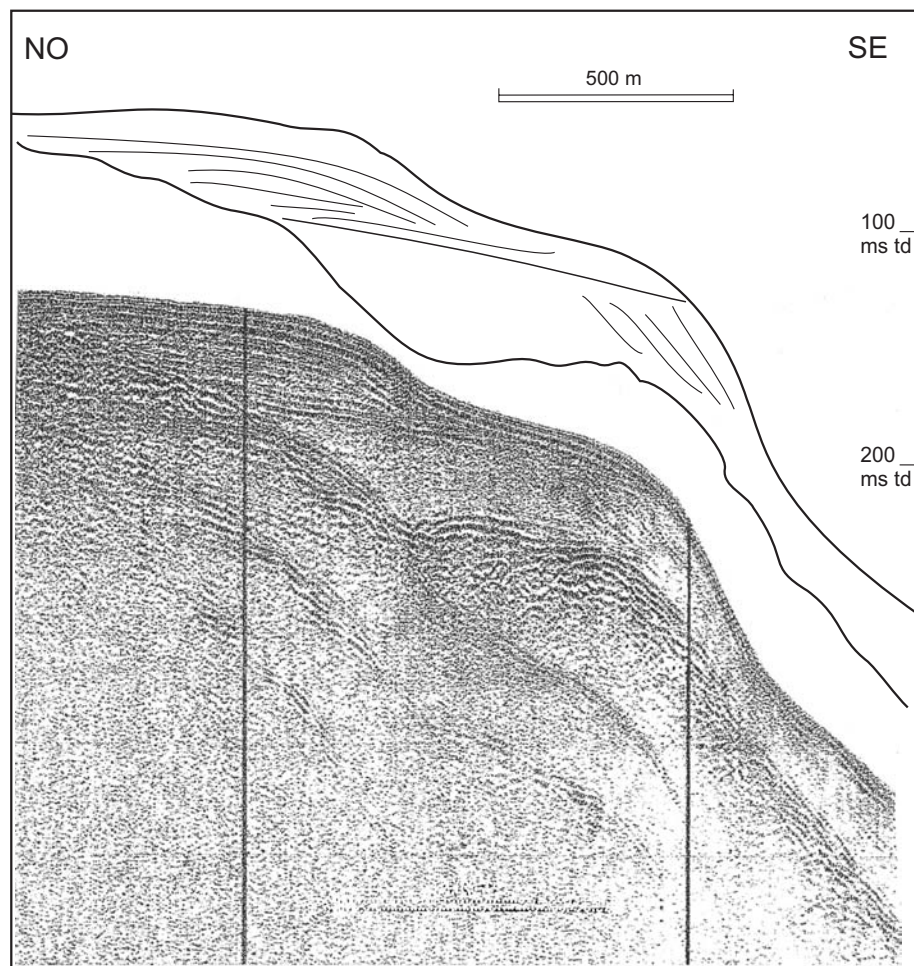


Fig. 7 - Profilo Sparker 500 J (ubicazione in Fig. 5). Il terrazzo superiore, più interno, si estende parzialmente sul terrazzo inferiore, che, nonostante non sia ben risolvibile sismicamente, appare caratterizzato da progradazione obliqua e da spessori particolarmente elevati, al punto che inferiormente è soggetto a fenomeni di instabilità gravitativa.

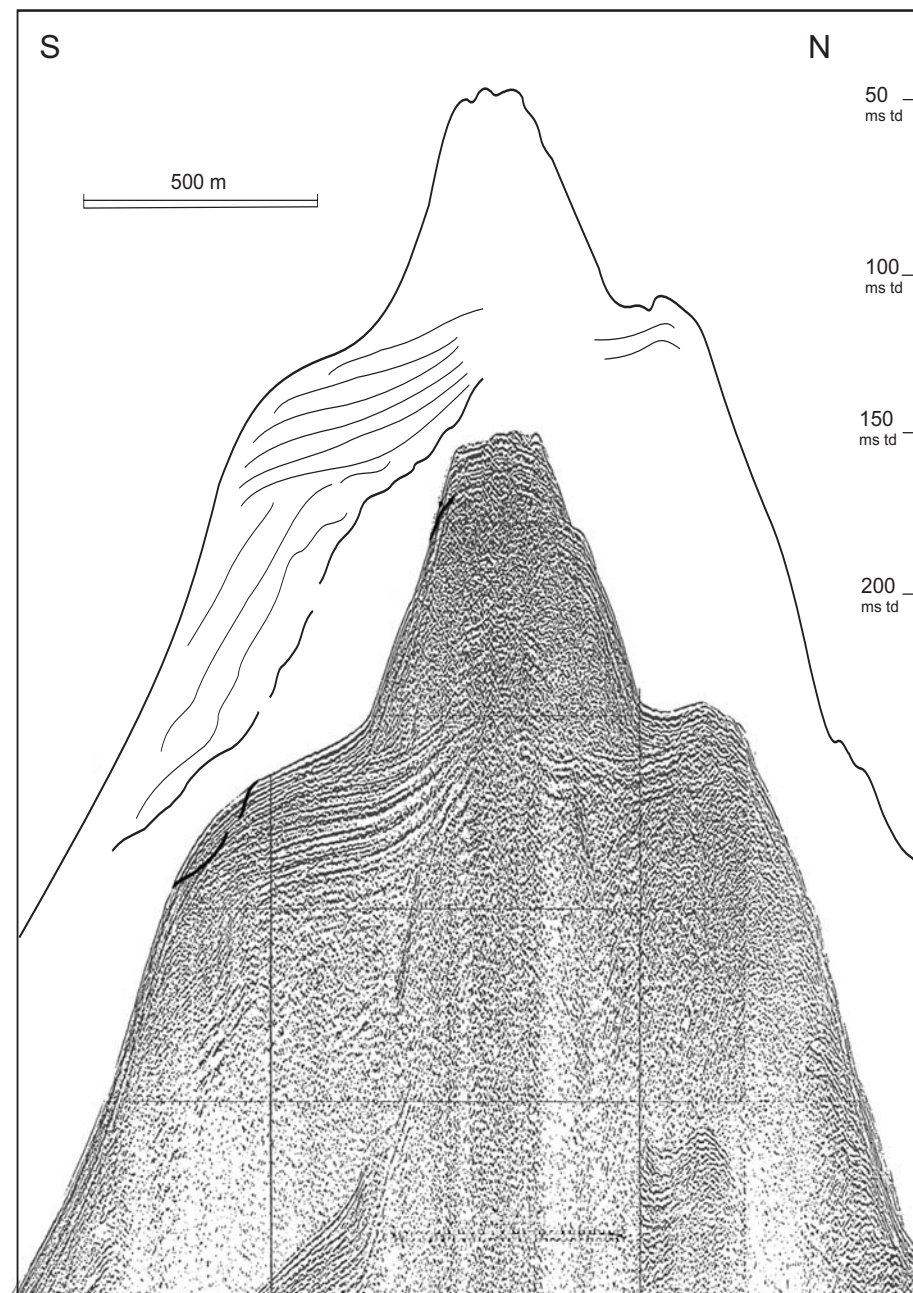


Fig. 8 - Profilo Sparker 1 kJ attraverso la cresta vulcanica posta a SE dell'isola di Linosa (ubicazione in Fig. 5). Un centro eruttivo secondario (acusticamente sordo) si eleva dalla piattaforma fino a circa 33 metri di profondità. Mentre verso nord il fianco vulcanico è interessato da un ciglio erosivo, verso il lato sud è presente il terrazzo deposizionale inferiore mappato a sud dell'Isola. Esso si estende con scarsa acclività al di sopra di un cuneo sedimentario discordante, sviluppato fino ad oltre 200 m di profondità (un ulteriore terrazzo?).

Il terrazzo deposizionale inferiore si sviluppa in prossimità del ciglio della piattaforma erosiva sottostante e si estende da circa 80-90 a 120-140 metri di profondità. Il suo ciglio deposizionale si trova mediamente a -90 metri nel settore centrale del terrazzo, tendendo ad approfondirsi di alcuni metri verso SO e SE. Lo spessore del terrazzo inferiore è dell'ordine dei 20-30 ms, ma può arrivare localmente fino a 40 ms; la struttura interna, ove riconoscibile dai profili sismici, appare progradante, con pendenza piuttosto elevata (Fig. 7). Verso ovest è stato possibile osservare la chiusura laterale del terrazzo, al di là della quale resta riconoscibile il ciglio erosivo della piattaforma di abrasione. Verso est, il terrazzo si estende lungo il lato meridionale di una cresta vulcanica allungata in direzione ENE-OSO, sviluppandosi sopra un ulteriore cuneo progradante più profondo (non mappato in figura). In questo settore si approfondisce sia il ciglio deposizionale (fino a -120 m) che la chiusura inferiore del deposito (fino a -140 m; Fig. 8).

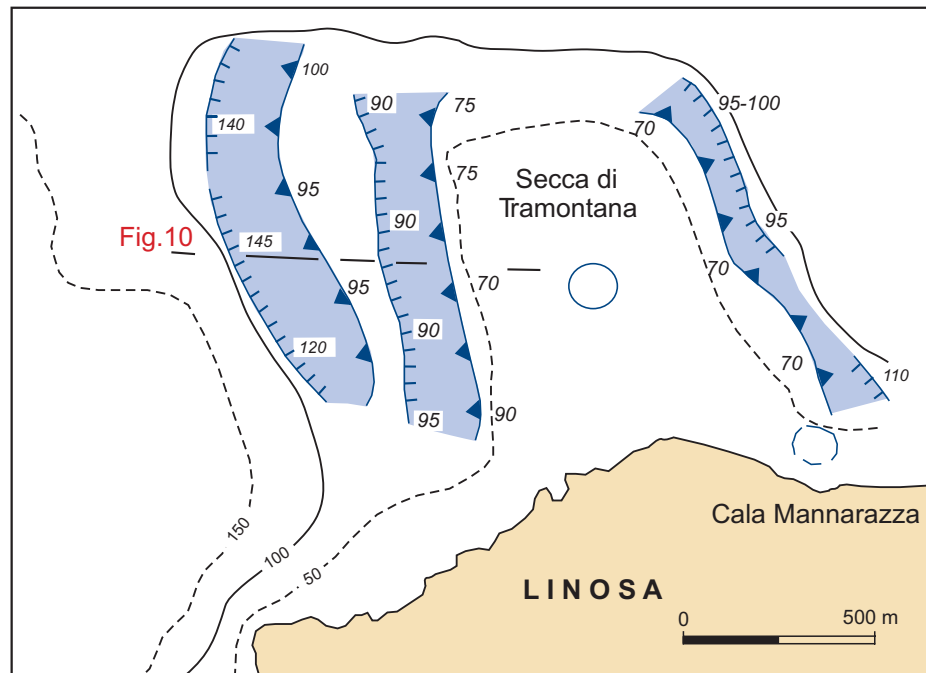


Fig. 9 - Nel settore al largo della costa settentrionale di Linosa, terrazzi deposizionali sono stati seguiti fino a circa 1 km da costa; in base ai profili disponibili non è stato possibile caratterizzarne la struttura interna, che appare genericamente progradante; tuttavia la mappatura dei principali parametri deposizionali si è potuta effettuare anche sulla base delle evidenze morfologiche (per la simbologia, vedi Fig. 5). E' stata indicata, infine, l'ubicazione dei presunti centri eruttivi di Cala Mannarazza e Secca di Tramontana (da LANZAFAME et alii, 1994).

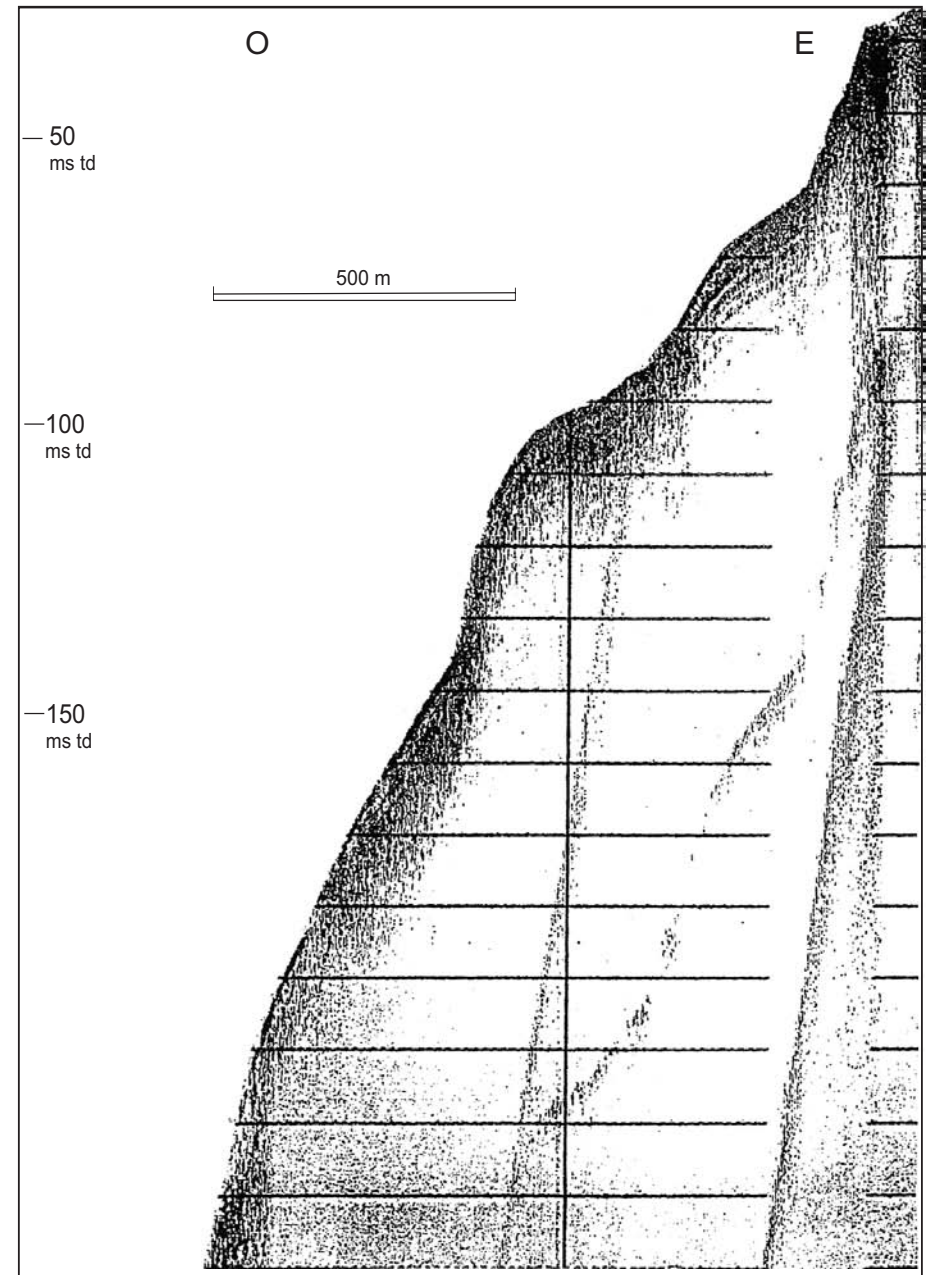


Fig. 10: Profilo Sub-bottom 3.5 kHz dei due terrazzi deposizionali osservati sul fianco occidentale della Secca di Tramontana, che qui mostrano evidenze morfologiche ben distinte.

Al largo della costa nord-occidentale di Linosa, terrazzi deposizionali sommersi si sviluppano ad entrambi i lati della Secca di Tramontana e ne seguono l'andamento allungato in direzione NO-SE (Fig. 9). Una chiara superficie erosiva costituisce la sommità subpianeggiante della Secca, rilevata ad una profondità di circa 25-33 m, mentre i fianchi della secca appaiono asimmetrici: quello orientale è piuttosto ripido e delimitato alla base da un canyon attivo (cfr. Fig. 2). Più esteso e meno acclive è il fianco occidentale, che verso NE si congiunge con alcune strutture vulcaniche minori.

Questo assetto si riflette nella distribuzione dei terrazzi deposizionali: su entrambi i lati della Secca, ben evidente morfologicamente, è riconoscibile un terrazzo deposizionale superiore, con ciglio mediamente a 70 ms (-52 m) e spessore dell'ordine dei 30 ms. Raramente si è osservato il limite superiore del terrazzo, probabilmente ubicato sui 35-40 m di profondità; il limite inferiore è stato mappato tra i 90 e i 100 ms (68-75 metri). Sul solo lato occidentale è stato poi mappato un ulteriore terrazzo deposizionale più profondo, con ciglio attorno ai 71-75 m e limite inferiore a 90-108 m (in graduale approfondimento verso il largo, Figg. 9 e 10). Verso costa, questo terrazzo tende a diventare coalescente col terrazzo deposizionale superiore e anche la sua espressione morfologica risulta meno evidente.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I dati disponibili sulle porzioni meno profonde del complesso vulcanico di Linosa hanno reso possibile l'individuazione e la mappatura di terrazzi deposizionali sommersi nei settori a nord-ovest e a sud dell'isola. Tali terrazzi, la cui geometria esterna cuneiforme è ben apprezzabile anche morfologicamente ed ha una buona continuità laterale, mostrano, nei profili sismici ad alta frequenza raccolti nell'area, una struttura interna progrediente.

In entrambi i settori è stato osservato un terrazzo deposizionale superiore, che si sviluppa a profondità comprese tra 25-30 e 90 metri circa ed ha un ciglio deposizionale posto mediamente a -45/52 metri.

In tutto il settore a sud dell'isola e a nord-ovest (lungo il lato occidentale della Secca di Tramontana) è presente, a profondità superiori a 70-80 metri, un ulteriore terrazzo deposizionale, su cui, localmente, progredisce il terrazzo superiore. I principali parametri deposizionali del terrazzo inferiore mostrano valori di profondità variabili nei due settori opposti rispetto all'isola, in quanto probabilmente condizionati dall'andamento morfologico del substrato sottostante.

Alcune considerazioni si possono fare per quanto riguarda la presenza (conservazione?) dei terrazzi deposizionali osservati, che sono generalmente ubicati in corrispondenza di superfici di abrasione preesistenti, relativamente ampie e poco

acclivi, delimitate da un ciglio erosivo posto mediamente a 150 ms di profondità (-112 m). Tali piattaforme costituiscono la principale asimmetria morfologica che interrompe l'andamento ad alto gradiente dei fianchi vulcanici e testimoniano l'azione di smantellamento operata dall'erosione marina in concomitanza con fluttuazioni del mare ad un livello più basso dell'attuale e/o con periodi di stasi nell'attività eruttiva, analogamente a quanto osservato su altri complessi vulcanici (CAS *et alii*, 1989; ROMAGNOLI, 1990; ROWLAND *et alii*, 1994; CHIOCCI & ROMAGNOLI, questo volume). Nel caso di Linosa, il termine delle principali manifestazioni vulcaniche subaeree è cronologicamente compatibile con diversi episodi di fluttuazione del livello marino avvenuti nel Pleistocene superiore; l'estensione verso mare mostrata dalle piattaforme di abrasione osservate suggerisce, peraltro, una origine policiclica anche ammettendo un tasso di arretramento della linea di costa elevato (per le lave basaltiche Hawaiiiane, quindi in regime oceanico, questo è stato stimato sui 5 cm/anno, in ROWLAND *et alii*, 1994).

A condizioni deposizionali presenti durante stazionamenti del livello relativo del mare a quote più basse dell'attuale ed alla conseguente rielaborazione di sedimento al margine ed al di sopra delle piattaforme di abrasione pre-esistenti, in fase di risalita del livello marino (come in seguito all'ultimo acme glaciale di circa 18 ka fa), è da attribuire la formazione dei terrazzi deposizionali osservati.

Va quindi evidenziato come le piattaforme di abrasione, oltre a registrare una fase dell'evoluzione morfologica del complesso vulcanico in cui i processi erosivi sono stati prevalenti su quelli costruttivi, svolgano un importante ruolo come aree di raccolta e stazionamento per i sedimenti vulcanoclastici, altrimenti soggetti a rimobilizzazioni gravitative lungo gli acclivi versanti sommersi ed, in gran parte, dislocati presso la base dell'edificio vulcanico. In particolare, la disponibilità di materiale vulcanogenico, rielaborato nei corpi deposizionali dei terrazzi osservati sui fondali di Linosa, è da mettere in relazione allo smantellamento dei *tuff-ring* piroclastici dei centri eruttivi di Cala Pozzolana di Levante, Punta Calcarella e Cala Mannarazza/Secca di Tramontana che, secondo lo studio delle provenienze dei depositi affioranti sull'isola, erano ubicati nei settori attualmente sommersi, rispettivamente a SE e NO dell'isola.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito con finanziamenti GNV-CNR. Un ringraziamento va all'equipaggio delle navi Minerva ed Urania per la collaborazione sempre dimostrata durante le campagne in mare ed ai colleghi N. Calanchi, G. Gabbianelli, P.L. Rossi e C. Tranne, che hanno partecipato alla acquisizione dei dati a bordo delle stesse navi.

BIBLIOGRAFIA

- ARGNANI A. (1993) - *Neogene Basins in the Strait of Sicily (Central Mediterranean): tectonic settings and geodynamic implications*. In: E. BOSCHI *et alii* (eds.) "Recent evolution and seismicity of the Mediterranean Region", pp. 173-187.
- BOCCALETTI M., CELLO G. & TORTORICI L. (1987) - *Transensional tectonics in the Sicily Channel*. J. Struct. Geol., **9**, 869-876.
- CALANCHI N., COLANTONI P., ROSSI P.L., SAITTA M. & SERRI G. (1989) - *The Strait of Sicily continental rift systems: physiography and petrochemistry of the submarine volcanic centres*. Marine Geology, **87**, 55-83.
- CAS R.A.F., LANDIS C.A. & FORDYCE R.E. (1989) - *A monogenetic, Surtla-type, Surtseyan volcano from the Eocene-Oligocene Waiareka-Deborah volcanics, Otago, New Zealand: a model*. Bull. Volcanol., **51**, 281-298.
- CHIOCCI F. & ROMAGNOLI C. - *Terrazzi deposizionali sommersi nelle Isole Eolie*. Questo volume.
- GRASSO G., LANZAFAME G., ROSSI P.L., SCHMINCKE H.U., TRANNE C.A., LAJOIE J. & LANTI E. (1991) *Volcanic evolution of the Island of Linosa, Strait of Sicily*. Mem. Soc. Geol. It., **47**, 509-525.
- JONGSMA D., VAN HINTE J.E. & WOODSIDE J.M. (1985) - *Geologic structure and neotectonics of the North African continental margin south of Sicily*. Marine and Petroleum Geology, **2**, 156-179.
- LANTI E., LANZAFAME G., ROSSI P.L., TRANNE C.A. & CALANCHI N. (1988) - *Vulkanesimo e tettonica nel Canale di Sicilia: l'isola di Linosa*. Miner. Petrogr. Acta, **31**, 69-93.
- LANZAFAME G., ROSSI P.L., TRANNE C.A. & LANTI E. (1994) - *Carta geologica dell'isola di Linosa. 1:5.000*. S.E.L.C.A., Firenze.
- ROMAGNOLI C. (1990) - *Caratterizzazione morfostrutturale e vulcanologica sottomarina delle Isole Eolie (Tirreno meridionale): ipotesi di stadi evolutivi dei complessi*. Tesi Dottorato Scienze della Terra, Bologna, 141 pp.
- ROSSI P.L., GABBIANELLI G., ROMAGNOLI C. & SERRI G. (1990) - *Ricerche di geologia marina nelle aree vulcaniche del Tirreno Meridionale e Canale di Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., **45**, 927-938.
- ROSSI P.L., TRANNE C.A., CALANCHI N. & LANTI E. (1996) - *Geology, stratigraphy and volcanological evolution of the island of Linosa (Sicily Channel)*. Acta Vulcanologica, **8** (1), 73-90.
- ROWLAND S.K., MUNRO D.C. & PEREZ-OVIEDO V. (1994) - *Volcan Ecuador, Galapagos Islands: erosion as possible mechanism for the generation of steep-sided basaltic volcanoes*. Bull. Volcanol., **56**, 271-283.

ZONA	LINOSA SUD	LINOSA SUD	LINOSA NORD-OVEST	LINOSA NORD-OVEST
Estensione parallela alla costa	4 km	5 km	1 km	1 km
Estensione perpendicolare alla costa	> 600 m	500-700 m	< 500 m	400-500 m
Spessore medio	30 m	20 m	22 m	15-20 m
Profondità di attacco	25-30 m	80-90 m	35- 40 (?) m	70-80 (?) m
Profondità del ciglio	45 m	90-120 m	48-56 m	71-75 m
Profondità della chiusura	70-90 m	120-140 m	68-80 m	98-108 m
Facies acustica	trasparente/clinostratificata	trasparente/clinostratificata	trasparente/clinostratificata	trasparente/clinostratificata
Max pendenza dei <i>foreset</i>	6°	12°		
Monociclo o evidenza di più cicli	monociclico	monociclico	monociclico	monociclico