

Analisi granulometriche, composizionali e distribuzioni di ^{210}Pb nei sedimenti di due carote indisturbate della piattaforma costiera antistante la foce dell'Entella

Gabriella Bartholini¹, Giovanni Girolimetti², Michele Tangherlini³

¹CNR ISEC, Via Pola, 4 71010 Lesina, Foggia

²ENEA Centro Ricerche Casaccia, Roma

³ENEA S. Teresa, Centro Ricerche Ambiente Marino, C.P.224, La Spezia

Riassunto

Nell'ambito di una serie di ricerche ambientali, condotte nell'area del Golfo del Tigullio e rivolte allo sviluppo di metodologie per una corretta gestione costiera, particolare rilevanza è stata data allo studio del "sistema Entella", considerato il principale fornitore di materiale sedimentario. In particolare si è cercato di comprendere l'evoluzione del sistema terra-mare utilizzando dati relativi alla tessitura, composizione e distribuzione di ^{210}Pb nei sedimenti della piattaforma costiera. Sono stati individuati due punti rappresentativi lungo la prosecuzione dell'asta fluviale in mare per esaminare i profili verticali dei parametri granulometrici, mineralogici e la distribuzione di radionuclidi naturali.

Introduzione

Questo lavoro si colloca nell'ambito degli studi di gestione costiera condotti nell'area sperimentale del Golfo del Tigullio. In particolare l'indagine è focalizzata sull'analisi dei processi sedimentari del torrente Entella attraverso l'osservazione del profilo verticale del ^{210}Pb , e delle distribuzioni mineralogiche e granulometriche dei sedimenti della piattaforma continentale. Per i differenti elementi naturalistici che lo caratterizzano e che lo rendono un ambiente di notevole importanza per la conservazione della biodiversità del Mediterraneo, il Golfo del Tigullio ha destato un grande interesse ecologico-ambientale, e la sua valorizzazione si è accresciuta nel 1999 quando, con Decreto del Ministero dell'Ambiente, è stata istituita l'Area Marina Protetta del Promontorio di Portofino (Fig.1).

Per quanto riguarda le criticità ambientali, è da notare che molti tratti del litorale sono, da lungo tempo, sottoposti a numerosi interventi di difesa della fascia costiera resi necessari per contrastare fenomeni erosivi in atto, incentivati dalla presenza dei porti turistici; questo è particolarmente evidente nella zona di Chiavari, dove sono presenti barriere parallele ed oblique alla linea di riva, e a Lavagna e Cavi dove sono stati costruiti numerosi pennelli. In seguito ad un rilievo sismostratigrafico, svolto con l'obiettivo di seguire l'evoluzione del sistema fluviale in piattaforma

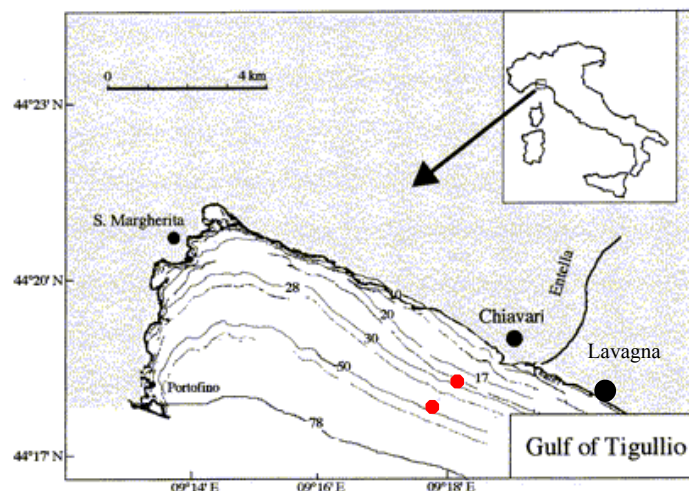


Fig.1. Area di studio e stazioni di campionamento: 30m Entella 2; 50m Entella 1

negli ultimi 20.000 anni, e ad un campionamento dei sedimenti superficiali, finalizzato ad una caratterizzazione tessiturale e compositiva della piattaforma antistante la foce dell'Entella (Corradi *et al.*, 2003; Barsanti *et al.*, 2003), sono stati individuati due punti rappresentativi lungo la prosecuzione dell'asta fluviale in mare, a 50 m e a 30m. Su entrambe le stazioni, al fine di seguire il sistema Entella nella sua evoluzione terra-mare, è stato eseguito un carotaggio indisturbato ed è stata analizzata la distribuzione verticale dei parametri granulometrici, mineralogici e del Pb210.

Area di studio

Il Golfo del Tigullio, situato nel Mar Ligure orientale (Mediterraneo Nord-Occidentale), si colloca geograficamente tra il promontorio di Portofino e la Punta di Sestri Levante.

E' caratterizzato da un litorale di tipo misto: coste alte e rocciose si estendono ad occidente e ad oriente, rispettivamente dal promontorio di Portofino fino ad ovest di Chiavari, e alla punta di Sestri Levante presso l'estremità di Cavi; mentre, nel settore centrale, tra Chiavari e Cavi, si colloca la spiaggia alluvionale del torrente Entella.

Dal punto di vista geologico si possono distinguere tre tipi di formazione: le propaggini calcareo-marnose del monte Antola dal lato orientale del promontorio di Portofino fino a ponente di Chiavari; le ardesie della Val di Lavagna, intervallate da formazioni costituite da alternanze di argille e calcari marnosi, tra cui si riconoscono alcuni affioramenti ofiolitici, sia a Chiavari che a Lavagna; e infine, le arenarie del Monte Zatta a Sestri Levante.

Il principale corso d'acqua della zona è rappresentato dal torrente Entella, formato dalla confluenza dei torrenti Lavagna, Sturla e Graveglia. Esso separa i centri abitati di Chiavari e Lavagna e rappresenta, dopo il Magra, il secondo fiume della Liguria per ampiezza del bacino imbrifero, circa 370 Km², e per portata, circa 30 m³/sec (poco prima della foce). In periodi di piena può superare i 450 m³/sec.

Dal punto di vista idrodinamico, il moto ondoso nell'intero golfo è legato ai venti meridionali di Scirocco e di Libeccio, che toccano punte di massima energia sui contrafforti meridionali del promontorio di Portofino e sul tratto di litorale situato tra Chiavari e Lavagna.

La circolazione all'interno del Golfo risente fortemente del generale circuito ligure (Morri *et al.*, 1986), secondo il quale le masse d'acqua superficiali ed intermedie si muovono in senso antiorario, nella zona compresa tra la riviera italo-francese e le coste nord-occidentali della Corsica (Dagnino *et al.*, 1990). In condizioni perduranti di tempo non perturbato il circuito ciclonico viene sostituito da aree a sviluppo anticiclonico, risentendo dell'influenza della circolazione atlantica (Dagnino & Farneti, 1980)

All'interno del Golfo, gli effetti del vortice ciclonico possono risentire di una variabilità stagionale. In inverno e in condizioni meteorologiche stabili (alta pressione e assenza di venti) il circuito ciclonico è avvertibile soprattutto quando si intensifica notevolmente la circolazione costiera e si origina una corrente diretta verso ponente. In estate, invece, il vento prevalente, proveniente da SW, genera *longshore currents* dirette verso Est, determinando un flusso anticiclonico superficiale diretto verso Levante.

Da molti anni il tratto di litorale compreso tra punta Chiappe (circa 1 Km ad ovest di Chiavari) e la Punta di Sestri Levante è soggetto a un forte processo erosivo, manifestatosi per la prima volta in epoca napoleonica in seguito ad una arginatura dell'Entella per la costruzione della strada litoranea e successivamente incentivato dalla presenza dei porti turistici di Chiavari e Lavagna, costruiti rispettivamente in foce destra e sinistra del torrente Entella.

I numerosi interventi di difesa della fascia costiera, atti ad arginare il problema si sono dimostrati, per lo più inadeguati e oggi il litorale appare suddiviso, a distanza più o meno regolare, da difese perpendicolari alla riva di dimensioni differenti tra loro. L'area in esame risulta quindi costituita da piccole e medie celle litorali, delimitate da due pennelli successivi,

entro le quali il sedimento grossolano, che si sposta parallelamente alla linea di costa (soprattutto verso Est) durante le mareggiate, rimane confinato. (Cortemiglia 1979, Corradi *et. al.*, 2003)

Campionamento e Metodologie

I campioni sono stati prelevati mediante carotiere indisturbato SW 104 (Foto 1); i punti di prelievo corrispondono alle stazioni:

Entella 1: 50m, Lat 45° 17.523' N Long 09° 18.637' E;

Entella 2: 30m, Lat 44° 17.888' N Long 13° 07.567' E.



Foto 1. Carotiere "SW-104"
(da: Magagnoli et al. 1995)

Le carote sono state sezionate longitudinalmente (Foto 2-3), ed è stata effettuata una serie di osservazioni di alcuni caratteri: colore, ossidazione, granulometria, frammenti organici. Per permettere l'esecuzione di analisi mineralogiche e granulometriche e determinare l'attività dei radionuclidi, le carote sono state divise longitudinalmente in due parti e ognuna in intervalli diversi. La carota Entella 1 è stata sezionata a intervalli di due centimetri fino alla profondità di 10 cm, quindi ogni 5 cm fino alla profondità di 50 cm, per le analisi granulometriche e mineralogiche; mentre, per valutare l'attività del ^{210}Pb , è stata sezionata tutta ad intervalli di 2 cm. La carota Entella 2 è stata sezionata a intervalli di 2 cm per analizzare la componente mineralogica e granulometrica e ad intervalli di 1 cm, fino alla profondità di 30 cm, e di 2 cm, dai 30 cm al fondo, per le misure di radioisotopi.



Foto 2. Sezione longitudinale della carota Entella 1 – prof: 50 m.



Foto 3. Sezione longitudinale della carota Entella 2 – prof: 30 m.

Per le analisi granulometriche e mineralogiche, tutti i campioni sono stati sottoposti al seguente trattamento: lavaggi con acqua deionizzata per una parziale eliminazione dei sali marini presenti; essiccamento in forno, a 80°C e successiva quartatura. Per eseguire le analisi granulometriche la frazione di sedimento compresa fra 2 mm e 63 micron è stata setacciata mediante batteria di setacci della serie del $\frac{1}{2} \phi$, la frazione minore di 63 micron è stata analizzata mediante Sedigrafo (Micromeritics Sedigraph 5000ET). I dati granulometrici sono stati elaborati con il programma Sedim. I sedimenti sono quindi stati classificati secondo il diagramma di Shepard e sono stati determinati i parametri granulometrici: Mz, dimensione media; So, classamento; Sk, asimmetria; Kg, appuntimento.

Le analisi mineralogiche sono state effettuate, presso i laboratori dell' ENEA Centro Ricerche della Casaccia, mediante diffrattometria RX sul campione medio per la determinazione dei componenti fondamentali e sulla frazione minore di 2 micron per i componenti argillosi; per l'identificazione dei minerali argillosi sono stati eseguiti trattamenti e successivamente esaminati: il campione orientato naturale, il riscaldato 550° e il glycolato. In letteratura sono riportate differenti metodologie per il calcolo della composizione mineralogica quantitativa; in questo contributo è adottato il procedimento di Laviano R. (1987).

Per le misure di ^{210}Pb , i campioni sono stati tenuti in stufa a 45°C fino al raggiungimento di un peso costante, e poi raccolti in una geometria standardizzata per poter eseguire le analisi con un Rivelatore g al germanio iperpuro (HPGe) (30-60% efficienza relativa, 2KeV di risoluzione).

Risultati e discussione

Dati granulometrici

Il regime fluviale e l'idrodinamismo del golfo sono responsabili della presenza e delle oscillazioni negli andamenti delle componenti tessiturali nell'area in esame. La distribuzione granulometrica (Fig.2, Tab.1) mostra, infatti, una composizione prevalentemente siltosa nella stazione a 30 m, e argillo-siltosa in corrispondenza della stazione localizzata sulla batimetria dei 50 m, come effetto dell'energetica fluviale. La frazione sabbiosa, rilevante nella sola Entella 2, anche se in percentuale minore rispetto alla siltosa, evidenzia dei punti di massimo intorno ai 5 e ai 30 cm, e un minimo, particolarmente evidente, intorno ai 20 cm; da notare che la frazione sabbiosa è quasi del tutto assente in Entella 1 indicando che gli apporti del Torrente Entella hanno influenzato la piattaforma antistante la foce fino alla batimetria dei 30 m.

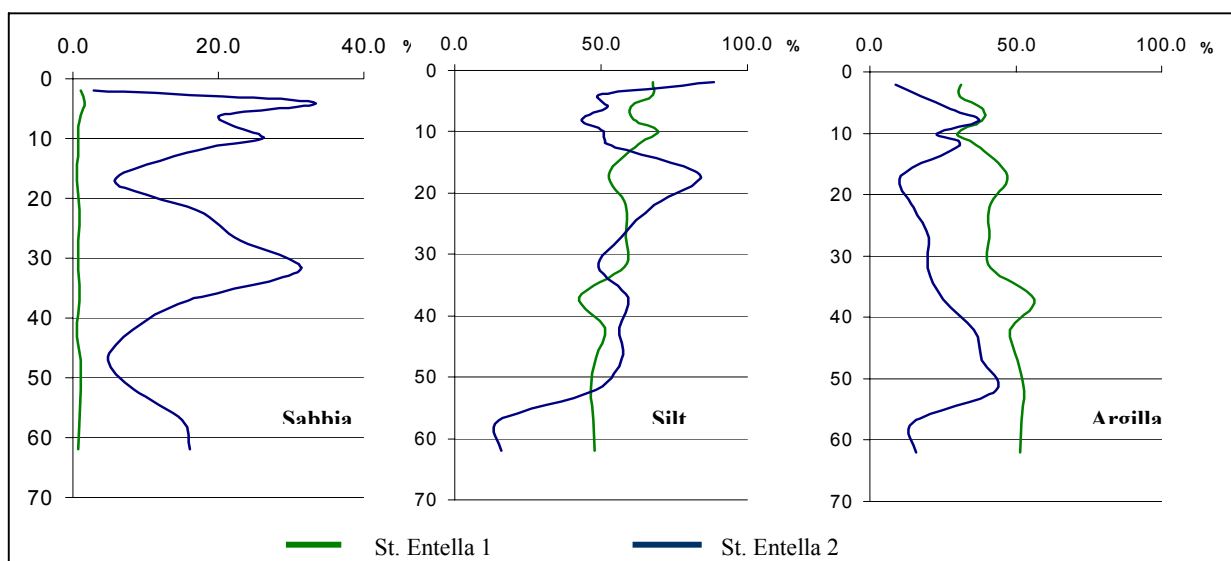


Fig. 2. Profili verticali granulometrici nella Stazione Entella 1 ed Entella 2

Dati mineralogici

I componenti mineralogici determinati per il campione medio sono: quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, calcite, muscovite/illite, clorite, serpentino. Gli andamenti percentuali dei diversi componenti mineralogici nel campione medio sono riportati in figura 3 e tabelle 2 – 3, quelli relativi alla frazione < 2 µm in figura 4 e tabelle 4 - 5.

Nella stazione posta sulla batimetrica dei 50 m, si osserva un andamento omogeneo per tutti i minerali identificati, mostrando ancora una volta l'assenza di un effetto apprezzabile del trasporto fluviale.

Nella carota prelevata sui 30 m (Fig. 3), sia il k-feldspato che il plagioclasio non mostrano punti di particolare rilievo a differenza della componente quarzosa e del serpentino, che oltre a presentare percentuali maggiori mostrano dei massimi intorno ai 10 e ai 30 cm. Ciò indica un apporto di sedimenti fluviali costante, interrotto sporadicamente e rilevante solo nell'area più costiera. Da studi condotti (Barsanti *et al.* 2003,), la presenza del serpentino in piattaforma evidenzia il contributo sia degli apporti fluviali dell'Entella sia dei materiali provenienti dai numerosi interventi di ripascimento effettuati dagli anni 80 ad oggi contributo che si esaurisce entro la batimetrica dei 30 m.

La frazione argillosa inferiore ai 2 µm (Fig. 4) si mostra equamente suddivisa tra clorite e muscovite/illite in entrambe le carote analizzate. Essendo questi considerati traccianti naturali della direzione del trasporto per sospensione, (Barsanti *et al.* 2003) la loro presenza indica che entro i 50 m non si rileva un differenza rilevante nella deposizione del materiale fine sospeso.

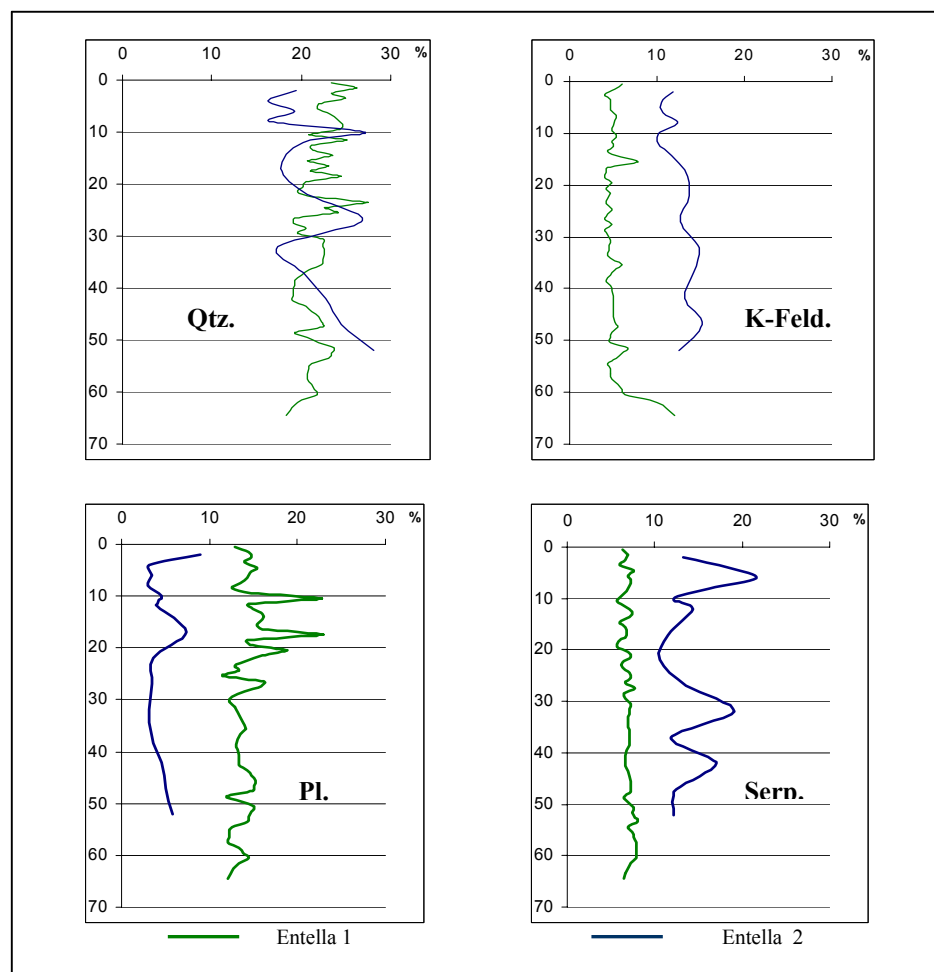


Fig. 3. Profili verticali del quarzo (Qtz.), feldspato potassico (K-Feld), plagioclasio (Pl.) e del serpentino (Serp). Campione medio.

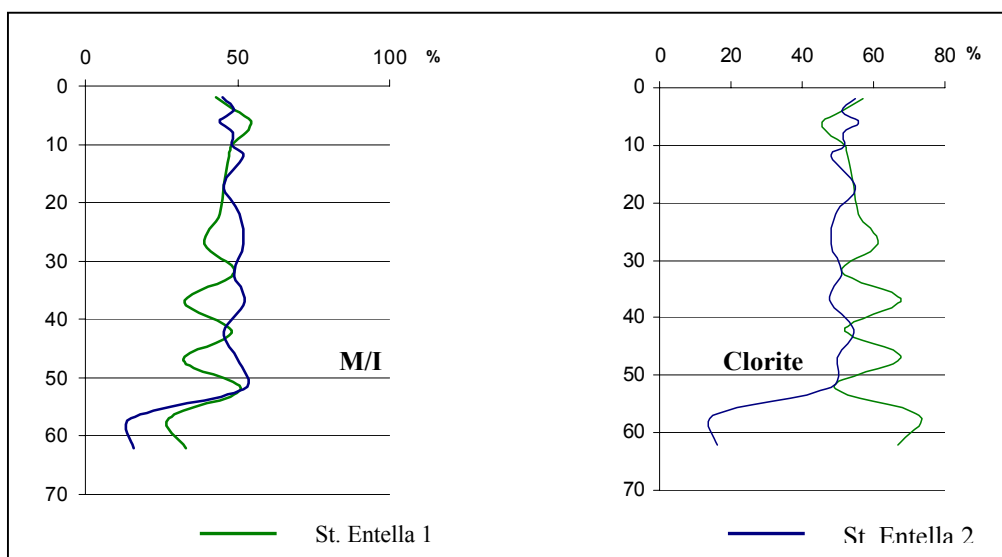


Fig. 4. Profili verticali mineralogici della frazione dimensionale $< 2\mu\text{m}$ della muscovite (M), illite (I) e della clorite

Dati radiometrici

Sugli strati della carota Entella 1 è stata misurata la quantità di ^{210}Pb al fine di determinare la distribuzione di $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (tab. 6) tramite la quale è stato calcolato il tasso di sedimentazione dell'area di studio.

La fonte di ^{210}Pb per l'ambiente marino è l'atmosfera (Lalou, 1982), dove viene prodotto dal decadimento del ^{222}Rn , attraverso una serie di radionuclidi con semiperiodo molto breve (< 1 ora). In acqua di mare, il piombo si associa rapidamente al articolato sospeso e seguendone il destino, si deposita nei sedimenti. Nei sedimenti, quindi, oltre alla frazione di ^{210}Pb derivante dal decadimento dei suoi precursori della serie radioattiva primordiale presenti nella matrice, si trova un "eccesso" di ^{210}Pb che deriva dal processo di sedimentazione delle particelle, a cui si è associata una parte del piombo di origine atmosferica.

La distribuzione verticale dell'eccesso di ^{210}Pb nella colonna sedimentaria è controllata dalle modalità di sedimentazione e dal decadimento fisico. Dall'analisi del profilo verticale di questo radionuclide nei sedimenti è possibile quindi valutare la velocità di sedimentazione (Koide *et al.*, 1972). Poiché l'emivita del ^{210}Pb è di 22 anni, il metodo è applicabile allo studio di processi con scale temporali inferiori ai 100 anni.

Dato l'andamento esponenziale del profilo verticale di $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ (fig. 5), si è scelto di applicare il modello Constant Flux - Constant Sedimentation (CF CS) che assume che sia il flusso di ^{210}Pb all'interfaccia sedimento- acqua, sia la velocità di sedimentazione siano costanti. Il rateo di accumulo di sedimento risulta essere di circa $0.31 \text{ g cm}^{-2} \text{ y}^{-1}$ per gli ultimi 100 anni.

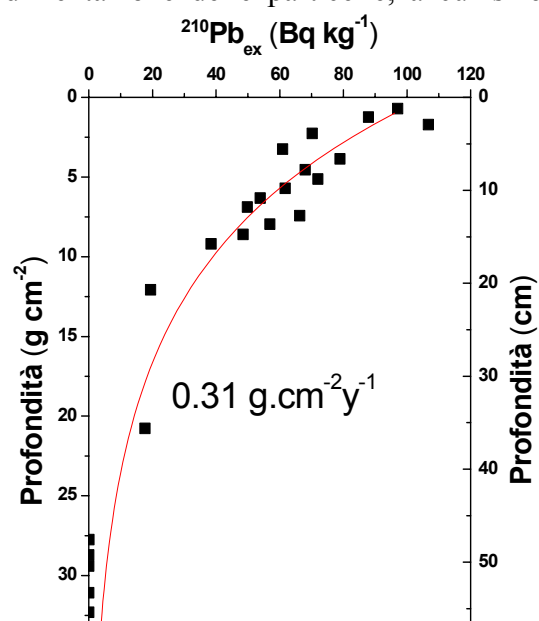


Fig. 5. Profilo verticale del $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$

In base all'analisi effettuate è possibile ipotizzare che gli apporti del torrente Entella hanno influenzato la piattaforma antistante la foce fino alla batimetrica dei 30 m, come è possibile desumere dalla presenza nella carota Entella 2 di sedimenti sabbiosi e di componenti mineralogici come il serpentino; nell'area più profonda (Entella 1), la sedimentazione appare più regolare e pressoché costante.

Bibliografia

- Barsanti M., Delbono I., Ferretti O., Zaquini M., Setti M., 2003 - Caratterizzazione della piattaforma costiera antistante la foce dell'Entella tramite parametri mineralogici e granulometrici. *ENEA "Il Golfo del Tigullio – Liguria orientale. Avanzamento degli Studi per la creazione di Strumenti della Gestione Costiera"*.108
- Cochran J.K., 1985 - Particle mixing rates in sediments of the eastern equatorial Pacific: evidence from Pb210, Pu239,240, and Cs137 distributions at MANOP sites. *Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 49: 1195-1210*.
- Cortemiglia G.C., 1979 - Caratteristiche correntometriche della surf zone di un tratto del litorale di Lavagna (Liguria Orientale). *Atti Conv. Naz. per la difesa del litorale di Chiavari, Lavagna e Sestri Levante dall'erosione marina*.77-101.
- Corradi N., Delbono I., Barsanti M., Morgigni M., Ferretti O., 2003 - Caratteri morfologici, sedimentologici ed evoluzione del litorale compreso fra Chiavari e Sestri Levante (Liguria orientale). *ENEA "Il Golfo del Tigullio – Liguria orientale. Avanzamento degli Studi per la creazione di Strumenti della Gestione Costiera"*.
- Corradi N., Zaquini M., Ferretti O., 2003 - Interpretazione sismostratigrafica della piattaforma costiera antistante la foce dell'Entella. *ENEA "Il Golfo del Tigullio – Liguria orientale. Avanzamento degli Studi per la creazione di Strumenti della Gestione Costiera"*.
- Koide M., Soutar A. & Goldberg E.D., 1972 - Marine Geochronology with Pb-210. *Earth Placet, Sci. Lett. 14, 442-446*.
- Lalou C., 1982. Sediments and sedimentation processes. *In: Uranium series disequilibrium, Ivanovich and Harmon editori, Clarendon Press, Oxford, UK, 384-406*.
- Laviano R., 1987 - Analisi mineralogica quantitativa di argilla mediante diffrazione di raggi X. *Procedure di analisi di materiali argillosi. pp 215*
- Magagnoli A., Mengoli M. (1995) - Carotiere a gravità ""SW-104"". 45 pp." *Rapporto tecnico C.N.R. Istituto di Geologia Marina di Bologna*.
- Setti M., Ferretti O., Immordino F., 1996 - Mineralogia e tessitura dei sedimenti in funzione dei caratteri geomorfologici nella piattaforma continentale della Baia di Carini (Sicilia nord-occidentale). *Atti del 11° Congresso della Associazione Italiana di oceanologia e limnologia. pp 523*

Tab. 1. Parametri granulometrici nelle stazioni di campionamento Entella 1 (E1) ed Entella 2(E2)

Sigla	Prof. (cm)	Peso (g)	Sabbia %	Silt %	Argilla %
E1 0-2	2	47,31	1,025	67,79	31,18
E1 2-4	4	37,99	1,55	67,64	30,81
E1 4-6	6	39,65	1,10	60,13	38,76
E1 6-8	8	38,37	0,63	60,92	38,45
E1 8-10	10	37,04	0,63	69,41	29,96
E1 10-12	12	46,05	0,78	62,82	36,397
E1 15-17	17	45,41	0,57	52,46	46,97
E1 20-22	22	49,22	0,84	58,29	40,86
E1 25-27	27	33,74	0,68	58,39	40,93
E1 30-32	32	46,22	0,76	57,85	41,39
E1 35-37	37	53,44	0,97	42,54	56,58
E1 40-42	42	44,31	0,54	51,48	47,98
E1 45-47	47	38,94	1,11	48,20	50,69
E1 50-52	52	37,04	1,01	46,26	52,73
E1 55-57	57	64,67	0,96	47,29	51,77
E1 60-62	62	45,35	0,63	47,94	51,43

Sigla	Prof. (cm)	Peso (g)	Sabbia %	Silt %	Argilla %
E2 0-2	2	22,95	2,88	88,33	8,78
E2 2-4	4	28,26	33,10	49,08	17,82
E2 4-6	6	29,74	20,41	51,99	27,59
E2 6-8	8	37,02	22,27	43,15	37,33
E2 8-10	10	28,20	26,01	50,94	23,05
E2 10-12	12	40,58	17,07	52,09	30,84
E2 15-17	17	33,80	5,75	83,78	10,47
E2 20-22	22	45,85	17,04	67,95	15,01
E2 25-27	27	56,45	22,97	56,89	20,13
E2 30-32	32	58,46	31,27	49,04	19,69
E2 35-37	37	46,31	15,82	59,48	24,96
E2 40-42	42	40,23	8,22	56,27	35,51
E2 45-47	47	37,78	4,74	56,96	38,29
E2 50-52	52	63,93	8,47	48,29	43,24

Tab 2. Parametri mineralogici del Campione totale - Entella 1 (Qtz=quarzo; K-Feld=feldspato potassico; Pl=plagioclasio; Ser=serpentino; M-illite=muscovite e illite; Cal=calcite; Prof. = valore medio dell'intervallo di un centimetro)

Prof. (cm)	Qtz.%	K-Feld %	Pl. %	Ser. %	M-Illite%	Cal. %	Clorite %
0,5	23.37	6.03	12.81	6.28	14.07	21.11	16.33
1,5	26.23	5.25	14.43	6.89	10.16	23.61	13.44
2,5	23.32	4.02	14.75	6.7	11.8	23.59	15.82
3,5	25	4.74	13.95	6.05	11.32	24.74	14.21
4,5	21.93	4.72	15.33	7.55	10.85	21.23	18.4
5,5	21.74	4.6	14.58	6.91	17.65	20.46	14.07
6,5	23.24	5.33	14.29	7.26	12.11	22.03	15.74
8,5	24.66	4.93	12.6	6.85	13.15	22.74	15.07
9,5	24.26	4.85	14.82	6.2	12.13	23.18	14.56
10,5	20.92	5.29	22.76	5.75	10.57	22.07	12.64
11,5	25.07	4.9	14.41	6.63	12.1	23.92	12.97
12,5	21.15	5.06	14.94	7.36	13.1	21.84	16.55
13,5	21.3	4.35	16.09	7.17	14.13	19.78	17.17
14,5	23.5	5.76	16.07	6	11.75	22.06	14.87
15,5	20.76	7.81	15.4	6.7	14.29	18.53	16.52
16,5	23.1	4.31	15.99	6.85	13.96	19.29	16.5
17,5	21.02	4.16	22.86	6.7	12.93	16.4	15.94
18,5	24.49	4.08	14.29	5.83	9.62	21.87	19.83
19,5	20.57	4.88	14.65	5.66	13.11	18.25	22.88
20,5	20.17	4.25	18.9	7.01	13.8	18.9	16.99
21,5	19.51	4.66	15.96	7.32	13.97	21.06	17.52
22,5	21.33	4.31	14.26	6.36	10.87	18.05	24.82
23,5	27.4	4.11	12.88	6.3	10.41	19.18	19.73
24,5	22.67	4.77	13.37	7.16	9.79	19.81	22.43
25,5	23.93	4.28	11.5	7.22	11.23	20.19	21.66
26,5	19.21	3.97	16.11	6.62	10.82	18.98	24.28
27,5	19.08	4.82	15.93	7.76	15.09	18.87	18.45
28,5	20.47	3.95	13.95	6.51	11.4	21.4	22.33
29,5	19.54	4.37	12.64	6.67	12.64	17.7	26.44
30,5	22.44	4.74	12.22	7.23	10.72	19.7	22.94
33,5	22.54	4.4	13.47	6.99	15.03	20.73	16.84
35,5	22.19	6.01	14.1	7.05	11.49	17.49	21.67
38,5	19.34	4.25	12.97	7.08	13.44	14.15	28.77
42,5	19.08	5.04	13.38	6.58	13.6	12.5	29.82
45,5	21.9	5.05	15.16	7.22	11.67	13.72	25.27
47,5	22.49	5.42	14.91	7.32	14.63	17.07	18.16
48,5	19.33	4.77	11.93	6.44	15.75	14.32	27.45
50,5	21.89	4.59	15.14	7.57	14.86	19.19	16.76
51,5	23.75	6.69	14.72	7.36	15.72	14.05	17.73
53,5	23.08	5.41	14.25	7.98	15.67	12.54	21.08
54,5	21.08	4.37	12.6	6.94	16.2	8.74	30.08
57,5	20.61	4.82	12.06	7.89	14.25	9.21	31.14
60,5	21.77	6.31	14.51	7.89	17.98	11.36	20.19
64,5	18.37	12.04	12.04	6.53	13.47	8.37	29.18

Tab 3. Parametri mineralogici del Campione totale - Entella 2 (Qtz=quarzo; K-Feld=feldspato potassico; Pl=plagioclasio; Ser=serpentino; M-illite=muscovite e illite; Cal=calcite).

Prof. (cm)	Qtz. %	K-Feld %	Pl. %	Ser. %	M-Illite %	Cal. %	Clorite %
0-2	19.40	11.76	8.87	13.21	21,46	5.47	19.81
2-4	16.24	10.48	3.09	18.46	26,15	5.46	20.11
4-6	19.19	10.64	3.39	21.61	26,29	6.29	12.58
6-8	16.58	12.36	2.97	16.27	28,48	5.79	17.53
8-10	27.19	10.19	4.53	12.18	19,83	6.52	19.55
10-12	20.24	10.22	4.13	14.34	23,77	6.48	20.82
15-17	17.68	13.09	7.31	11.56	28,57	6.12	15.65
20-22	20.62	13.68	3.66	10.59	30,84	5.78	14.84
25-27	26.81	12.58	3.49	13.52	24,71	5.82	13.05
30-32	17.44	14.78	3.16	19.10	30,23	6.64	8.64
35-37	20.28	14.17	3.38	11.77	30,53	7.63	12.21
49-42	22.75	13.19	4.55	17.06	29,35	7.51	5.57
45-47	24.40	15.12	5.04	12.46	28,65	7.16	7.16
50-52	28.18	12.43	5.80	12.15	26,79	7.46	7.18

Tab 4. Parametri mineralogici del Campione < 2 μ m – Entella 1

Depth (cm)	% M/I	% Clorite
0-2	43	57
2-4	52	48
4-6	55	45
6-8	53	47
8-10	48	52
10-12	47	53
20-22	44	56
25-27	39	61
30-32	49	51
35-37	33	67
40-42	48	52
45-47	32	68
50-52	51	49
55-57	27	73
60-62	33	67

Tab 5. Parametri mineralogici del Campione < 2 μ m – Entella 2

Depth (cm)	% M/I	% Clorite
0-2	45	55
2-4	49	51
4-6	44	56
6-8	49	51
8-10	48	52
10-12	52	48
15-17	45	55
20-22	51	49
25-27	52	48
30-32	49	51
35-37	52	48
40-42	46	54
45-47	50	50
50-52	52	48

Tab 6. Entella 1 (Prof. = valore medio dell'intervallo di un centimetro)

Prof. (cm)	Porosità	Prof.mass (g/cm ²)	Pb-210 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)
0,5	0,69	0,70	140,065	13,062
1,5	0,74	1,24	132,463	12,647
2,5	0,77	1,71	132,544	13,360
3,5	0,74	2,27	118,796	11,882
4,5	0,77	2,75	63,875	11,718
5,5	0,76	3,25	107,960	11,493
6,5	0,72	3,85	104,482	12,607
7,5	0,70	4,55	93,242	10,804
8,5	0,74	5,12	97,123	11,362
9,5	0,73	5,70	87,015	11,267
10,5	0,72	6,32	78,119	11,329
11,5	0,75	6,88	72,782	10,442
12,5	0,73	7,42	94,212	10,617
13,5	0,75	7,95	80,384	10,242
14,5	0,71	8,60	73,348	9,604
15,5	0,73	9,19	62,269	0,473
16,5	0,73	9,77	53,333	0,473
17,5	0,75	10,31	48,865	0,473
18,5	0,72	10,93	46,631	0,473
19,5	0,73	11,51	45,514	0,473
20,5	0,74	20,78	44,397	0,000
35,5	0,77	23,23	46,200	0,000
39,5	0,72	26,61	27,062	0,000
45,5	0,73	27,75	121,900	0,000
50,5	0,75	28,72	44,250	0,000
53,5	0,72	29,40	41,690	0,000
55,5	0,71	31,08	22,430	0,000
56,5	0,76	32,95	29,987	0,000