



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Strategie di campionamento e analisi per la caratterizzazione tessiturale di depositi di sabbie relitte a fini di ripascimento

Francesco Falese[°], Giovanni Gaglianone, Chiara Adami[°], Francesco Latino Chiocci^{*°}*

**Università La Sapienza, [°]CNR-Ist. Geologia Ambientale e Geingegneria, Roma*



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

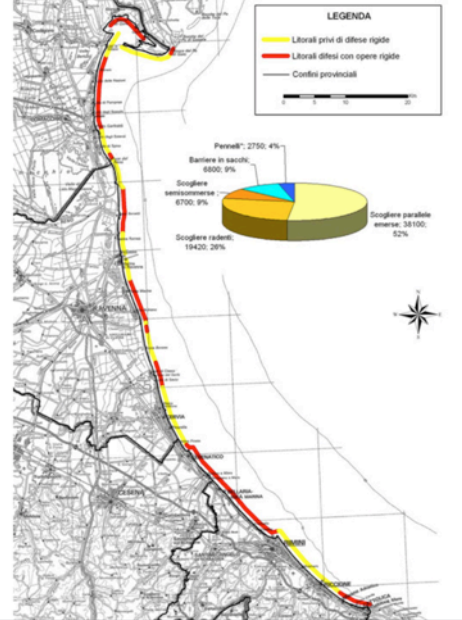
EROSIONE DEI LITORALI

I principali tratti di litorale con beni esposti a potenziale rischio di erosione costiera



Litorale emiliano-romagnolo

Indicazione delle opere difensive e loro tipologia.





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



PROBLEMI DI GESTIONE DELLA RISORSA

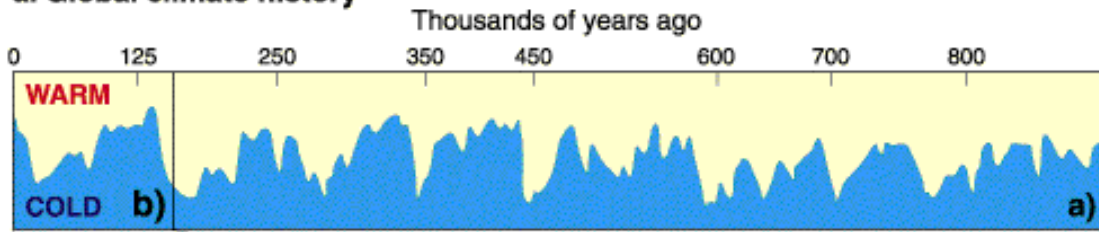
I depositi sabbiosi marini relitti sono “generalmente” compatibili granulometricamente e mineralogicamente con i litorali attuali (non tutti, non sempre).

I depositi sabbiosi marini relitti hanno spesso volumi da decine a migliaia di milioni di m³, la loro coltivazione ha meno problemi di impatto ambientale e infrastrutturale rispetto ai terrestri, la proprietà è generalmente pubblica.

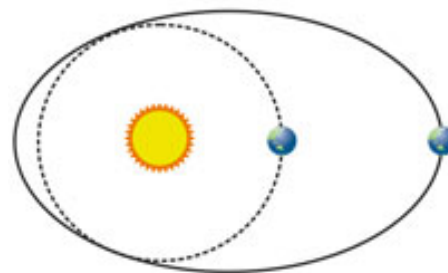
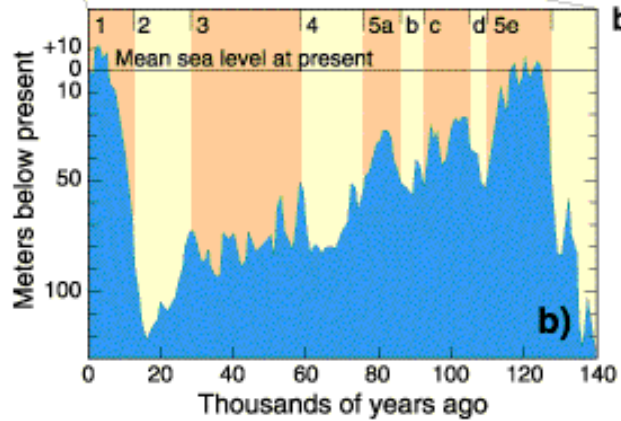
La conoscenza delle risorse di sabbie relitte (risorsa non rinnovabile) sulla piattaforma continentale può essere dirimente nell'impostare politiche di mitigazione del rischio da erosione costiera a livello regionale/nazionale.



a. Global climate history



b. Late Quaternary sea-level history



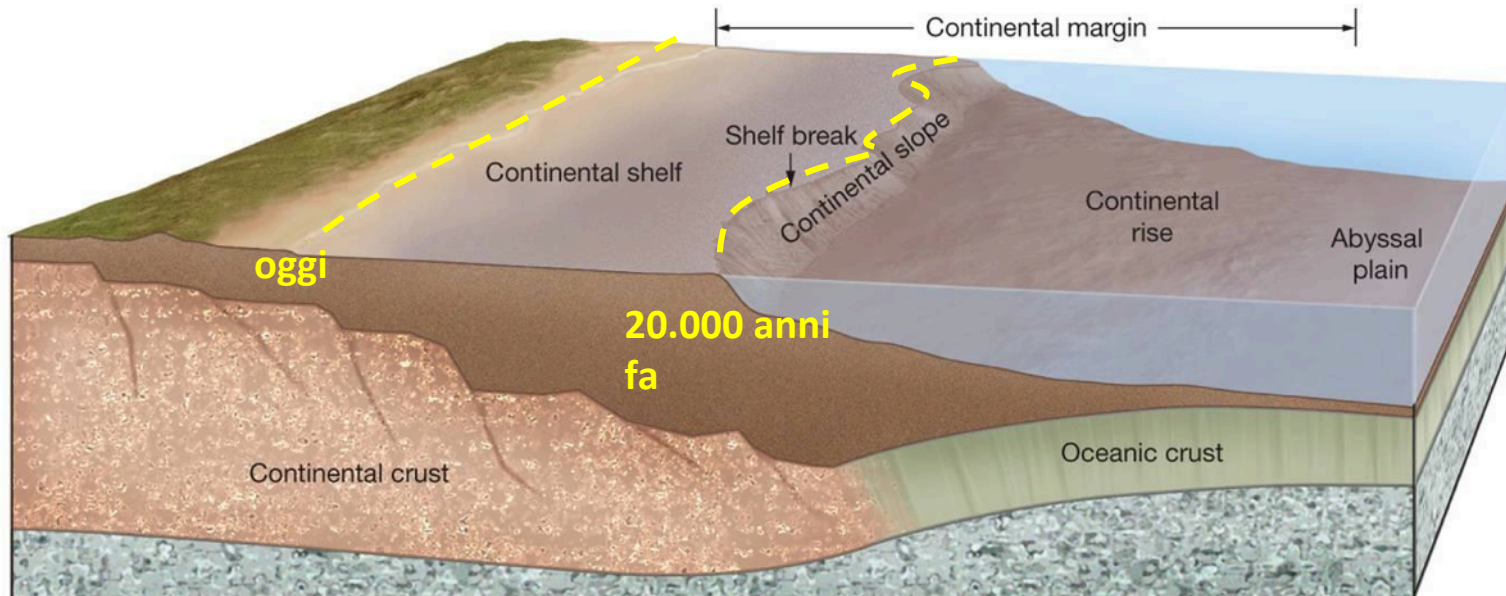
Eccentricity

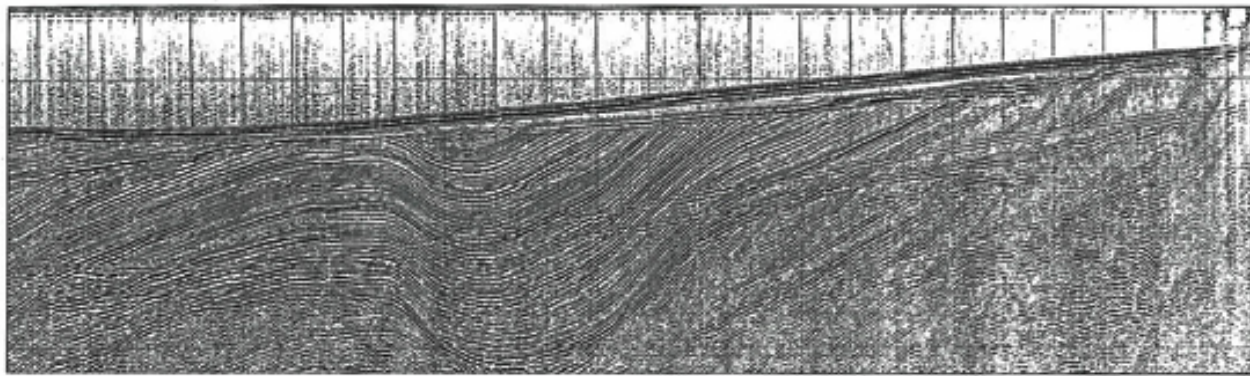


Obliquity

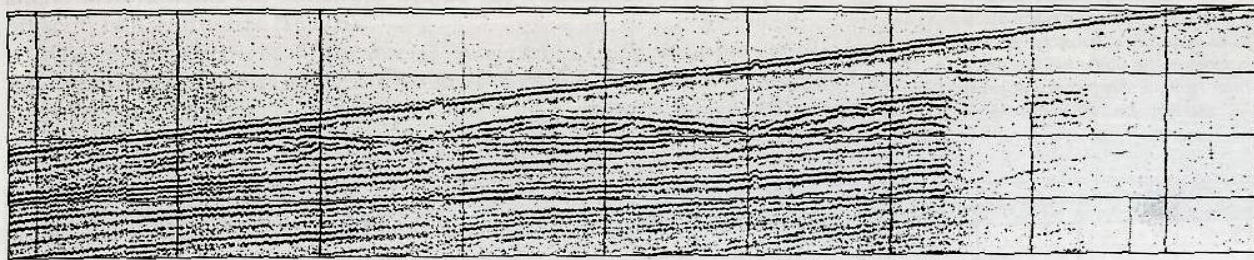
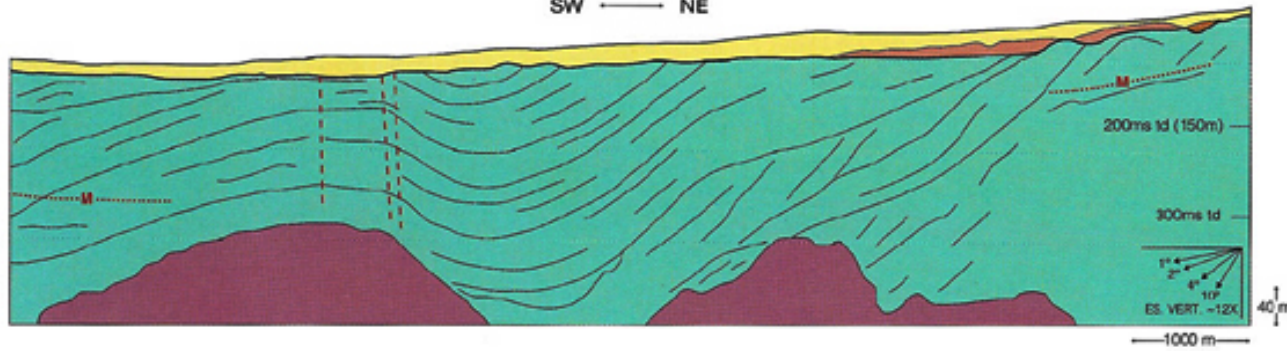


Precession

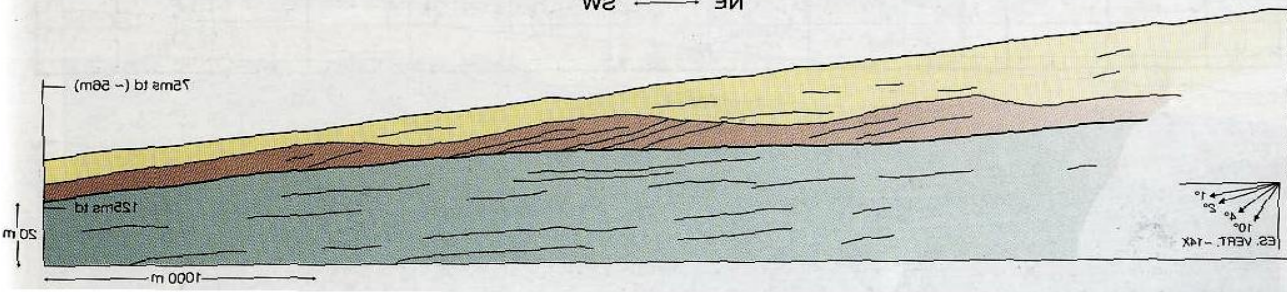




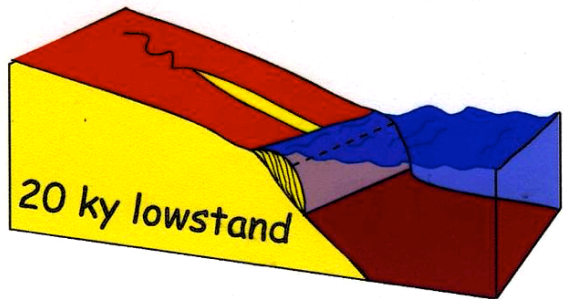
SW — NE



SW — NE



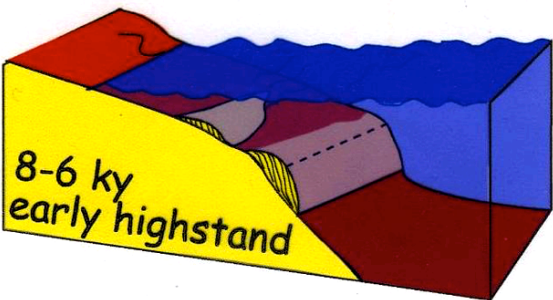
genesis of the main sand bodies on the continental shelf over last 20,000 years



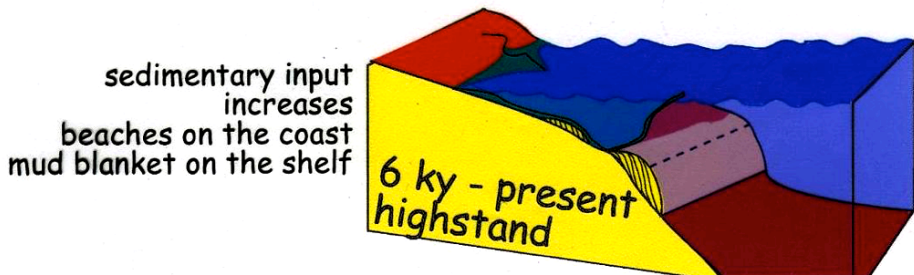
20 ky lowstand
 max glacial expansion
 minimum sea level
 beaches at shelf edge
 fluvial valley scours
 the shelf



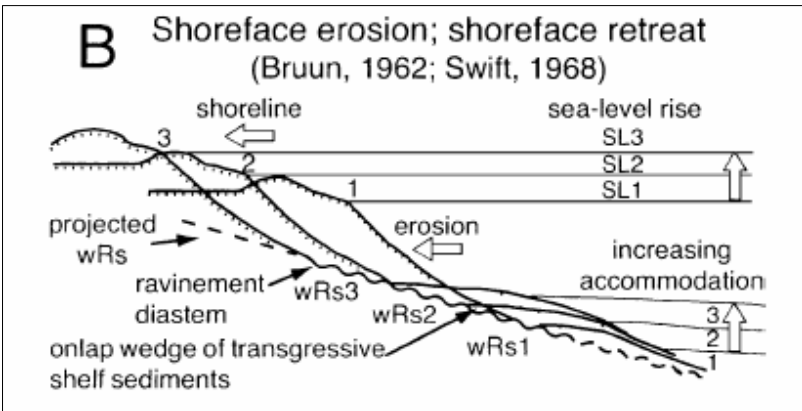
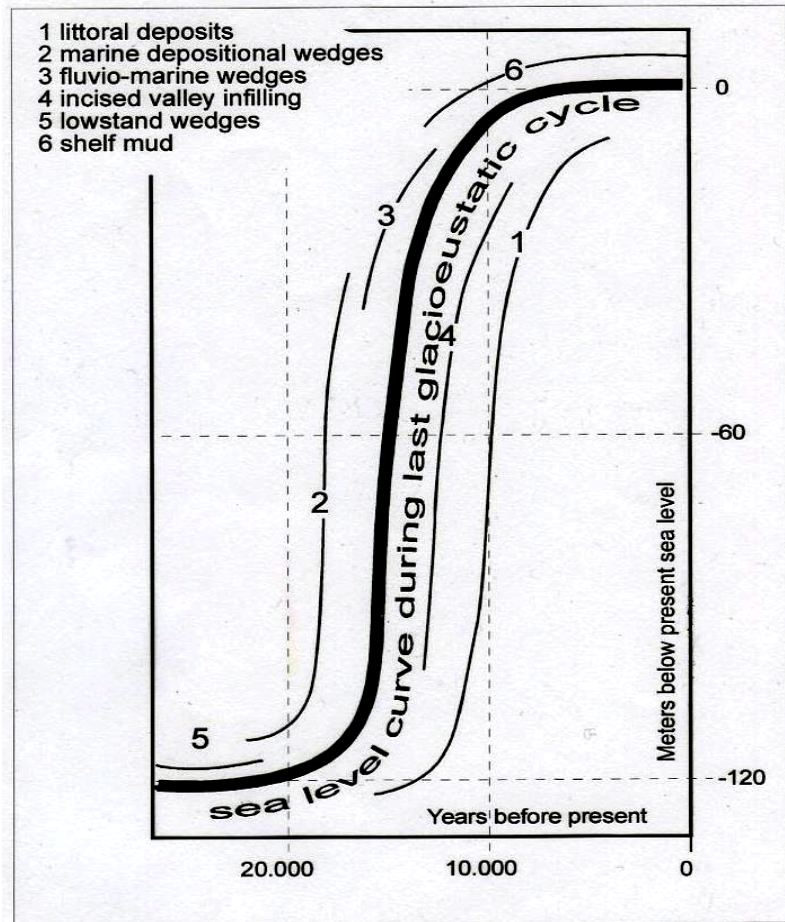
18-8 ky sea level rise
 glacial melting
 fast sea level rise (1m/ky)
 beaches on the shelf (rare)
 valley flattened and buried

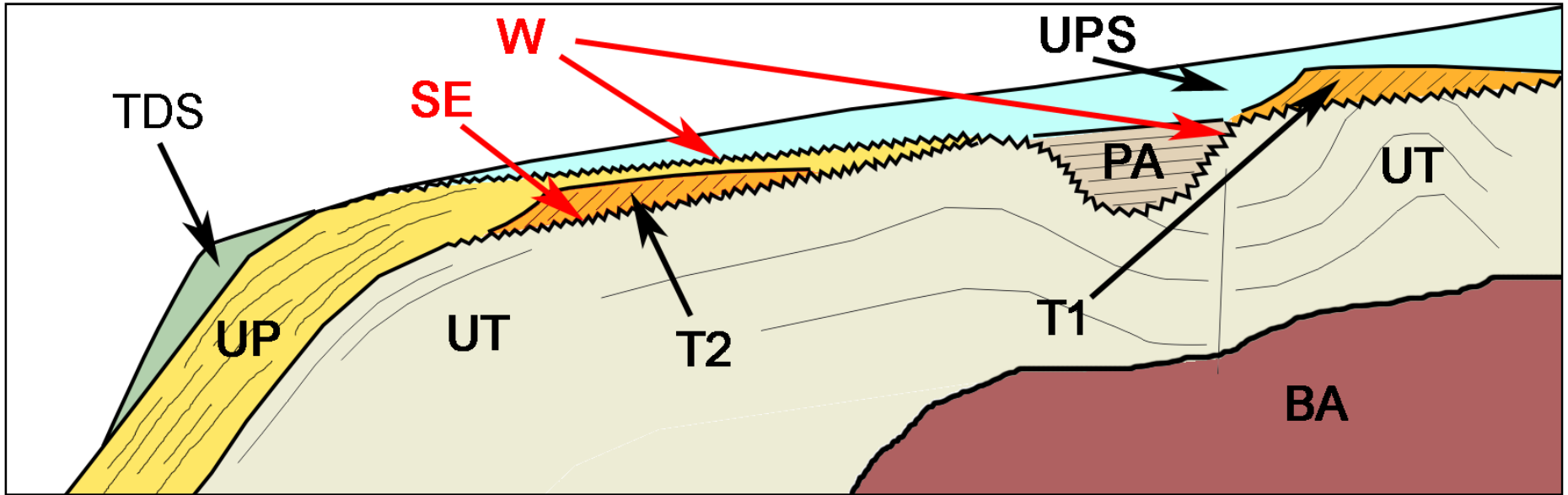


8-6 ky early highstand
 end of glacial melting
 sea level stabilizes
 starved shelf
 present-day environments
 establish

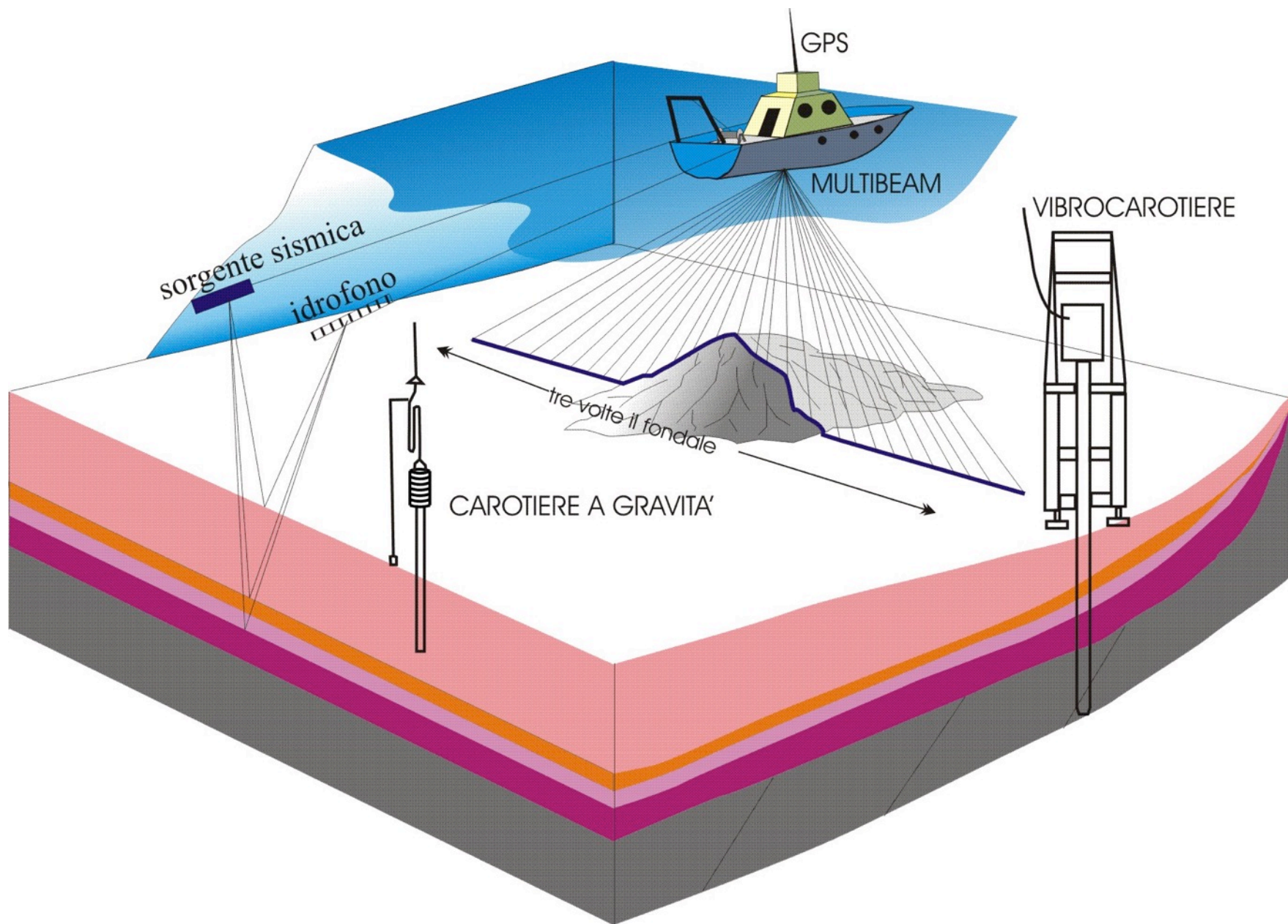


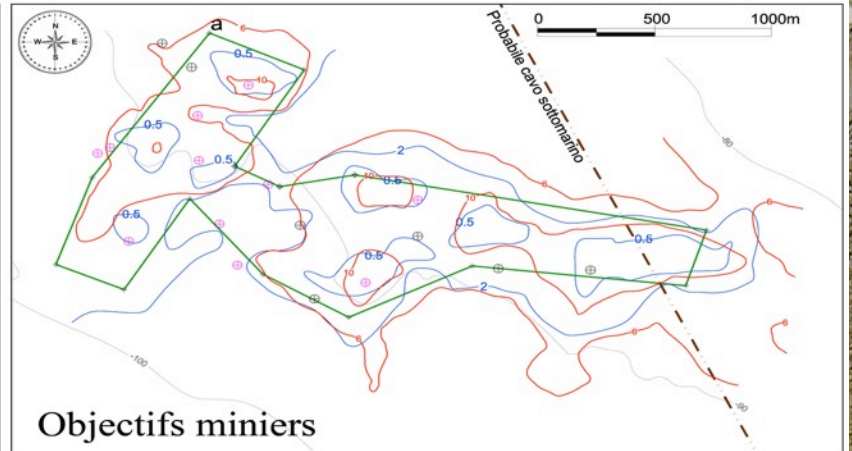
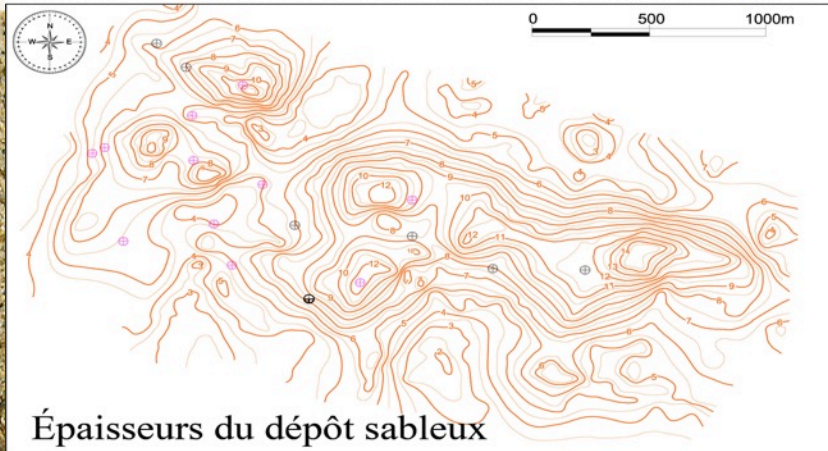
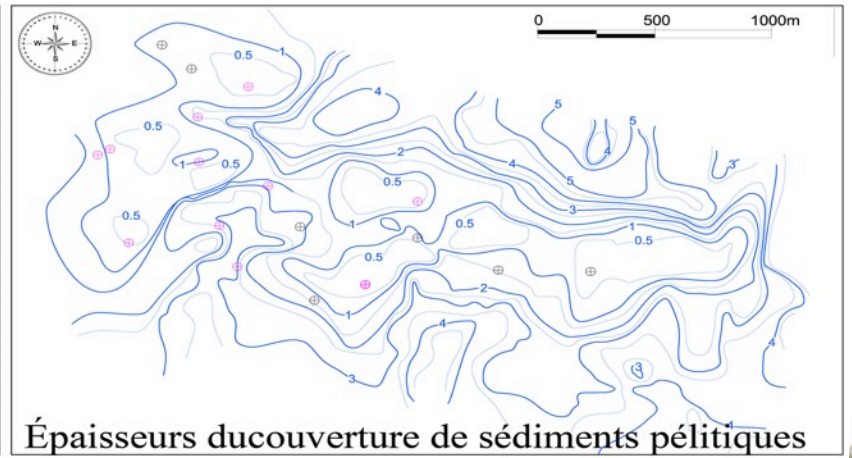
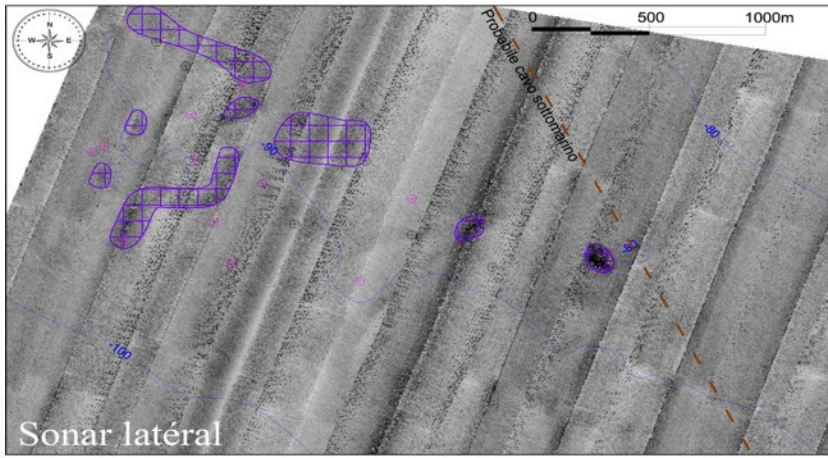
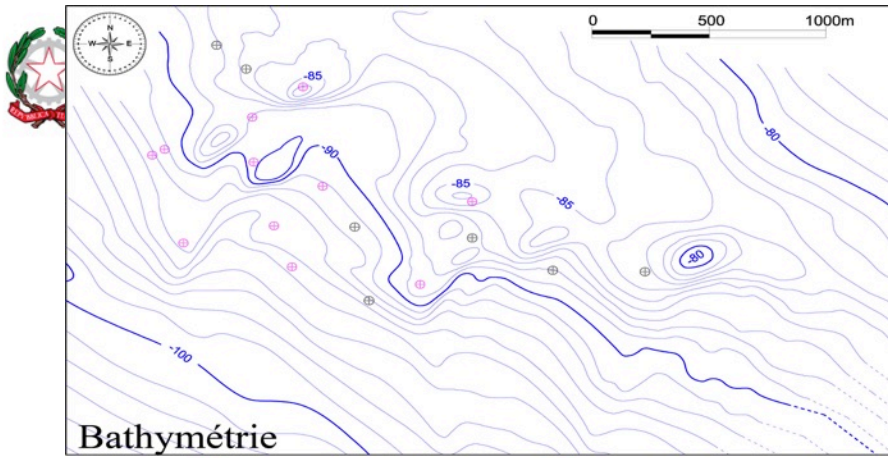
6 ky - present highstand
 sedimentary input
 increases
 beaches on the coast
 mud blanket on the shelf

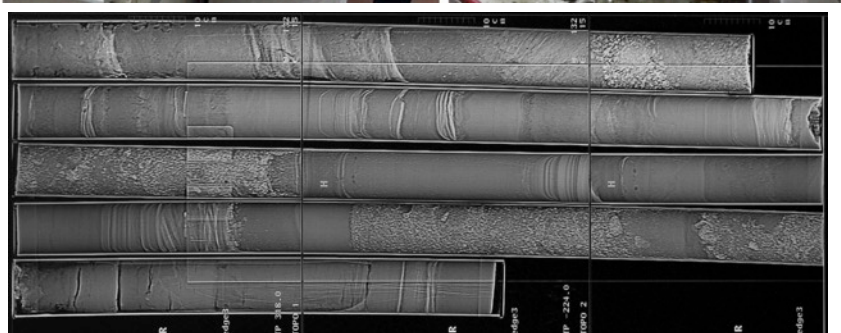
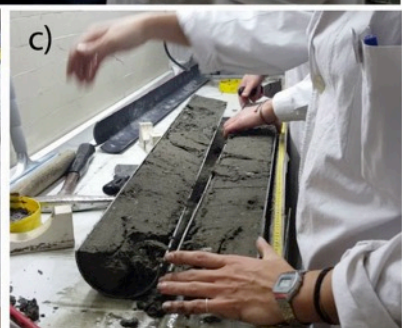
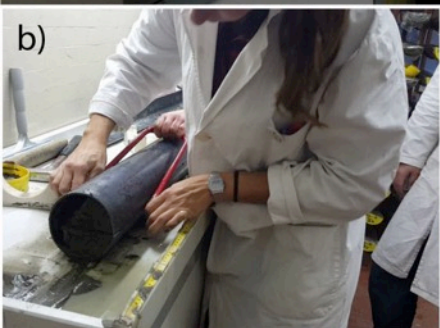
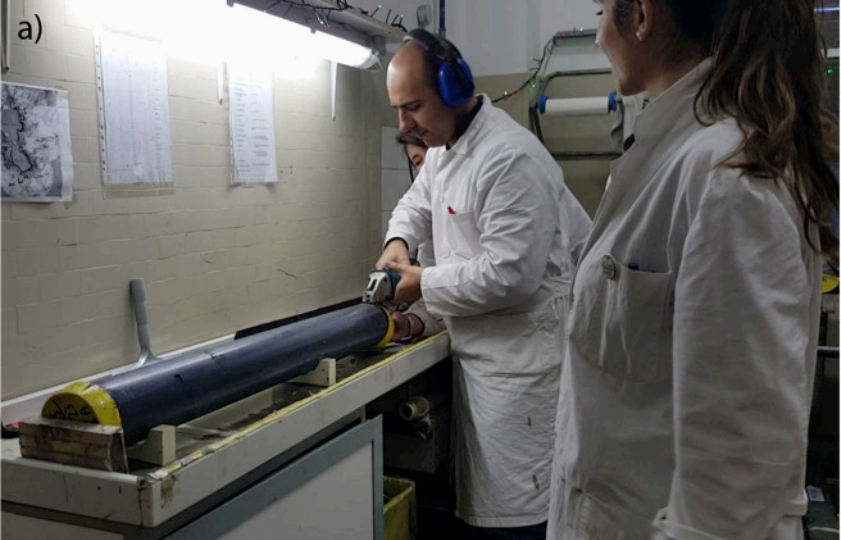




Metodologie di indagine







Apertura, descrizione e campionatura:

RX (non sempre)

Apertura e Fotografia

Descrizione macroscopica: litologia, colore (scala dei colori Munsell), contenuto e tipo di bioclasti, ciottoli o altri componenti (concrezioni, materia organica, resti vegetali ecc.) per ciascun intervallo individuato

Campionatura: prelevati i campioni sugli intervalli definiti in base alla stratigrafia della carota stessa. La campionatura viene effettuata in modo da determinare sia le caratteristiche medie di ogni singolo intervallo sabbioso-ghiaioso, prelevando un quantitativo costante di sedimento su tutto il livello, sia il sedimento sabbioso-ghiaioso presente lungo l'intero spessore della carota (campione composto dell'intero deposito)



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



ANALISI GRANULOMETRICHE DEL CAMPIONE DI SEDIMENTO (CIRCA 100 GR)

Quattro lavaggi: 2 in H₂O₂ diluita a 25 volumi e 2 in acqua distillata;

Essiccazione in forno ventilato termostato a 40 °C;

Determinazione del peso del campione essiccato;

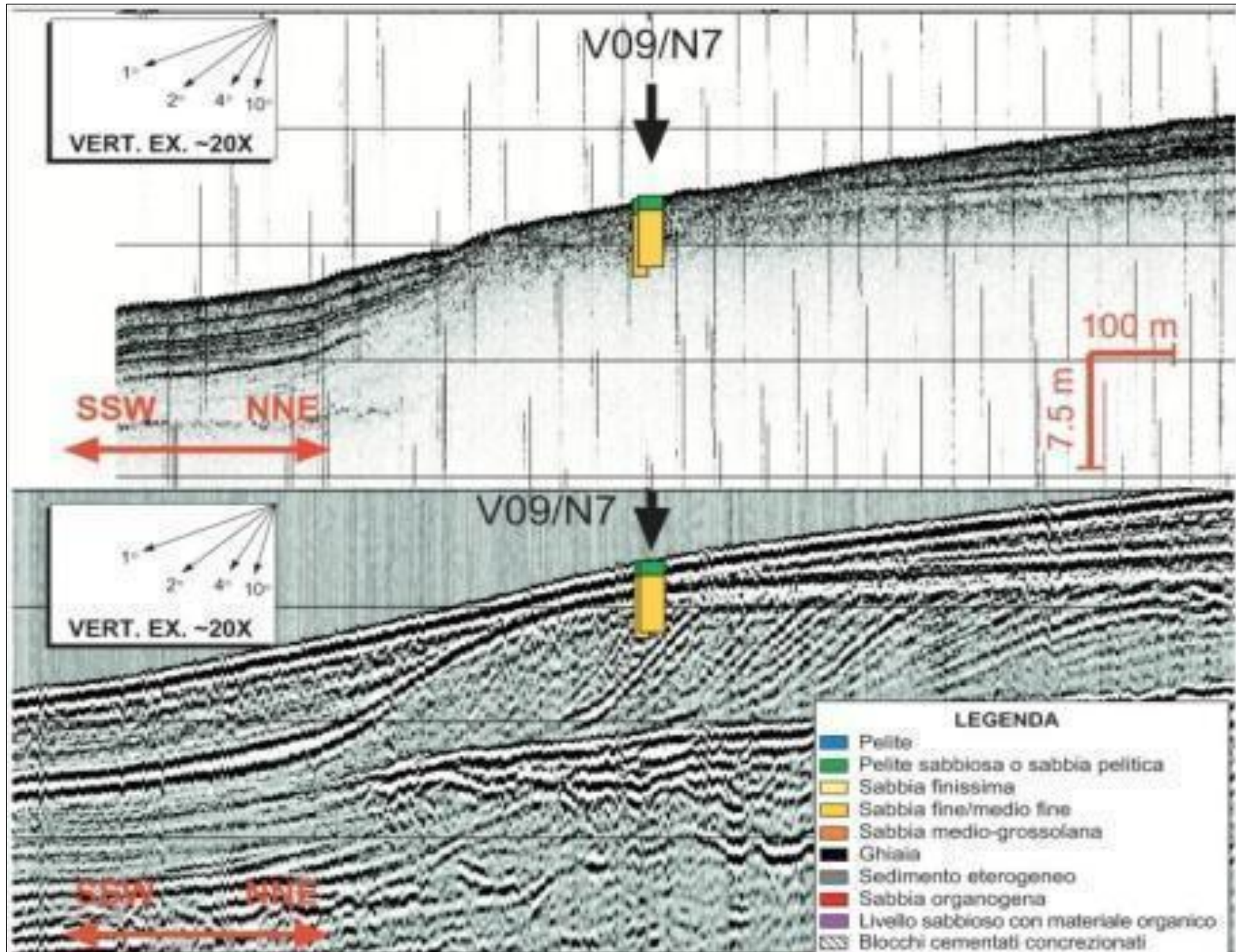
Separazione sabbia/pelite per via umida: campioni dispersi in 500ml di acqua distillata con disperdente e tenuti in agitazione per cinque ore. Successivamente vengono separate (con setaccio di maglia 0,062 mm) la frazione sabbiosa da quella pelitica.

Per la setacciatura della componente sabbiosa viene utilizzata una pila di setacci con passo mezzo phi da; se la componente ghiaiosa risulterà maggiore del 5% essa verrà risolta in più classi granulometriche.

Se la componente pelitica è maggiore del 10% questa viene quartata per via umida, e sottoposta al granulometro Laser.

I dati derivanti dalle analisi vengono inseriti in un *software* (Granulgraf 1.1.2) che restituirà i diagrammi ternari con le classificazioni di Folk (1954) e di Tortora (1999).

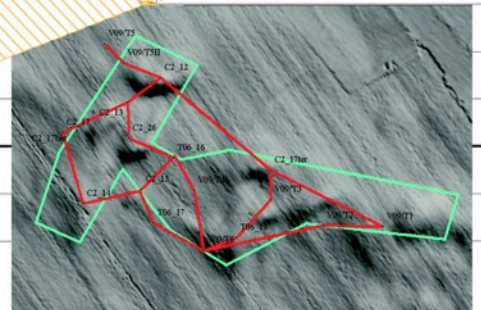
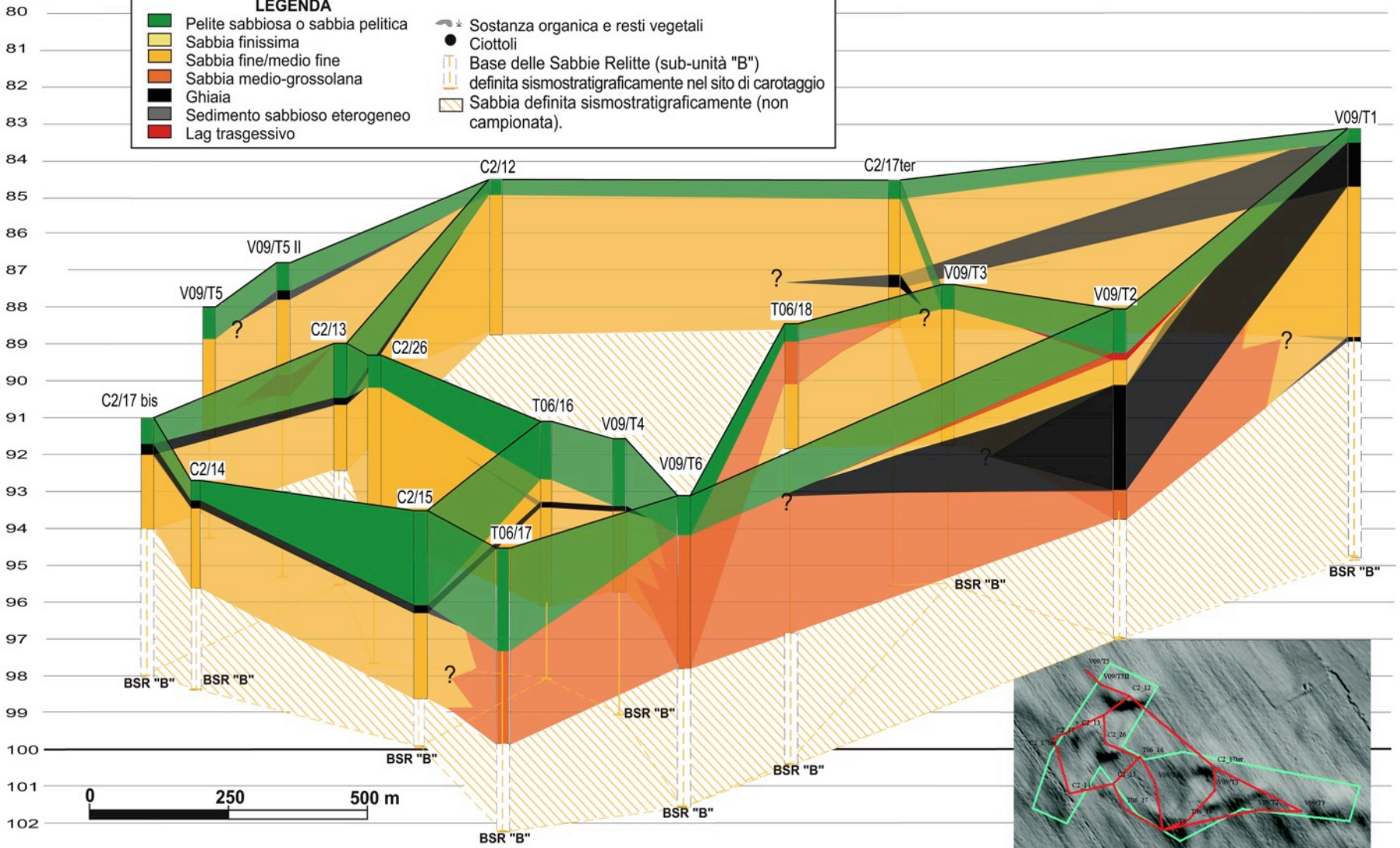


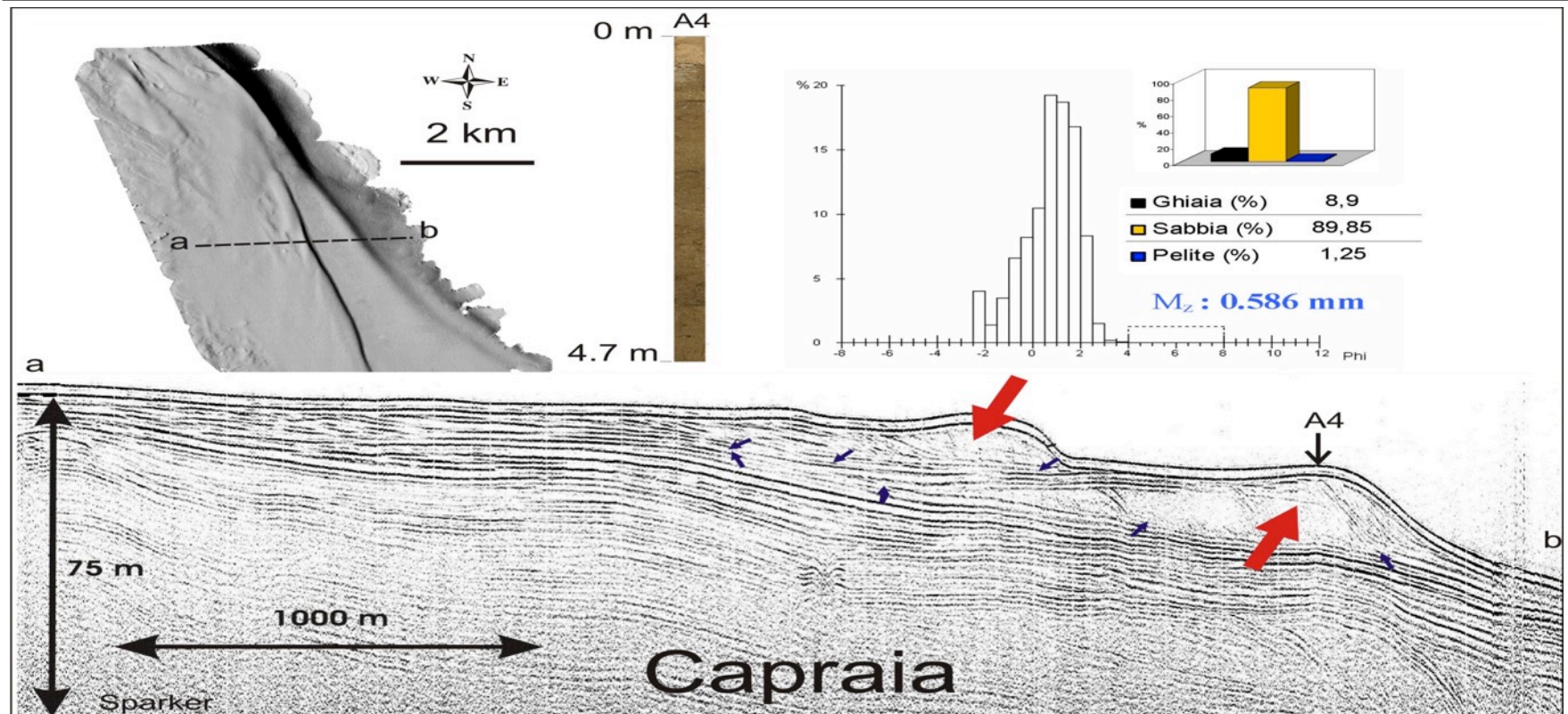
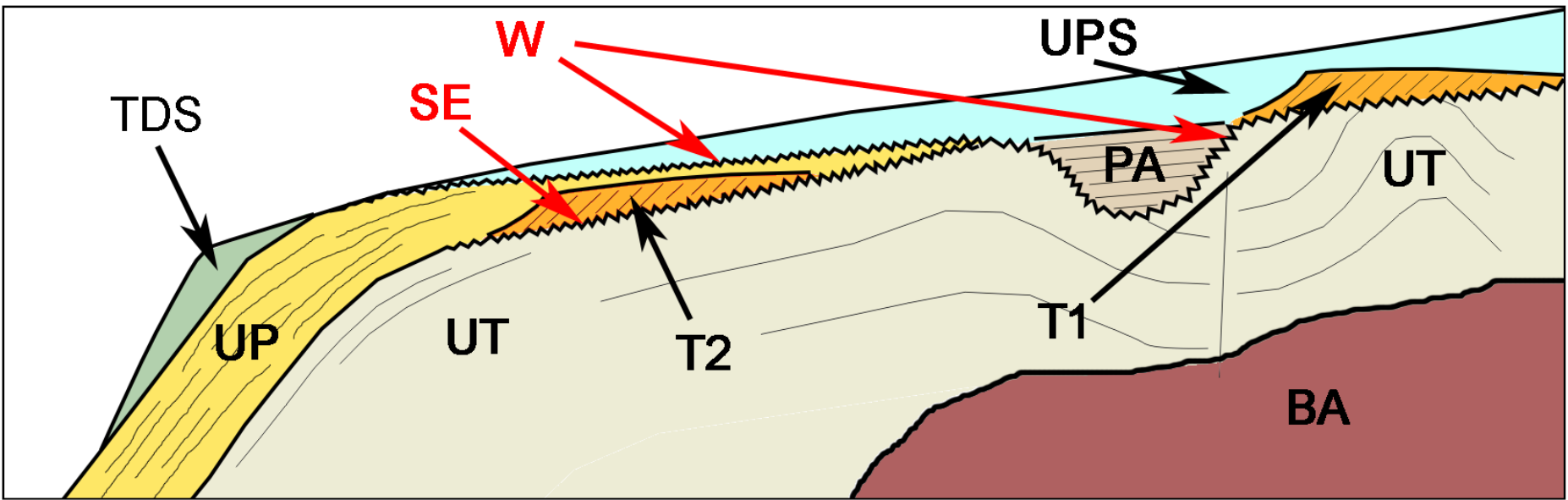


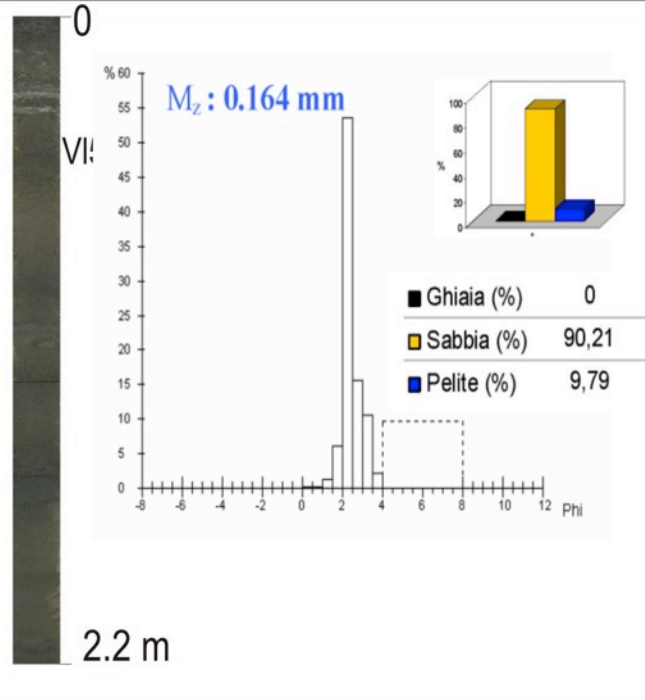
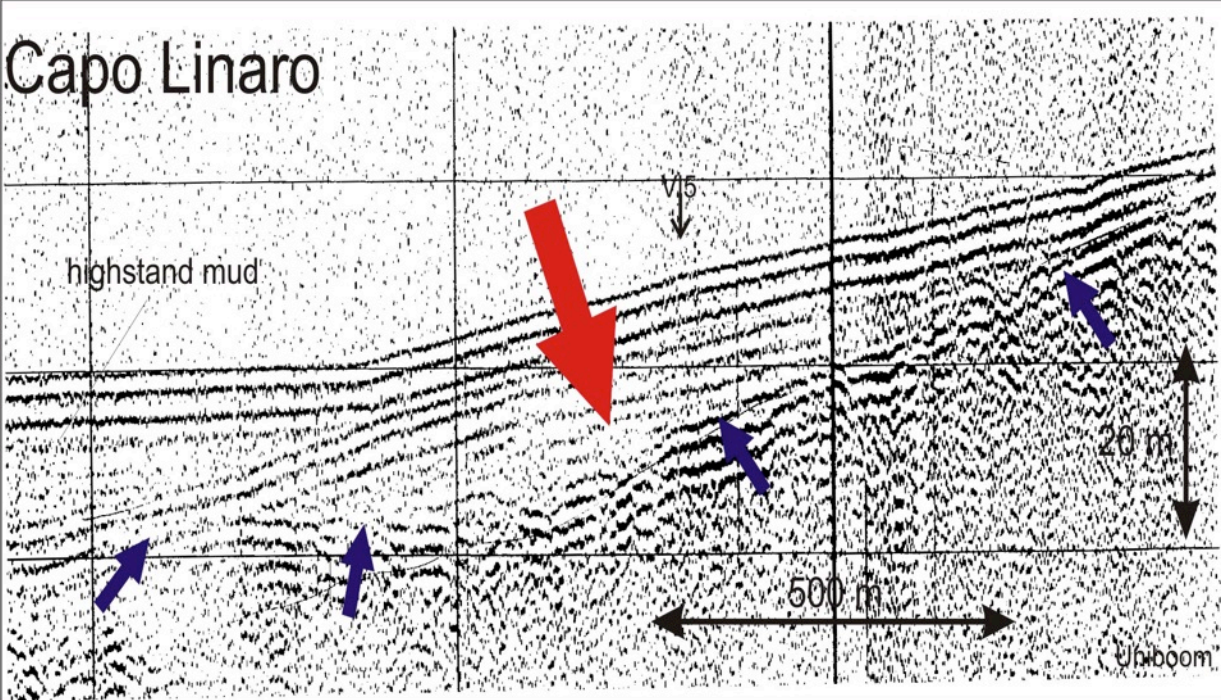
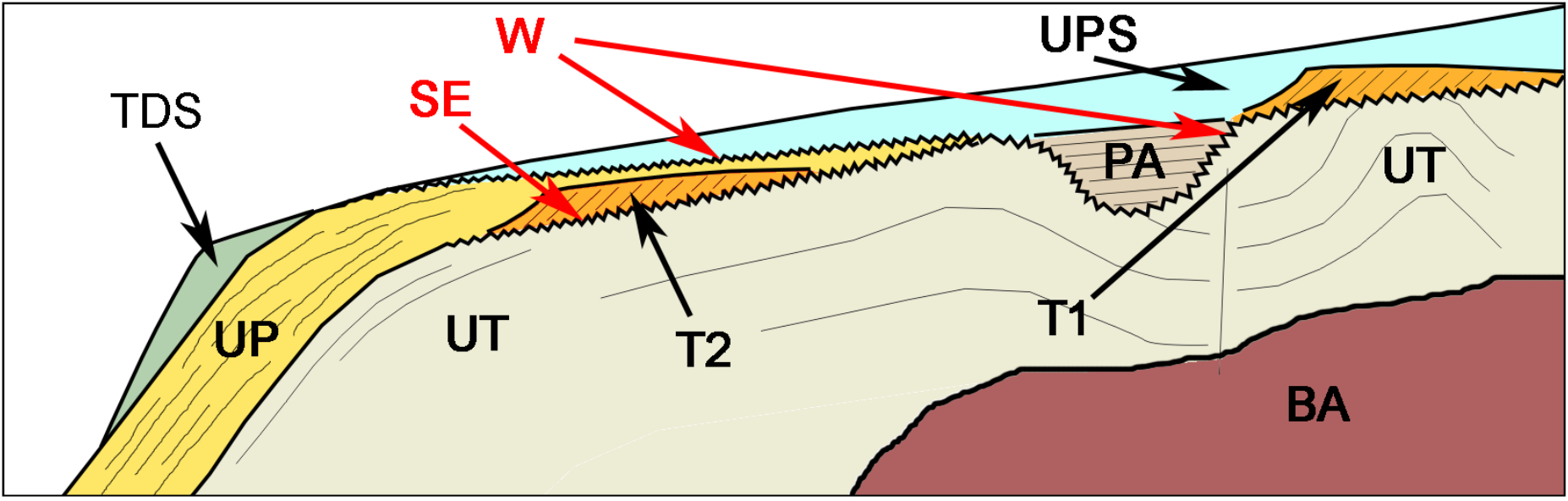
metri sotto il livello del mare

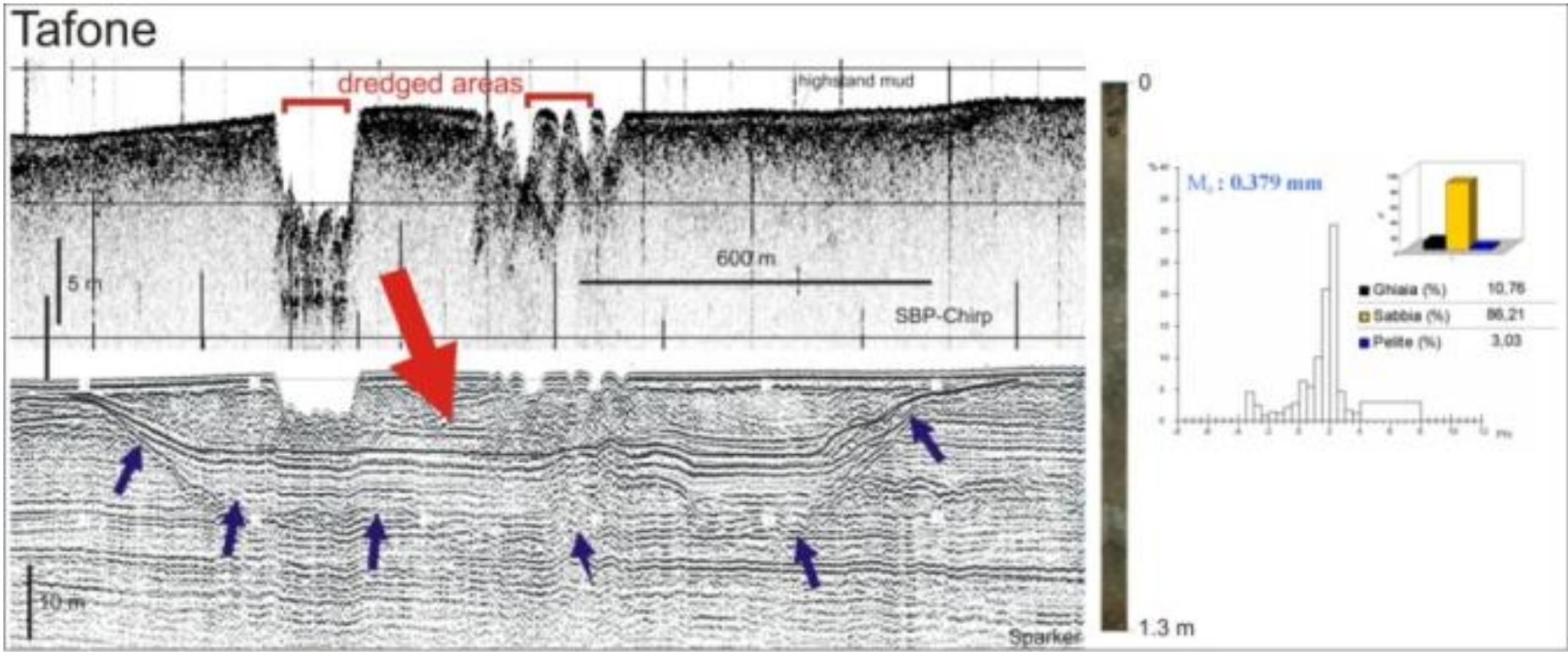
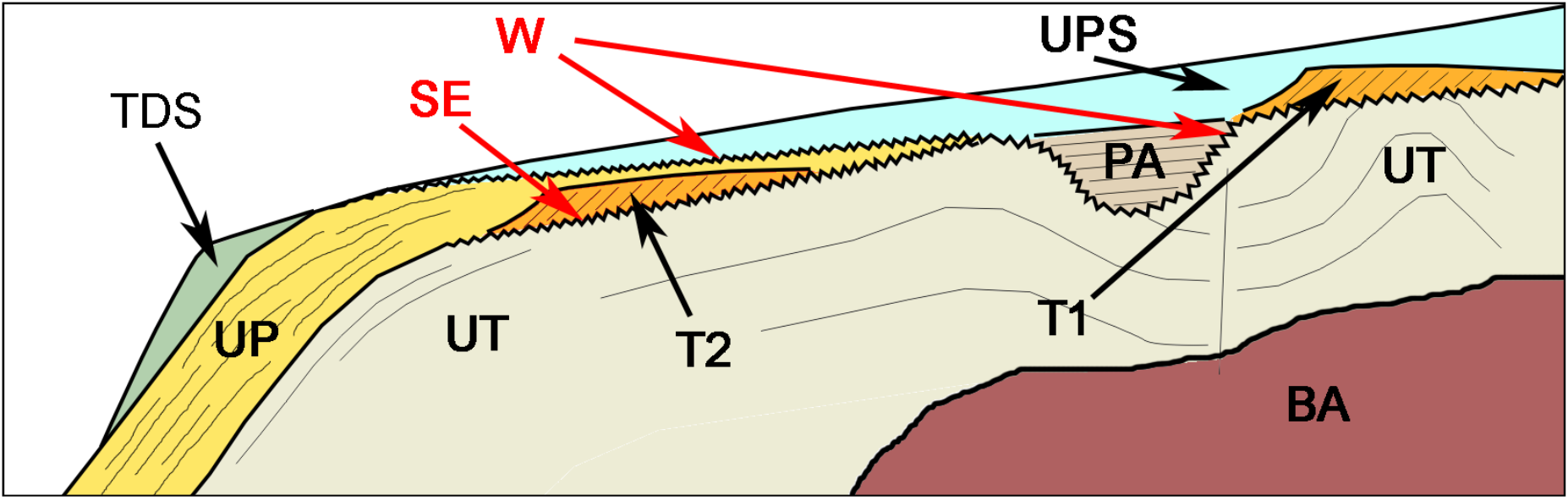
LEGENDA

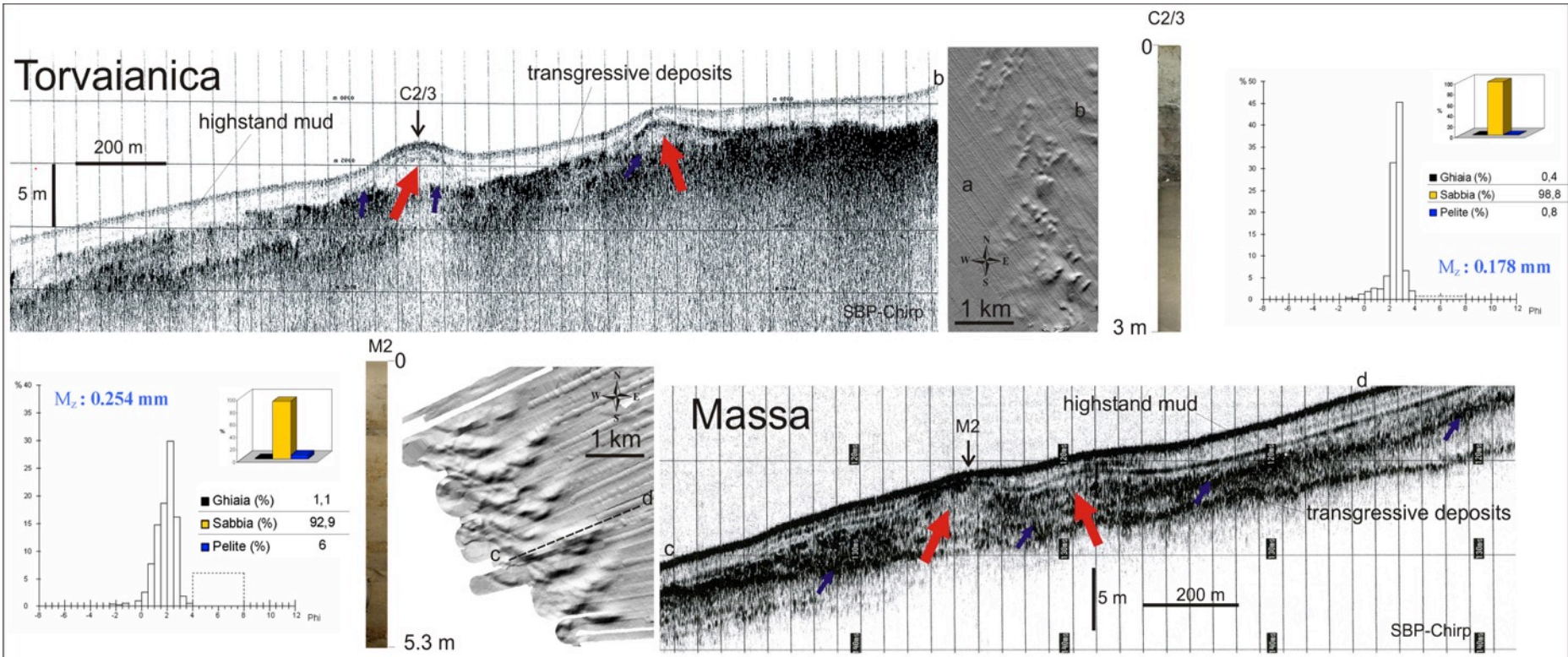
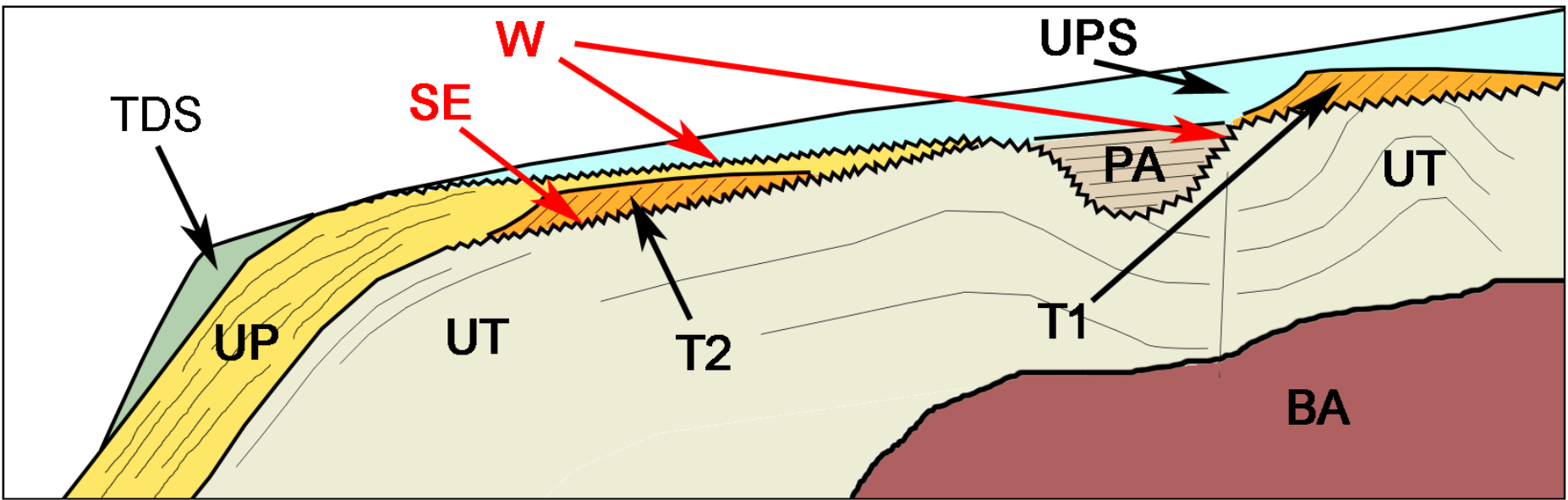
- Pelite sabbiosa o sabbia pelitica
- Sabbia finissima
- Sabbia fine/medio fine
- Sabbia medio-grossolana
- Ghiaia
- Sedimento sabbioso eterogeneo
- Lag trasgressivo
- Sostanza organica e resti vegetali
- Ciottoli
- Base delle Sabbie Relitte (sub-unità "B") definita sismostratigraficamente nel sito di carotaggio
- Sabbia definita sismostratigraficamente (non campionata).

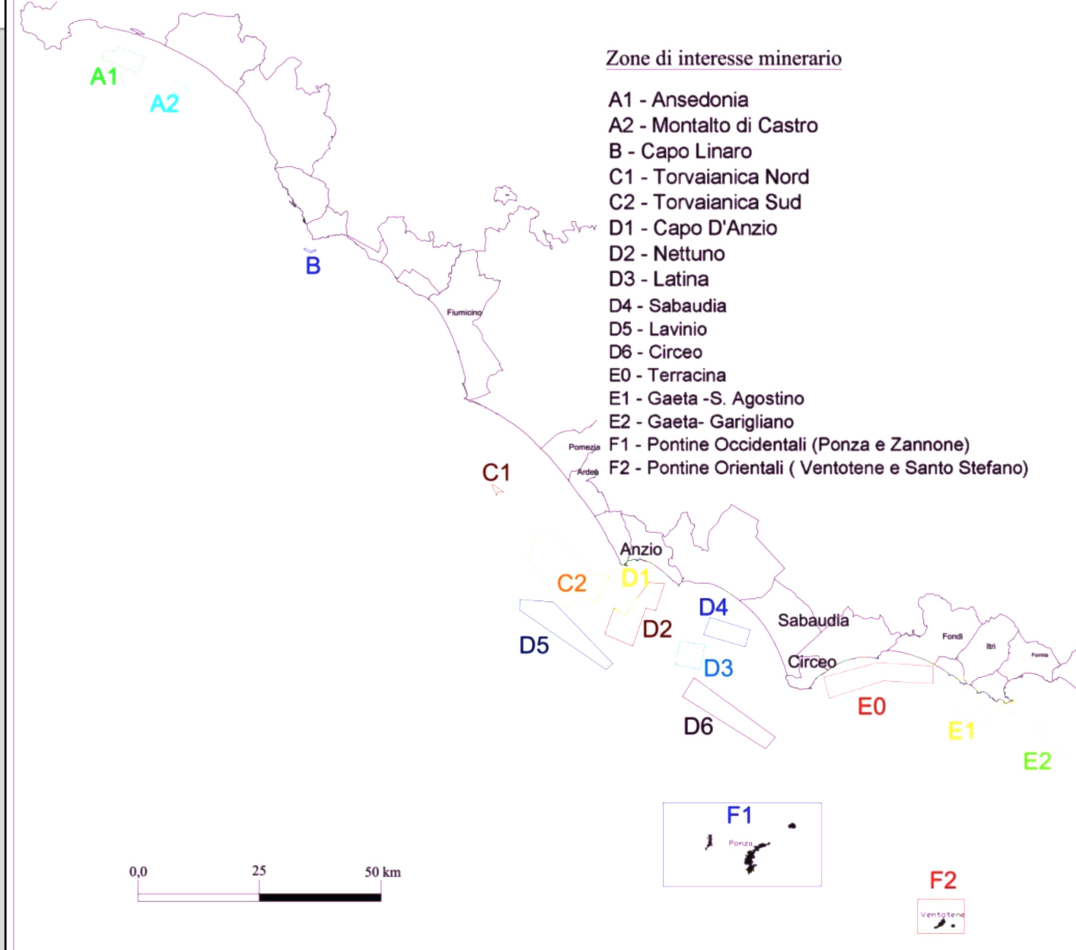
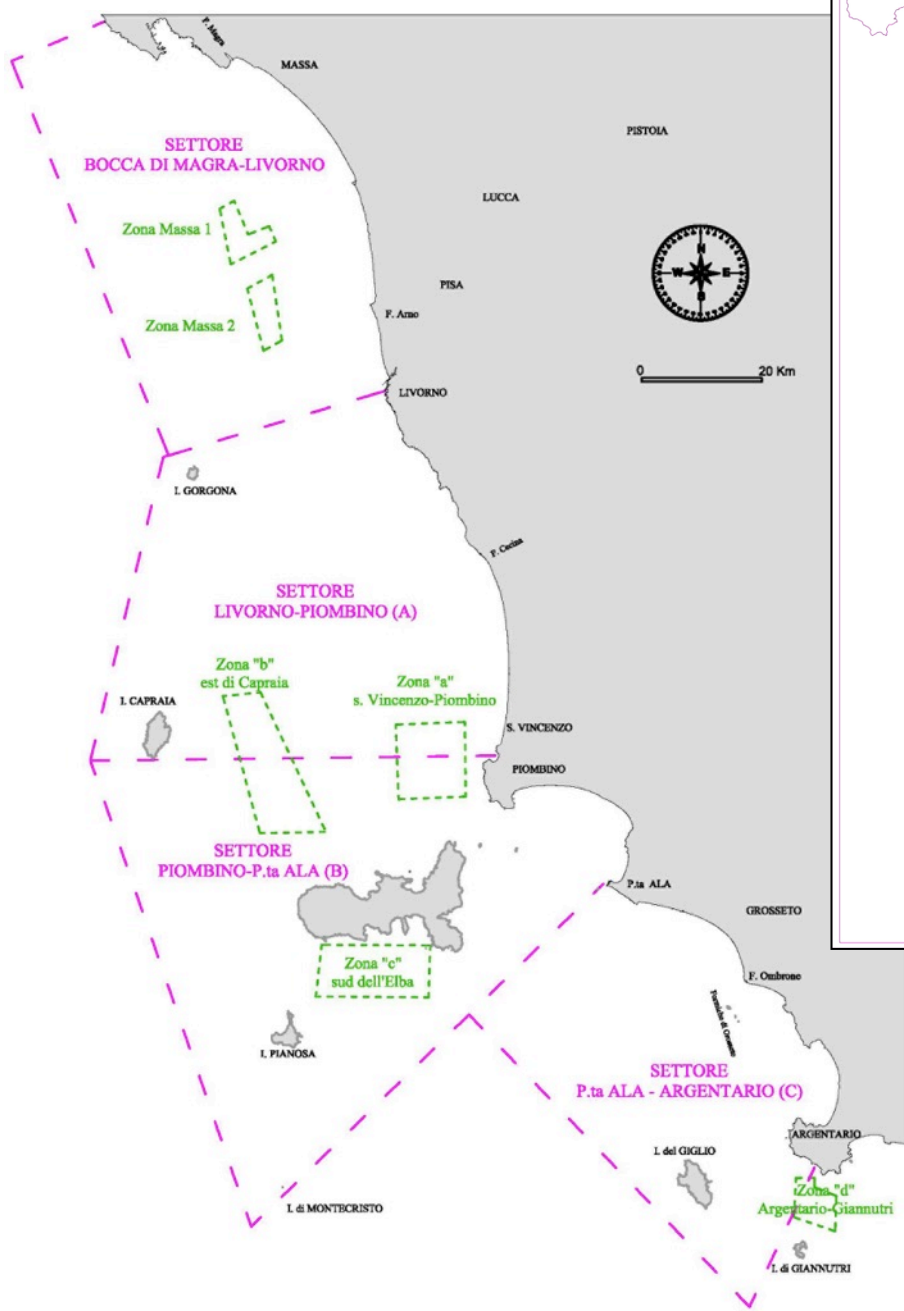






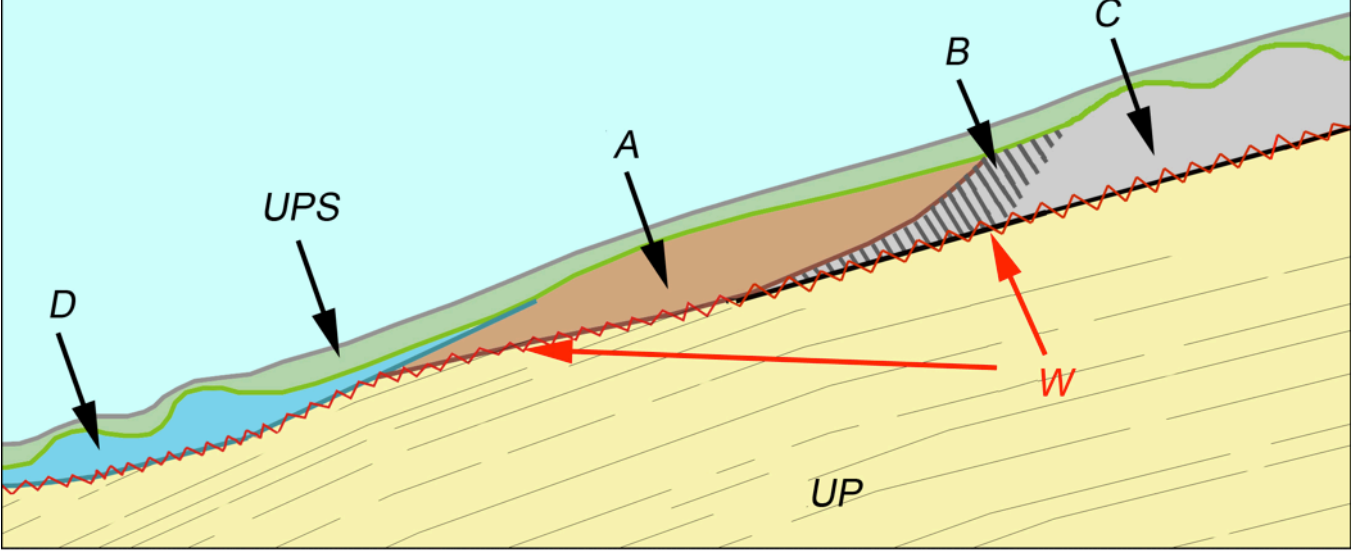




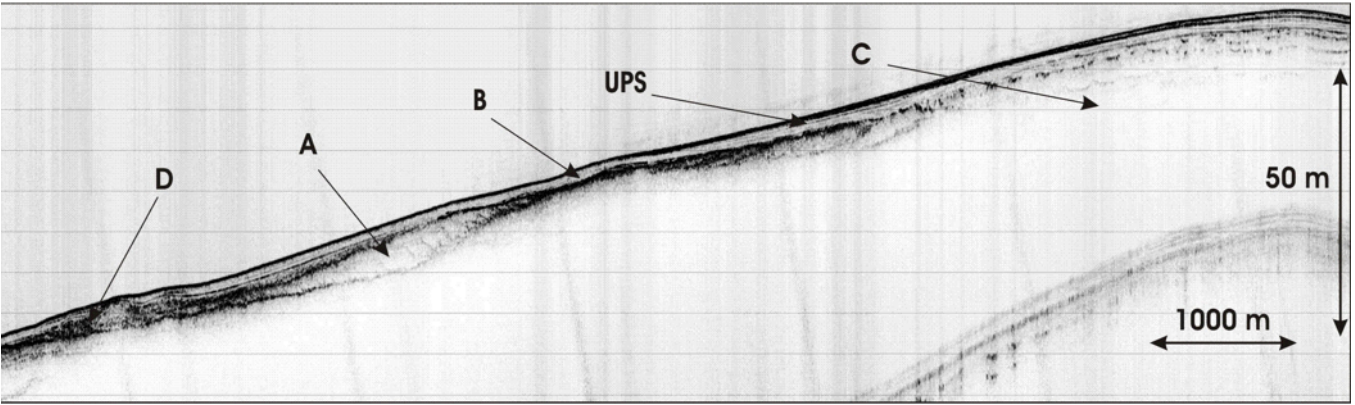


Questa complessità viene ridotta, con anni di lavoro, ad aree di interesse minerario.

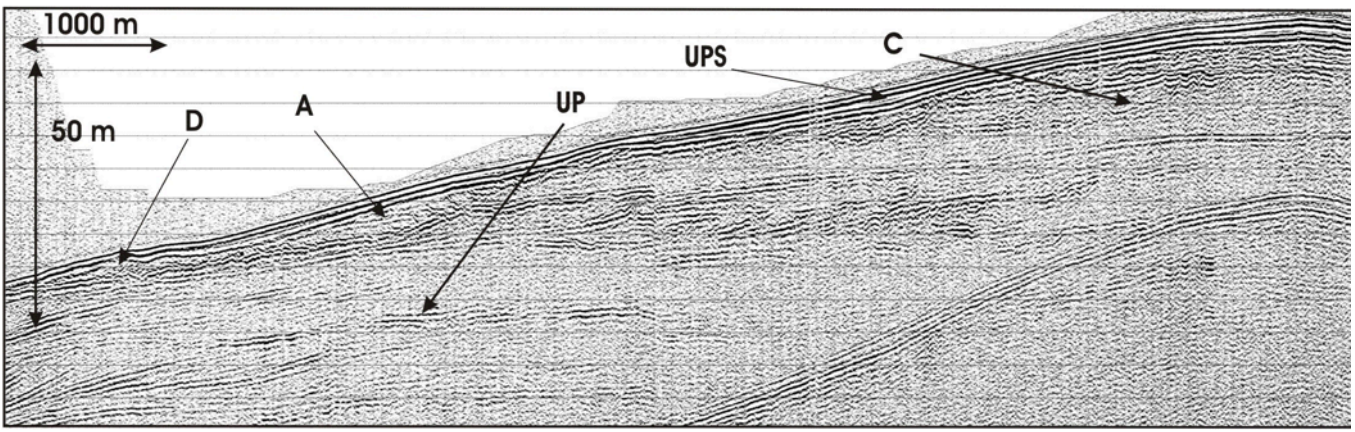
E' sufficiente per valutare e gestire la risorsa?



PROBLEMI

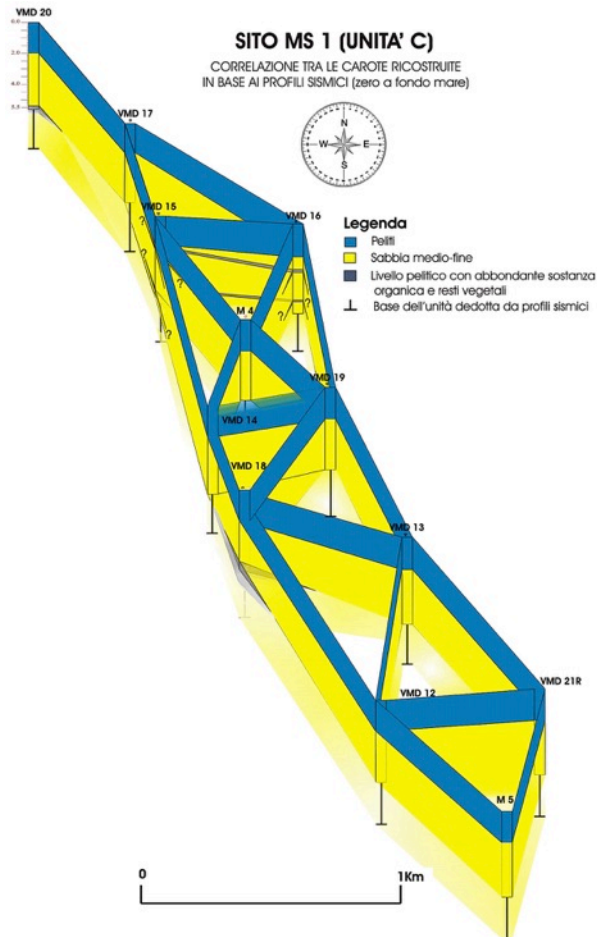


Molteplicità
Sovrapposizione
Eterogeneità



Caso migliore

Intervalli circa omogenei nella carota
Stratigrafia simile tra le carote
Base delle sabbie ben identificabile sismicamente



Intervalli prelevati:
 per analisi sedimentologiche: 0-145; 145-290; 290-345; 435-577, 0-577.
 per analisi diffrattometriche: 0-577.
 per analisi calcimetriche: 0-577.

intervallo	% ghiaia	% sabbia	% pelite	D50 mm	Mz mm
0-145	3,76	94,33	1,91	0,54	0,55
145-290	2,55	96,58	0,88	0,49	0,51
290-435	0,63	98,77	0,60	0,41	0,42
435-577	0,62	98,33	1,06	0,4	0,40
0-577	0,82	97,95	1,32	0,44	0,44

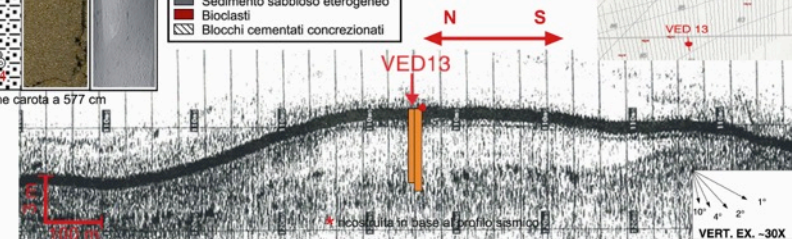
carota	campione	% CaCO3
VED 13	0-577	83,3

Data prelievo 05/06/2007
 Data apertura 09/06/2007
 Penetrazione (m) 5.20
 Recupero (m) 5.75
 T. di vibrazione 3"44"
 % carotaggio 110.6

- LEGENDA**
- Pelite
 - Pelite sabbiosa o sabbia pelitica
 - Sabbia fine-finissima
 - Sabbia medio-grossolana
 - Ghiaia
 - Sedimento sabbioso eterogeneo
 - Bioclasti
 - Blocchi cementati concrezionati

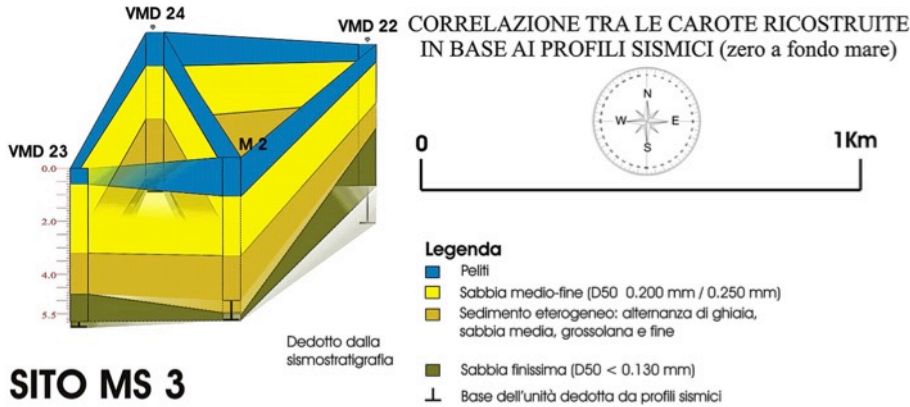


Fine carota a 577 cm



Caso peggiore

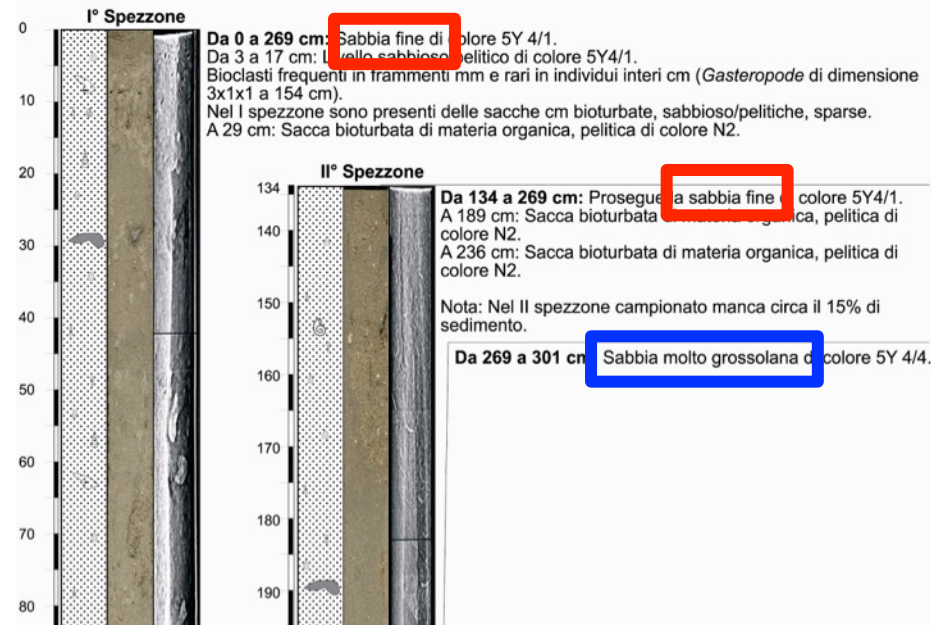
Sedimento eterogeneo nella carota
Stratigrafie diverse tra le carote



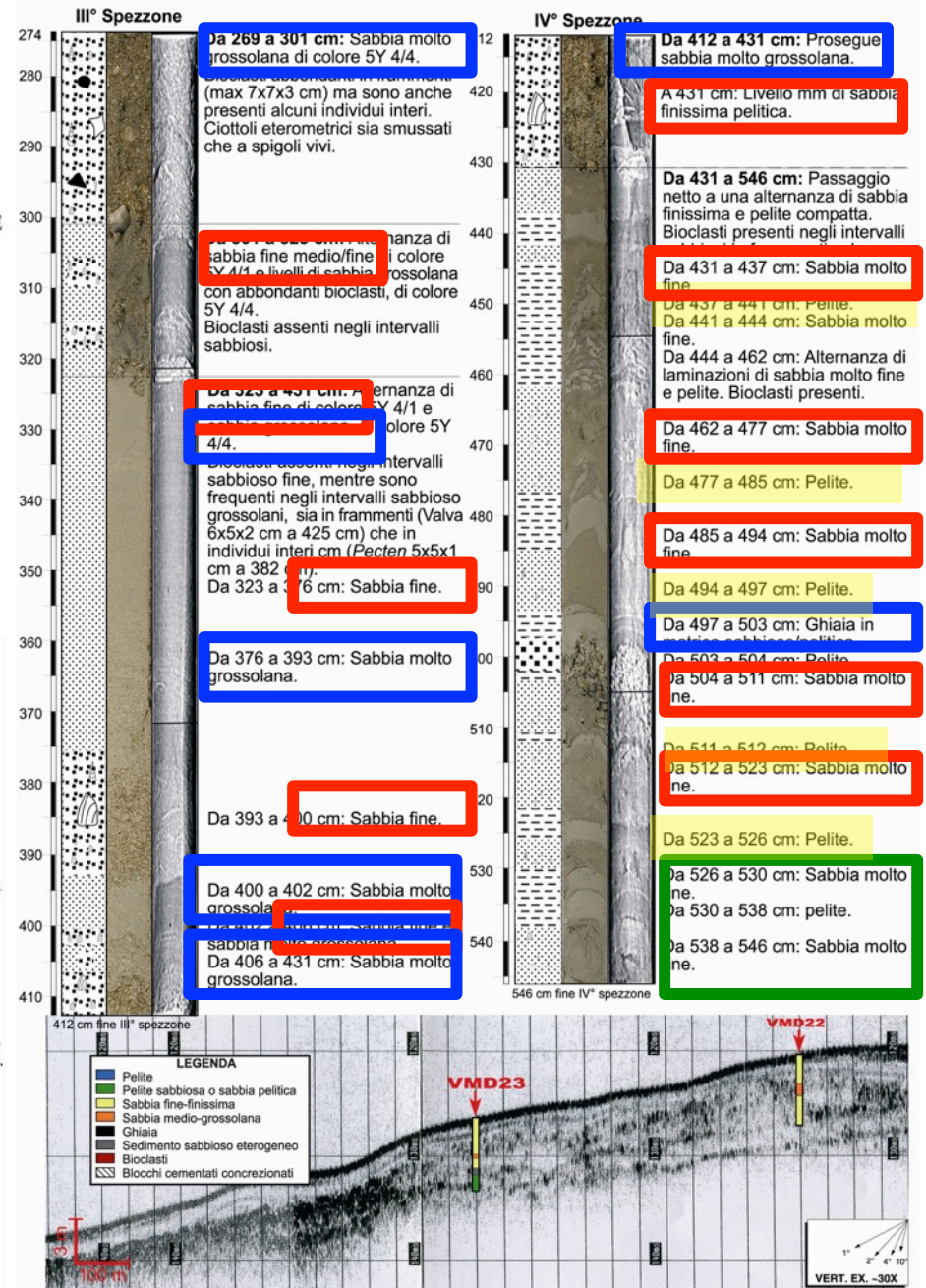
SITO MS 3

VMD23 (ZONA MASSA - CAROTA RAPPRESENTATIVA DEL SITO MS3)

(Lunghezza: 546 cm; Profondità: 99 m; Lat: 43° 44' 51,56" Long: 09° 57' 28,45" n°spezzoni: 4)

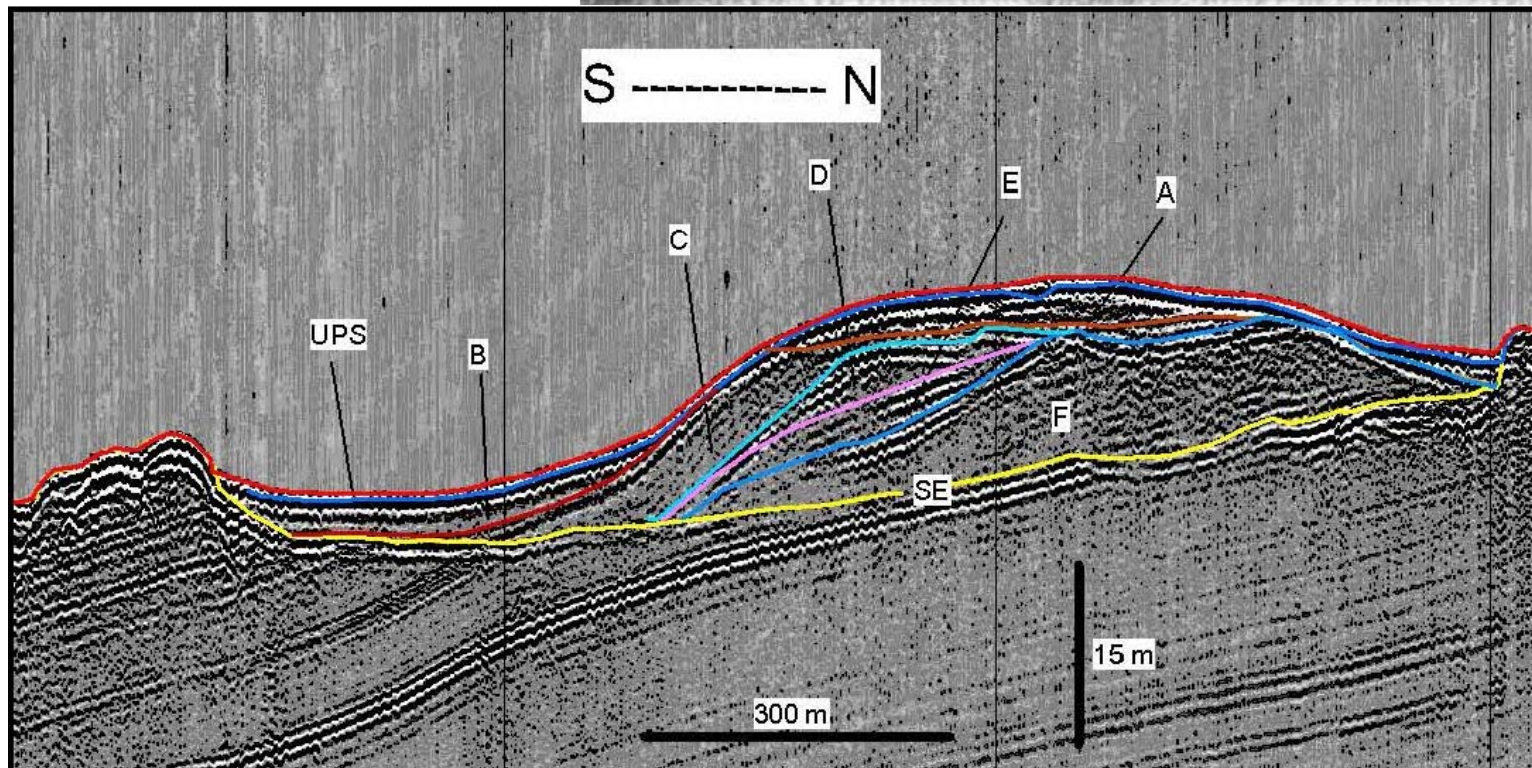
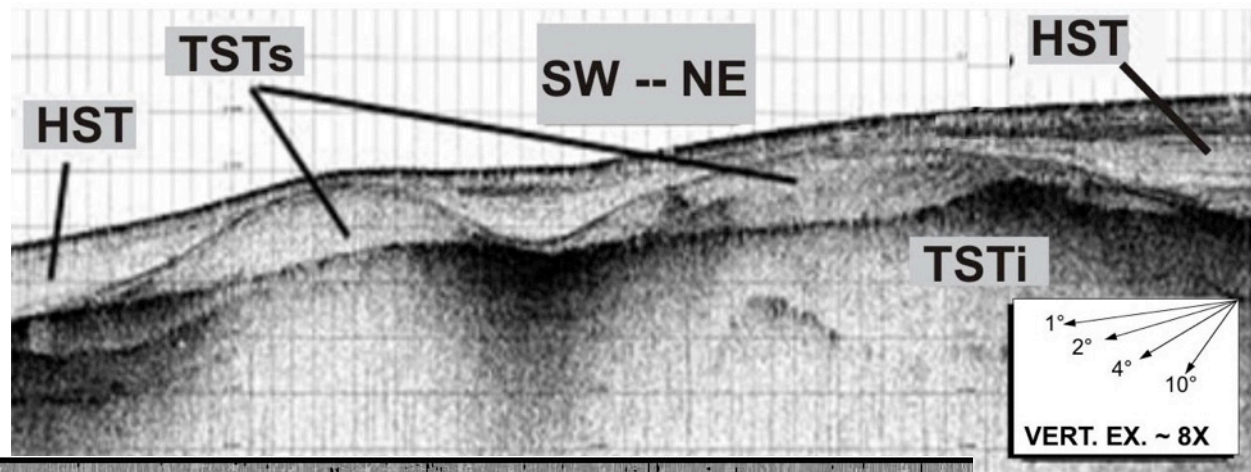


VMD23 (ZONA MASSA - CAROTA RAPPRESENTATIVA DEL SITO MS3)



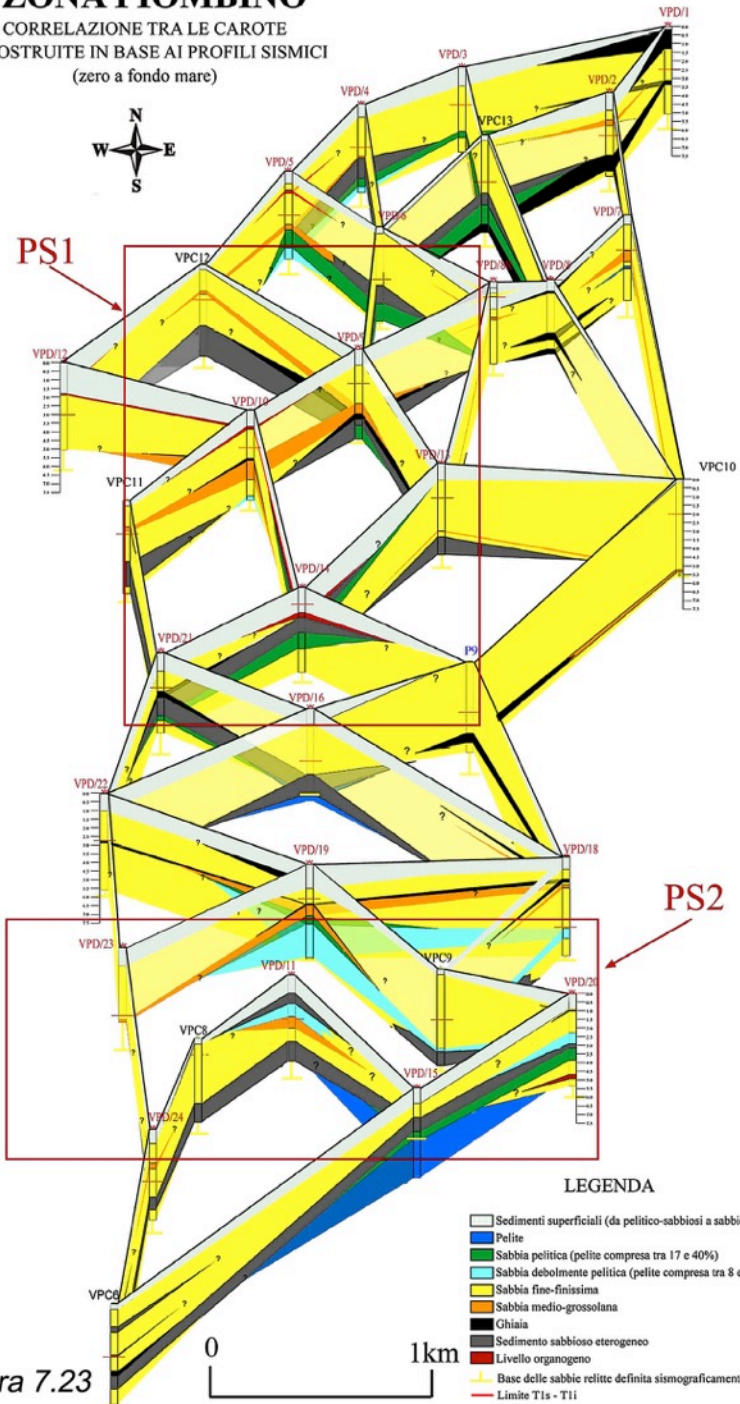
Caso così e così

Stratigrafia complessa ma corpi con
facies sismica omogenea



ZONA PIOMBINO

CORRELAZIONE TRA LE CAROTE
RICOSTRUITE IN BASE AI PROFILI SISMICI
(zero a fondo mare)



- LEGENDA**
- Sedimenti superficiali (da pelitico-sabbiosi a sabbioso-pelitici)
 - Pelite
 - Sabbia pelitica (pelite compressa tra 17 e 40%)
 - Sabbia debolmente pelitica (pelite compressa tra 8 e 12%)
 - Sabbia fine-finissima
 - Sabbia medio-grossolana
 - Ghiaia
 - Sedimento sabbioso eterogeneo
 - Livello organogeno
 - ▲ Base delle sabbie relitte definita sismograficamente
 - Limite T1s - T1i

Molteplicità
Sovrapposizione
Eterogeneità

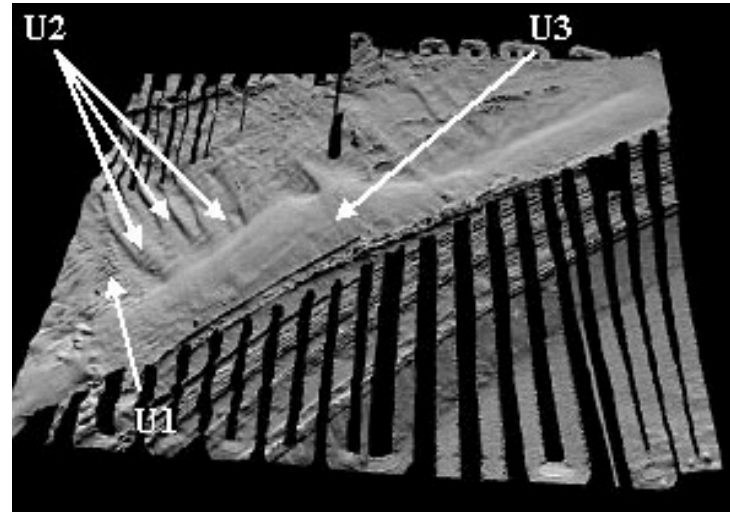
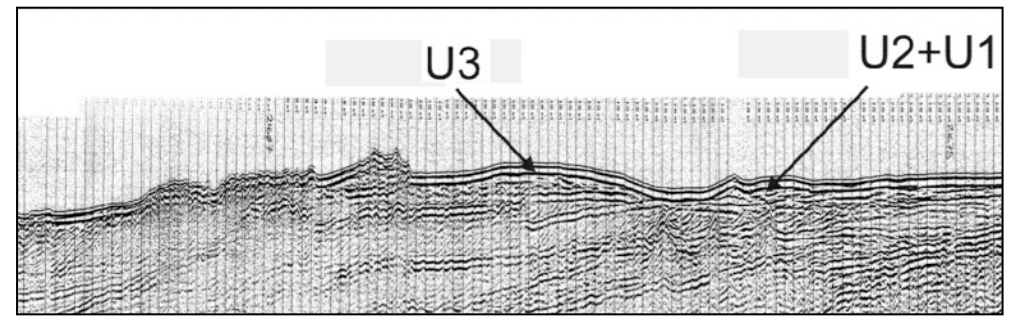
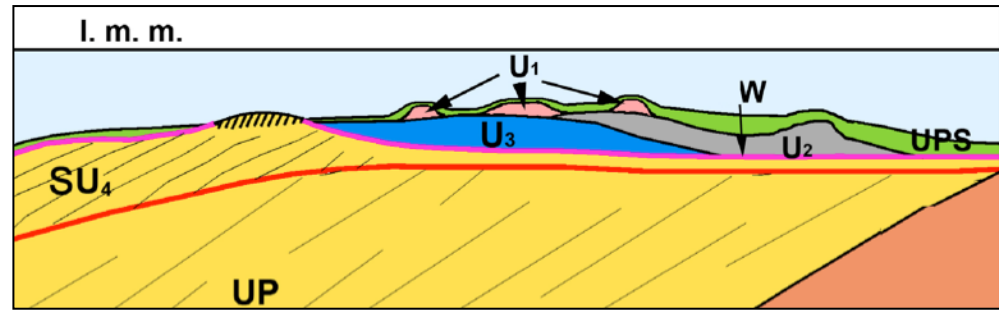


Figura 7.23



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Nel 2006-2007 una società di dragaggio contesta al committente un danno aziendale per 5 milioni di euro perché il materiale realmente dragato aveva caratteristiche granulometriche differenti rispetto a quanto desumibile dai documenti messi a disposizione per la gara, consistenti negli studi realizzati dall'Università di Roma.

8. Conclusioni

Nella tab. B sono messi a confronto i valori del D_{mf} , del D_{50} , dell' M_z , della percentuale di sabbia, della percentuale di ghiaia, e della percentuale di materiale con diametro maggiore a 4,0 mm (sulla base della quale il CSA stabilisce i limiti di accettabilità del materiale) calcolati per tutta la cava, nella fase 1 con riferimento al corridoio di dragaggio del Progettista e dell'Impresa, nella fase 2 con riferimento al nuovo corridoio di dragaggio dell'Impresa ed infine nella fase 3 in relazione al materiale effettivamente dragato. Nell'ultima colonna della Tab. B è riportata la percentuale complessiva del materiale che sulla base del CSA non è accettata dalla D.L. in ragione dei limiti posti per il materiale di diametro superiore a 4,0 mm.

	D_{mf} (mm)	D_{50} (μ m)	M_z (μ m)	% di sabbia	% di ghiaia	% > 4 mm	% del materiale non accettato dal CSA
Tutta la cava	1,94	252,5	617,5	72,1	27,0	20,9	0
Fase 1: Corridoio di dragaggio del Progettista	2,90	414,5	862,6	62,4	37,2	28,4	34
Fase 1: Corridoio di dragaggio dell'Impresa in fase di gara	0,57	229,1	382,9	84,4	14,6	4,7	0
Fase 2: Corridoio di dragaggio dell'Impresa in fase di progetto esecutivo del dragaggio	0,40	212,7	285,1	90,7	8,9	6,2	0
Fase 3: Materiale dragato	1,49	249,8	579,7	77,8	22,2	17,51	0

Tab. B -Paragone tra D_{mf} , D_{50} , M_z , % di sabbia, % di ghiaia, % di materiale maggiore a 4,0 mm relativi a tutta la cava, al corridoio di dragaggio individuato dal progettista, al corridoio di dragaggio individuato dall'Impresa in fase di gara, al corridoio di dragaggio individuato dall'Impresa in fase di progetto esecutivo del dragaggio e al materiale dragato.

stimato dall'Impresa in fase di gara. Pertanto si può affermare che i materiali che sono stati estratti dall'originario giacimento di prelievo non sono conformi ai materiali indicati in progetto.

di accettabilità del materiale imposte dal CSA. In particolare confrontando la seconda e la quinta riga della tabella, si evince che l'Impresa è riuscita ad ottimizzare di parecchio le ipotesi di dragaggio del progettista riducendo quasi del 20% la percentuale di ghiaia dragata e posta in opera e del 50% il valore del D_{mf} implicito nelle scelte progettuali. Tuttavia, nonostante tutti gli sforzi fatti dall'Impresa, il valore del D_{mf} del materiale dragato risulta circa 2,5 volte superiore rispetto a quello stimato dall'Impresa in fase di gara. Pertanto si può affermare che i materiali che sono stati estratti dall'originario giacimento di prelievo non sono conformi ai materiali indicati in progetto.

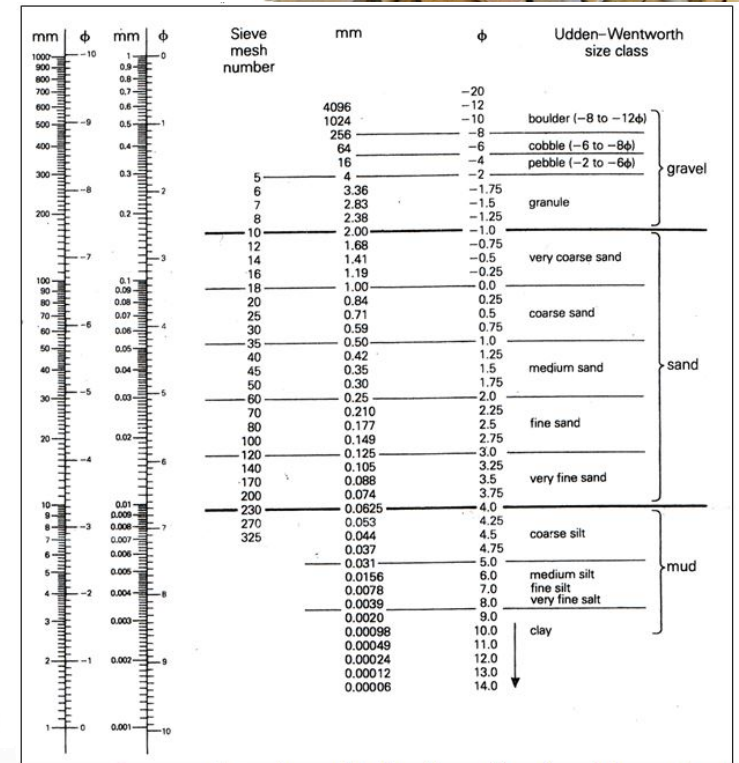
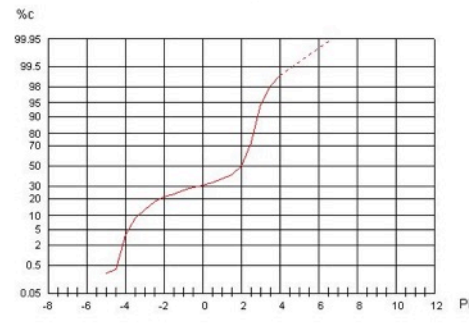
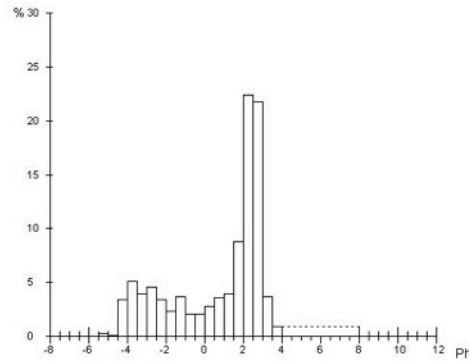
Alle conclusioni sopra esposte occorre aggiungere quanto segue.

1. Il Sito 1 è caratterizzato da una forte eterogeneità sia in senso verticale che orizzontale.

1° ERRORE:

Utilizzo del Dmf
(o comunque di mm
anziché phi)

percentile	phi	mm
10	-3,5	11,3
16°	-2,65	6,7
20	-2,3	4,9
30	0	1
40	1,2	0,4
50°	2	0,2
60	2,5	0,17
70	2,6	0,16
80	2,7	0,15
84°	2,7	0,15
90	3	0,12



		phi	mm
Mz corretto (calcolato in phi)	$(-2,65+2+2,7)/3$ $(16^\circ+50^\circ+84^\circ)/3$	0,68	0,62
Dmf (Führböter, 1961)	$(11,3+4,9+1+0,4+0,2+0,17+0,16+0,15+0,12)/9$ $(10^\circ+20^\circ+\dots+90^\circ)/9$		2,04
Mz errato (calcolato in mm)	$(6,7+0,2+0,15)/3$ $(16^\circ+50^\circ+84^\circ)/3$		2,35
D ₅₀			0,2

2° ERRORE:

Calcolo della Dmf medio come media dei Dmf dei viaggi della draga e non delle singole classi di ogni viaggio, mediate tra loro



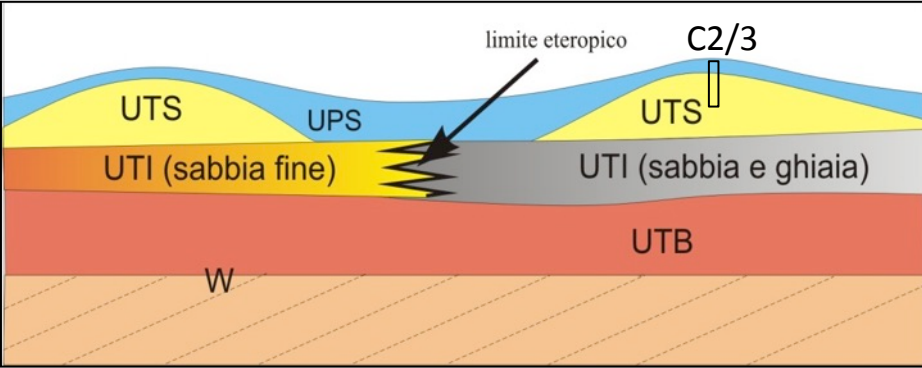
I risultati sono riassunti nella seguente tabella.

	Non ponderato sulle lunghezze		Ponderato sulle lunghezze		Calcolato come semplice media aritmetica	
	M _Z	D ₅₀	M _Z	D ₅₀	M _Z	D ₅₀
C2/3 C2/4 C2/22 <i>Per gara</i>	1,34 Φ 395μ	2,12Φ 231μ	1,31Φ 403μ	2,08Φ 236μ		
C2/3 C2/4 C2/5 C2/7 <i>Considerate</i>	0,56Φ 678μ	1,68Φ 312μ	1,14Φ 454μ	2,04Φ 244μ		
C2/3 C2/5 C2/7 <i>Coltivate</i>	0,56Φ 678μ	2,04Φ 243μ	1,08Φ 473μ	2,2Φ 218μ		
Tutto il sito			0,68Φ 624μ	1,99Φ 253μ		
Draga*	0,84Φ 560μ	2,03Φ 250μ	0,84Φ 560μ	2,03Φ 250μ	2180μ	1075μ

* Alcuni valori sono stati interpolati in quanto le classi granulometriche alte (12, 9, 8, 5 e 4.7mm) di 9 viaggi non erano sempre le stesse.

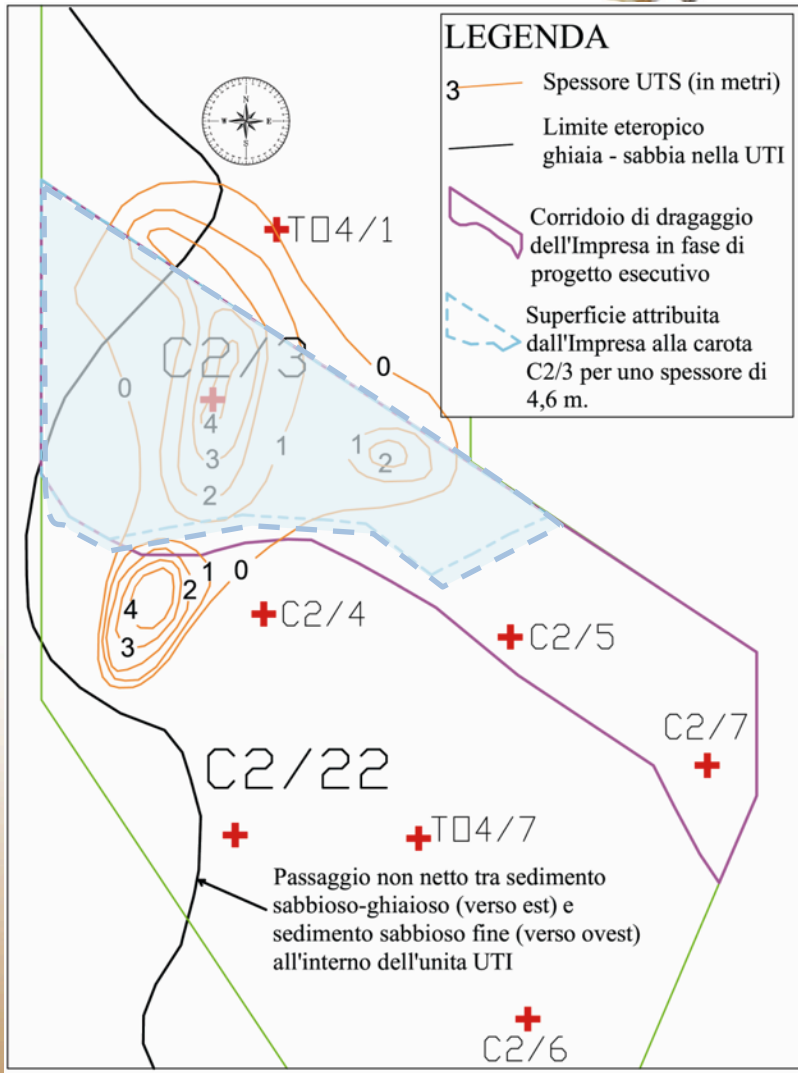
3° ERRORE:

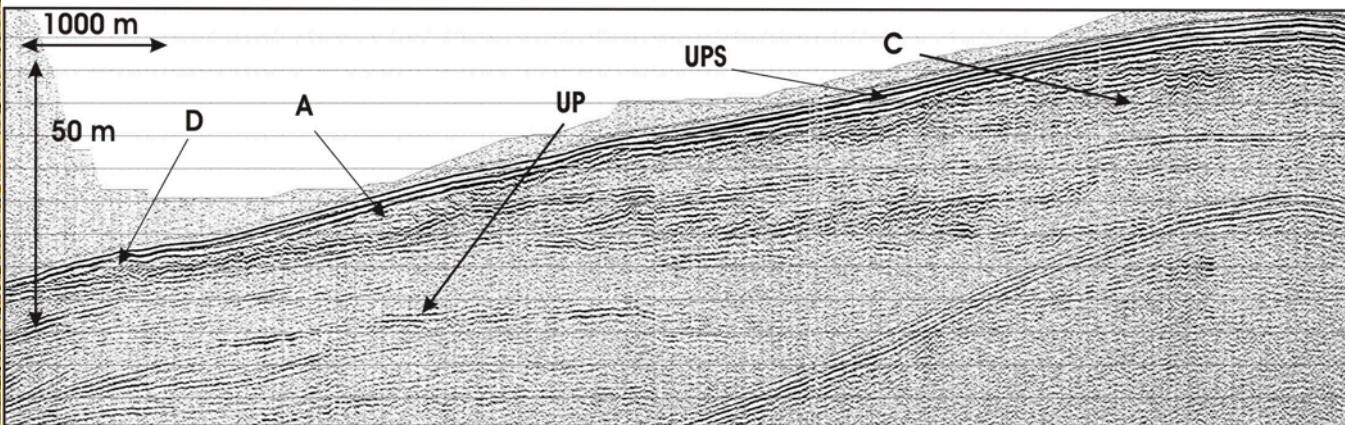
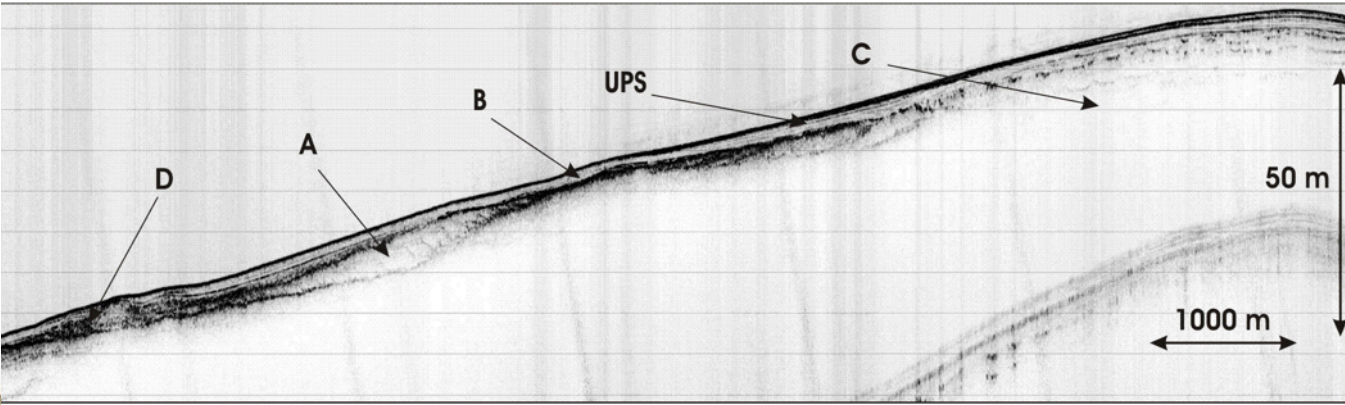
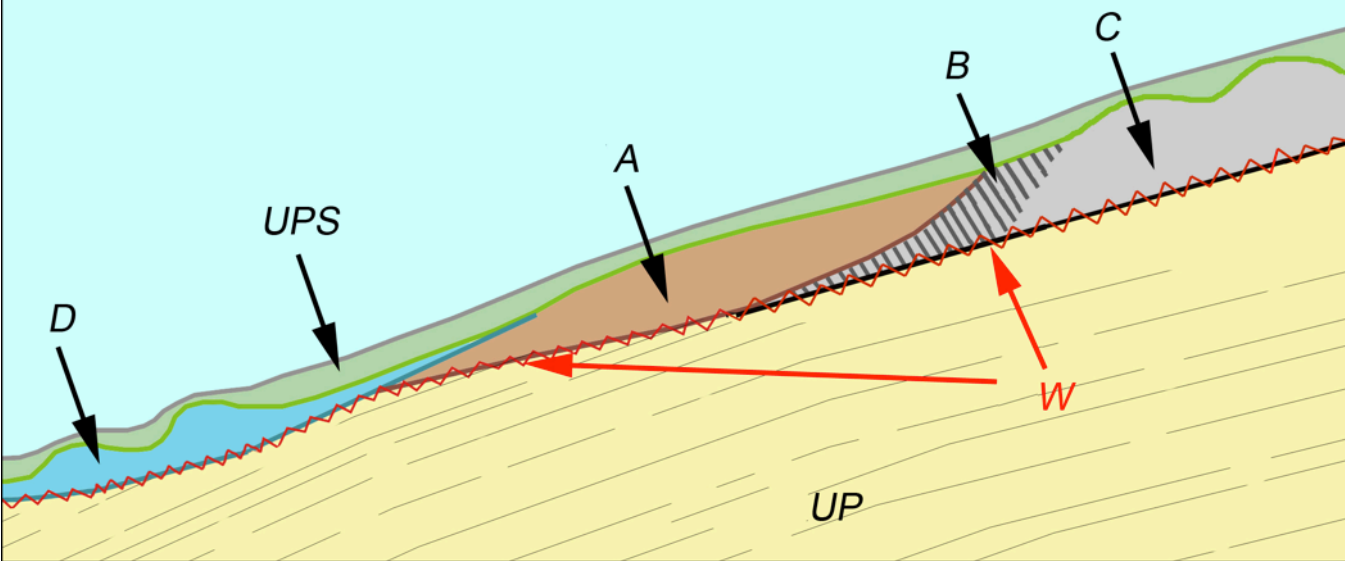
Mancata comprensione della complessità stratigrafica nell'integrazione tra carote di sedimento marino e indagini sismiche



Volume attribuito erroneamente all'unità sabbiosa UTS presente nella carota C2/3 è pari a **1.866.000 m³** (sup. 410.000m² per uno spessore di 4,6m);

il corretto volume da attribuire all'unità UTS campionata con la carota C2/3 è invece di **360.000 m³** (5 volte inferiore).

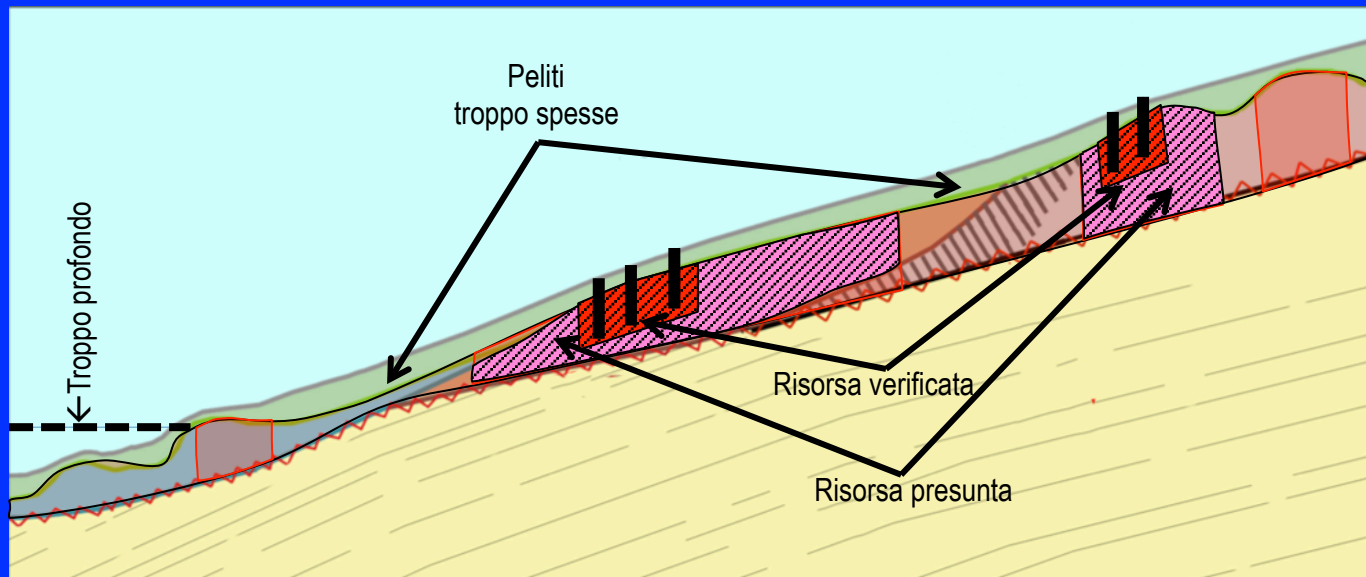




	Frazione superiore a 4 mm (%)	
0	20,9	Valori calcolati sulla base dei dati di carotaggio
,2	28,4	
,6	4,7	
9	6,2	Valori ipotizzati dall'Impresa in funzione delle superfici e delle profondità di dragaggio previste*
,6	18,6	Valori calcolati sulla base dei dati di carotaggio
,2	17,51	Valori calcolati sulla base dei campioni raccolti sulla draga



PT	potenzialità teorica	<i>volume totale di sedimenti relitti verosimilmente medio-grossolani (ma potenzialmente anche comprendenti peliti se non discriminabili), indipendentemente dalla profondità, dai vincoli e dalla copertura delle peliti di alto stazionamento</i>
PA	potenzialità accessibile	<i>volume di sedimento verosimilmente medio-grossolano (per facies simica e ambiente deposizionale ricostruito), compreso tra 25-100m di prof. con max. 2 m di copertura di peliti di alto stazionamento, anche senza campioni</i>
PP	potenzialità presunta	<i>volume di sedimento sabbioso o ghiaioso, ricostruito su base prevalentemente sismostratigrafica in base alla similitudine (orizzontale e verticale) della facies sismica con depositi contigui verificati con campionamento diretto</i>
PV	potenzialità verificata	<i>volume di sedimento sabbioso verificato da carote, interpolate entro una limitata distanza</i>





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Conclusioni

- 1) Non lavorare su aree ma su unità tridimensionali (anche sovrapposte), distinte in base alla facies sismica.
- 2) Anche nel campione composito, considerare la possibilità di avere più unità.
- 3) Oltre alla granulometria e ai parametri spaziali, quantificare l'omogeneità/ inomogeneità della facies sismica di ciascun deposito
- 4) Gerarchizzare i corpi su più livelli interpretativi (PT, PA, PP, PV) permettendo, all'interno di ogni livello, la suddivisione o l'accorpamento delle unità mano a mano che si acquisiscono nuovi dati





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Grazie per l'attenzione

**Strategie di campionamento e analisi
per la caratterizzazione tessiturale
di depositi di sabbie relitte a fini di ripascimento**

Francesco Falese^o, Giovanni Gaglianone, Chiara Adami^o, Francesco Latino Chiocci*^o*





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Importanza di usare parametri statistici riconosciuti dall'ambiente scientifico

Il parametro solitamente utilizzato per la descrizione dei sedimenti è la
Mz (Mean Size)

$$Mz = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$$

E non parametri come il D_mf (Mean grain diameter -secondo Führböter, 1961) estratto del "General Dredging Course", redatto da Training Institute for Dredging (e non Technical Institute for Dredging, come erroneamente riportato in Bates).

$$D_m = \frac{d_{10} + d_{20} + d_{30} + d_{40} + \dots + d_{90}}{9}$$

