



REGIONE MARCHE  
SERVIZIO LAVORI PUBBLICI  
UFFICIO PROGETTI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ANCONA  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
ISTITUTO DI IDRAULICA

# **STUDI, INDAGINI, MODELLI MATEMATICI FINALIZZATI ALLA REDAZIONE DEL PIANO DI DIFESA DELLA COSTA**

## **B1**

### **CARATTERIZZAZIONE DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA**

Regione Marche  
Il Dirigente Servizio LL.PP.  
Dott. Ing. Libero Principi

Il Coordinatore  
Prof. Ing. Alessandro Mancinelli

## INDICE

1)	<u>INTRODUZIONE</u> .....	B1.1
2)	<u>RILIEVI E CAMPAGNE DI MISURA DEL LITORALE MARCHIGIANO</u> .....	B1.1
3)	<u>ELABORAZIONE DEI DATI SEDIMENTOLOGICI</u> .....	B1.2
	3.1) <u>Classificazione di Udden-Wentworth</u> .....	B1.3
	3.2) <u>Classificazione di Shepard</u> .....	B1.5
	3.3) <u>Interpretazione dei dati disponibili</u> .....	B1.5
	3.4) <u>Risultati della elaborazione dei dati sedimentologici</u> .....	B1.6
	3.5) <u>I dati sedimentologici all'interno del SIT</u> .....	B1.7
4)	<u>CONFRONTO DEI RISULTATI DELL'ELABORAZIONE CON GLI STUDI ESISTENTI SU QUESTO ARGOMENTO</u> .....	B1.15
	4.1) <u>Caratteri granulometrici della spiaggia emersa</u> .....	B1.17
	4.2) <u>Caratteri granulometrici dei fondali</u> .....	B1.20

# **CARATTERIZZAZIONE DELLA SPIAGGIA EMERSA E SOMMERSA**

## **1) INTRODUZIONE**

L'articolo 2 punto b) della Convenzione tra Regione Marche – Servizio Lavori Pubblici e l'Università degli Studi di Ancona – Istituto di Idraulica, prevedeva l'elaborazione dei dati rilevati dalla Regione al fine di caratterizzare la spiaggia emersa e sommersa ed al fine di valutare le variazioni rispetto alle indagini precedentemente effettuate.

Il lavoro svolto dall'Istituto di Idraulica si è sviluppato lungo le seguenti direttrici:

- organizzazione della campagna di misure eseguita dall'Ufficio Progetti della Regione Marche;
- elaborazione ed interpretazione dei dati raccolti;
- raccolta ed elaborazione della cartografia esistente;
- predisposizione dell'architettura del sistema informativo territoriale;
- formazione della banca dati del sistema informativo territoriale;
- realizzazione del sistema informativo territoriale con i dati disponibili.

## **2) RILIEVI E CAMPAGNE DI MISURA DEL LITORALE MARCHIGIANO**

L'individuazione delle caratteristiche morfologiche del litorale marchigiano, nonché delle tendenze evolutive in atto, presuppone una conoscenza dettagliata delle informazioni topografiche, batimetriche e sedimentologiche.

A questo proposito la Regione Marche ha predisposto un'apposita campagna di misure lungo l'intera costa marchigiana per la raccolta di dati relativi sia alla spiaggia emersa che a quella sommersa.

Come già riferito nella Relazione di Prima Fase, l'Istituto di Idraulica ha collaborato in questa fase con l'Ufficio Progetti della Regione Marche per fornire il proprio supporto all'impostazione della campagna di rilievi topografici, batimetrici e sedimentologici.

La campagna di misure consisteva essenzialmente in tre fasi:

- rilievo topografico dell'intera linea di costa dalla foce del fiume Tavollo alla foce del fiume Tronto;
- rilievo batimetrico secondo circa 900 sezioni trasversali alla costa per un'ampiezza della fascia di mare di circa 1 km;

- prelievo di circa 2800 campioni di sedimenti e relativa analisi granulometrica suddivisi in due campagne di raccolta lungo circa 350 dei suddetti profili batimetrici.

I problemi amministrativi intercorsi durante l'esecuzione dei lavori hanno fatto sì che la campagna di misure venisse interrotta prima del suo completamento.

Pertanto in data 23.12.1999 la Regione Marche ha consegnato all'Istituto di Idraulica, come previsto dalla Convenzione, il rilievo topografico della linea di costa, mentre in data 09.02.2000 sono stati consegnati i risultati delle indagini sedimentologiche, relative ad una campagna di raccolta di 1400 campioni lungo tutta la costa marchigiana. Come si evince è rimasto escluso il rilievo batimetrico delle sezioni trasversali che ci si augura venga effettuato il più presto possibile.

### 3) **ELABORAZIONE DEI DATI SEDIMENTOLOGICI**

La campagna di misure sedimentologiche, condotta dal Dott. Geol. Roberto Troncarelli, con studio in Viterbo, ha interessato 334 profili trasversali con il prelievo di 1209 campioni sedimentologici. Poiché il capitolato dei lavori prevedeva la raccolta di 1400 campioni, i rimanenti 191 prelievi sono stati effettuati in 185 sezioni intermedie a quelle già campionate.

La campagna è stata eseguita dai primi di maggio alla terza decade di giugno, per cui il rilievo sedimentologico può ragionevolmente ritenersi rappresentativo del clima meteomarinico invernale.

I campioni sono stati raccolti lungo le sezioni prescelte alle quote +1, 0, -2, -5 m s.l.m., mentre per quanto riguarda i prelievi nelle sezioni intermedie, questi sono stati effettuati in prevalenza alla quota "0" ed in qualche caso significativo alla quota "+1".

Per ogni campione sono stati forniti i risultati dell'analisi granulometrica, sia come istogramma delle frequenze percentuali che come curva cumulata.

Inoltre sono riportati il valore del 16°, 50° ed 84° percentile necessari per il calcolo dei fondamentali parametri statistici.

Nel complesso i dati granulometrici disponibili risultano così distribuiti rispetto alla quota di campionamento:

Tabella 1 – Distribuzione dei campioni rispetto alla quota di campionamento

Quota	N° campioni su sezioni prescelte	N° campioni su sezioni “BIS”
+1	295	8
0	299	177
-2	292	/
-5	319	/

Come si può notare nella Tabella 1 non è stato sempre possibile prelevare i campioni alla quota prefissata sia sulla spiaggia emersa che alla profondità di 2 metri; ciò a causa della presenza di opere costiere (scogliere radenti, opere portuali, ecc.) oppure per la particolare conformazione della costa, come nella zona del Conero.

Una volta organizzati, i dati sedimentologici sono stati elaborati per caratterizzare ogni campione prelevato secondo le classificazioni fondamentali di Udden-Wentworth e di Shepard.

E' stato inoltre effettuato il calcolo di tre parametri statistici quali diametro medio, coefficiente di cernita e coefficiente di asimmetria tramite le relazioni di Inman (1952):

$$\text{diametro medio } M_f = \frac{f_{16} + f_{84}}{2}$$

$$\text{coefficiente di cernita} = S_f = \frac{f_{84} - f_{16}}{2}$$

$$\text{coefficiente di asimmetria} = S_K = \frac{f_{84} + f_{16} - 2f_{50}}{f_{84} - f_{16}}$$

Il coefficiente di appuntimento non è stato calcolato per la mancanza dei percentili 5° e 95°, necessari per l'applicazione della corrispondente formula e non forniti dagli esecutori delle analisi granulometriche.

### 3.1) Classificazione di Udden-Wentworth

La classificazione di Udden-Wentworth riguarda la suddivisione dello “spettro” delle dimensioni dei materiali naturali in una “scala graduata” con progressione geometrica di ragione 2.

Questa scala (v. Tabella 2) è la più usata in sedimentologia e consente ovviamente di standardizzare i termini dimensionali ed unificare la nomenclatura

Per quanto riguarda i dati granulometrici disponibili la classificazione è stata operata sulla base del valore della mediana ( $D_{50}$ ) del campione.

Va precisato che l'analisi granulometrica è stata effettuata mediante setacciatura meccanica nel materiale trattenuto dalla serie di setacci limitata inferiormente dal vaglio 200 ASTM (apertura della maglia 0.074 mm); quindi la classificazione operata nei dati forniti non consente di distinguere il materiale al di sotto del limite di separazione tra sabbia e silt. Pertanto il campione con  $D_{50} < 0.074$  mm è stato classificato come "limo" inglobando insieme le classi silt ed argilla.

*Tabella 2 – Scala granulometrica di Udden-Wentworth*

<b>Dimensione</b>	<b>Nomenclatura italiana</b>	<b>Nomenclatura inglese</b>
>256 mm	masso	boulders
256÷128 mm	ciottolo molto grossolano	large cobbles
128÷64 mm	ciottolo grossolano	small cobbles
64÷32 mm	ciottolo medio grossolano	very coarse gravel
32÷16 mm	ciottolo medio	coarse gravel
16÷8 mm	ciottolo medio fine	medium gravel
8÷4 mm	ciottolo fine	fine gravel
4÷2 mm	granulo	very fine gravel
2÷1 mm	sabbia molto grossolana	very coarse sand
1÷0.5 mm	sabbia grossolana	coarse sand
0.5÷0.25 mm	sabbia media	medium sand
0.25÷0.125 mm	sabbia fine	fine sand
0.125÷0.062 mm	sabbia finissima	very fine sand
0.062÷0.031 mm	limo grossolano	coarse silt
0.031÷0.016 mm	limo medio	medium silt
0.016÷0.008 mm	limo fine	fine silt
0.008÷0.004 mm	limo finissimo	very fine silt
<0.004 mm	argilla	clay

### 3.2) Classificazione di Shepard

La classificazione di Shepard riguarda la composizione granulometrica del materiale e consente di individuare un dato campione sulla base delle frazioni granulometriche dei suoi componenti.

Shepard assume tre componenti come “basi o principali” ed il componente presente in quantità superiore al 50% dà il nome al sedimento ed è definito componente “dominante”.

La rappresentazione grafica della composizione granulometrica è espressa da un triangolo equilatero in cui ogni vertice indica il 100% di un componente.

Tracciando da ogni vertice la perpendicolare al lato opposto e tagliando questa linea in corrispondenza del 75% e del 20% si ottiene la classificazione usata comunemente. La Figura 1 mostra il triangolo di Shepard nel caso si sia assunto come componenti base ghiaia, sabbia e limo.

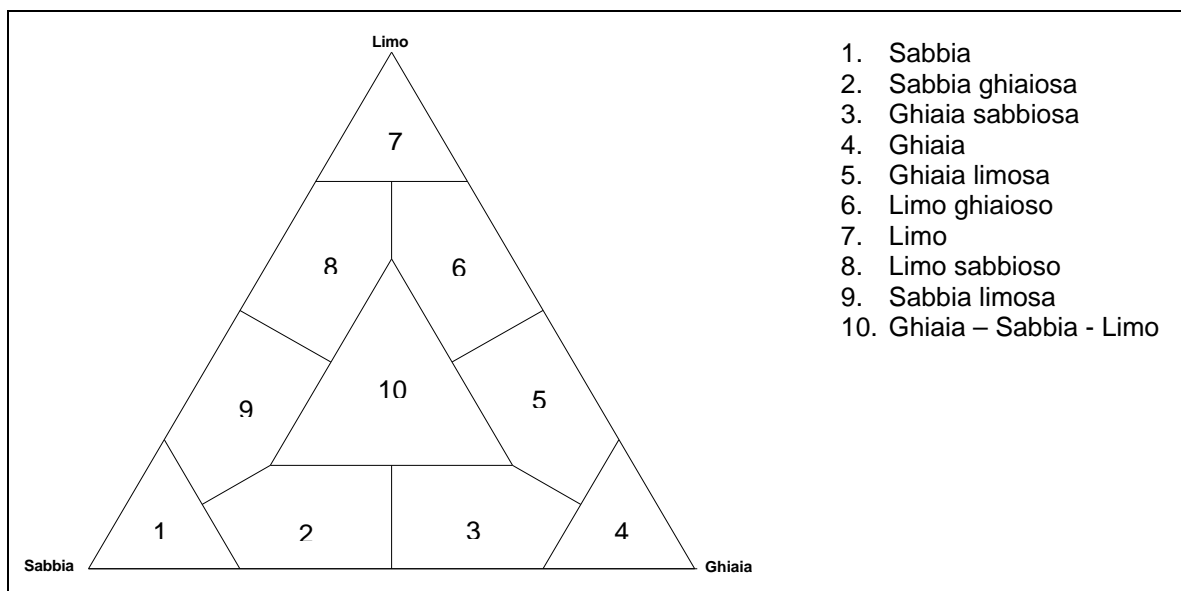


Figura 1 – Triangolo di Shepard per le frazioni ghiaia, sabbia e limo.

### 3.3) Interpretazione dei dati disponibili

Per operare le sopracitate classificazione di Udden-Wentworth e di Shepard sui dati sedimentologici forniti dalla Regione Marche si sono utilizzati direttamente i risultati delle analisi granulometriche archiviati su supporto magnetico in formato Excel di Microsoft.

Durante l’elaborazione di questi files (uno per ogni profilo campionato, contenente quattro fogli di lavoro relativi ai quattro campioni prelevati) si sono riscontrate le seguenti differenze di

contenuto rispetto a quanto riportato nella Relazione Tecnica delle indagini sedimentologiche:

- i profili 518, 586-bis, 758, 759 e 760 non hanno dati relativi ad alcun campione;
- i profili 689 e 694 hanno i dati relativi al campione “-5”;
- i campioni 119/+1, 127/+1, 481/-2 e 599/0 presentano un peso secco totale del campione minore della somma dei pesi del trattenuto dai singoli setacci;
- i campioni con il trattenuto al setaccio 200 ASTM minore del 50% sono 10 e non 6 e sono 148/-5, 398/+1, 444/+1, 451/+1, 517/-5, 651/+1, 661/-5, 689/-5, 690/-5, 694/-5;
- 84 campioni i materiale hanno la percentuale di limo compresa tra il 16% ed il 50%; di conseguenza l’84° percentile non sarebbe rigorosamente deducibili dalla curva granulometrica.

Tali anomalie sono state verificate con il responsabile delle analisi granulometriche (Dott. R. Troncarelli) e sono state superate nel modo seguente:

- i profili 518, 586-bis, 758, 759 e 760 non sono stati effettivamente campionati;
- i profili 689 e 694 sono stati campionati alla “-5”, ma come effettivamente è risultato, i campioni hanno il trattenuto al setaccio 200 ASTM minore del 50% e quindi sono praticamente campioni inutilizzabili;
- il peso secco dei campioni 119/+1, 127/+1, 481/-2 e 599/0 è stato corretto con la somma dei pesi parziali;
- i campioni 148/-5 e 517/-5 sono stati considerati ugualmente validi in quanto la percentuale di trattenuto al 200 ASTM è praticamente prossima al 50% (48,3% e 48,7%);
- per quanto riguarda il  $d_{84}$  fornito per i campioni con la frazione limosa compresa tra il 16% ed il 50%, questo è stato stimato dall’analista ed è quindi stato accettato in quanto tale.

### **3.4) Risultati della elaborazione dei dati sedimentologici**

Le elaborazioni effettuate per classificare i campioni di materiale secondo quanto detto in precedenza, hanno fornito alcuni risultati interessanti che possono essere così riassunti.

Più del 50% dei campioni granulometrici è composto da sabbia in misura superiore al 75% ed oltre il 60% del totale dei prelievi ha il  $D_{50}$  relativo all’intervallo delle sabbie (v. Figure 2 e 3 e Tabelle 3 e 4).

Disaggregando i dati in relazione alla profondità di campionamento si nota come le caratteristiche della spiaggia emersa e di quella sommersa differiscano molto tra di loro.

La maggioranza dei campioni prelevati sulla spiaggia emersa ha infatti caratteristiche granulometriche di tipo ghiaioso (v. Figure 4 e 5).



Questo dato risulta ancora più evidente se si fa riferimento ai campioni raccolti alla “+1” sia per quanto riguarda il valore della mediana che per quello della frequenza percentuale della classe di Shepard relativa alle ghiaie (v. Figura 6 e Tabella 4)).

Il risultato si conferma anche distinguendo tra campioni presi a nord ed a sud di Ancona anche se questo carattere è più evidente nei dati relativi alle spiagge emerse a sud di Ancona sicuramente a causa della presenza del promontorio del Conero (v. Tabelle 5 e 6).

Diversa è invece la situazione complessiva della spiaggia sommersa che risulta a carattere marcatamente sabbioso, sia per i campioni alla “-2” che per quelli alla “-5” (v. Figure 7 e 8).

Da notare comunque che esiste una percentuale di circa il 15% di campioni ghiaiosi anche alla profondità di 2 metri, mentre tale frazione praticamente si annulla alla “-5” (v. Figure 9 e 10).

E’ importante sottolineare che questa presenza di ghiaia risulta concentrata in due tratti del litorale marchigiano: a nord tra il porto di Senigallia e Marina di Montemarciano, mentre a sud tra il porto di Civitanova Marche e la foce del fiume Tenna.

Questo dato, se confermato, è molto importante in quanto rappresenta uno degli elementi fondamentali per connotare una spiaggia come “stabile”. La presenza di ghiaia ad una certa distanza dalla riva potrebbe significare l’esistenza di una barra di materiale grossolano in grado quindi di far frangere le onde più alte prima che queste raggiungano la riva con ovvie funzioni stabilizzatrici per la spiaggia emersa.

Questa ipotesi necessita ovviamente di essere confermata sia con altre analisi granulometriche che soprattutto con un accurato rilievo batimetrico della spiaggia emersa e sommersa.

### **3.5) I dati sedimentologici all’interno del SIT**

Tutti i risultati delle elaborazioni effettuate ed alcuni dei dati delle analisi granulometriche sono stati inseriti all’interno del sistema informativo territoriale predisposto per la costa marchigiana.

Il tema è stato così organizzato.

L’elemento geografico del campione è ovviamente rappresentato da un punto che però non rappresenta l’effettivo punto di campionamento in quanto le coordinate geografiche del prelievo non sono state rilevate né è stato possibile ricavarle a posteriori tramite la sezione batimetrica poiché questa non è stata ancora eseguita.

I punti relativi alle quote di campionamento “+1”, “-2” e “-5” sono dunque posizionati in

modo qualitativo ed al di fuori della traccia del profilo batimetrico in modo da non creare equivoci. Solo il punto di campione alla “0” è stato ubicato all’intersezione tra la sezione batimetrica e la linea di costa rilevata dalla Regione Marche in quanto questo rilievo rappresenta il dato ufficiale più aggiornato e congruente con la campagna di misure sedimentologiche. Ad ogni elemento grafico sono stati associati i seguenti attributi: sigla identificativa del campione, numero del profilo batimetrico di riferimento, quota di campionamento,  $D_{50}$  del campione, path del file della curva granulometrica.

Il tema così organizzato può essere mostrato nella “vista” direttamente dal menu “dati sedimentologici” e viene visualizzato con la classificazione di Udden-Wentworth della mediana dei campioni di sedimenti.

E’ stato inoltre predisposto un database delle analisi granulometriche che contiene le seguenti informazioni: sigla del campione, profilo di riferimento, quota di campionamento, 16°, 50° e 84° percentile, percentuali delle frazioni granulometriche (Ghiaia, Sabbia e Limo), mediana, media, coefficiente di cernita, classificazione del campione secondo Shepard, eventuali note.

Tutte queste informazioni possono essere aggiunte al tema dei campioni granulometrici tramite il campo comune “sigla del campione” consentendo nuove visualizzazioni ed estrazioni di nuove informazioni e/o dati.

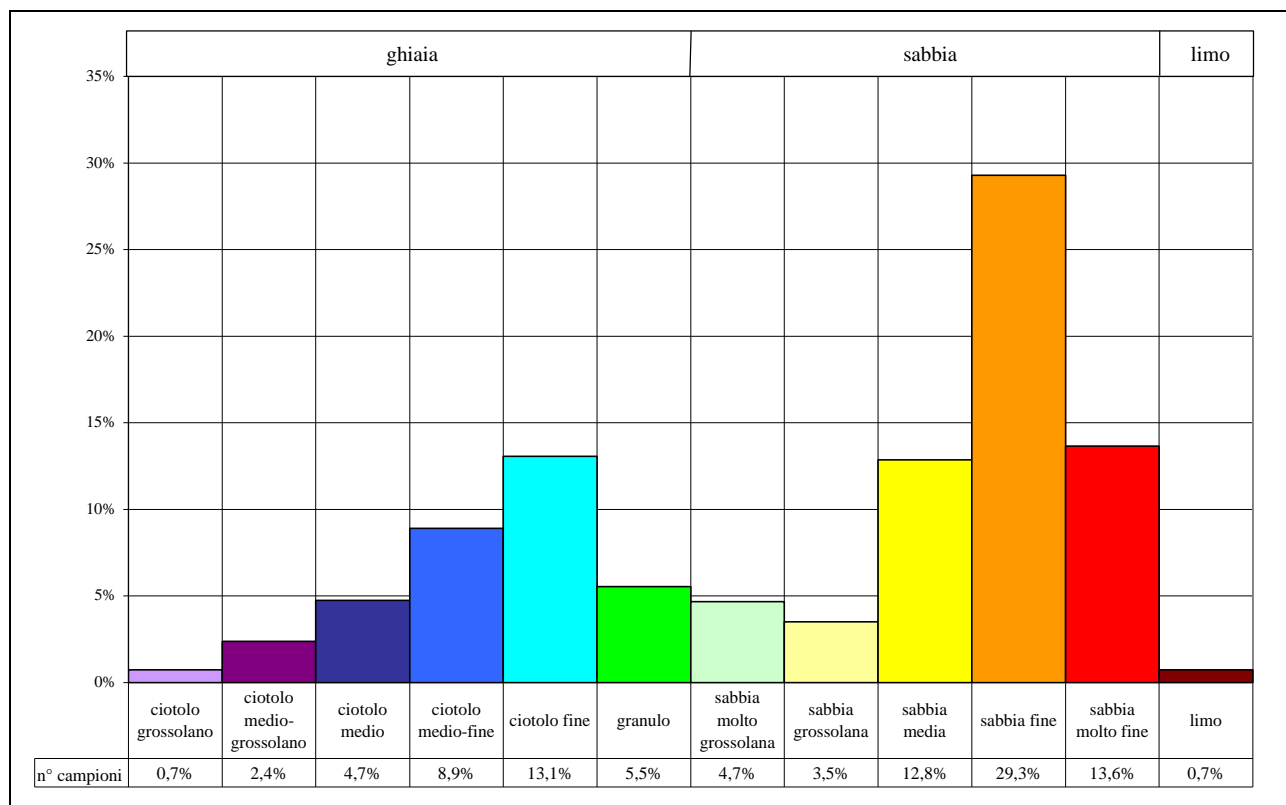


Figura 2 – Classificazione del  $D_{50}$  dei campioni prelevati nella campagna di misure effettuata dalla Regione Marche nel 1999.

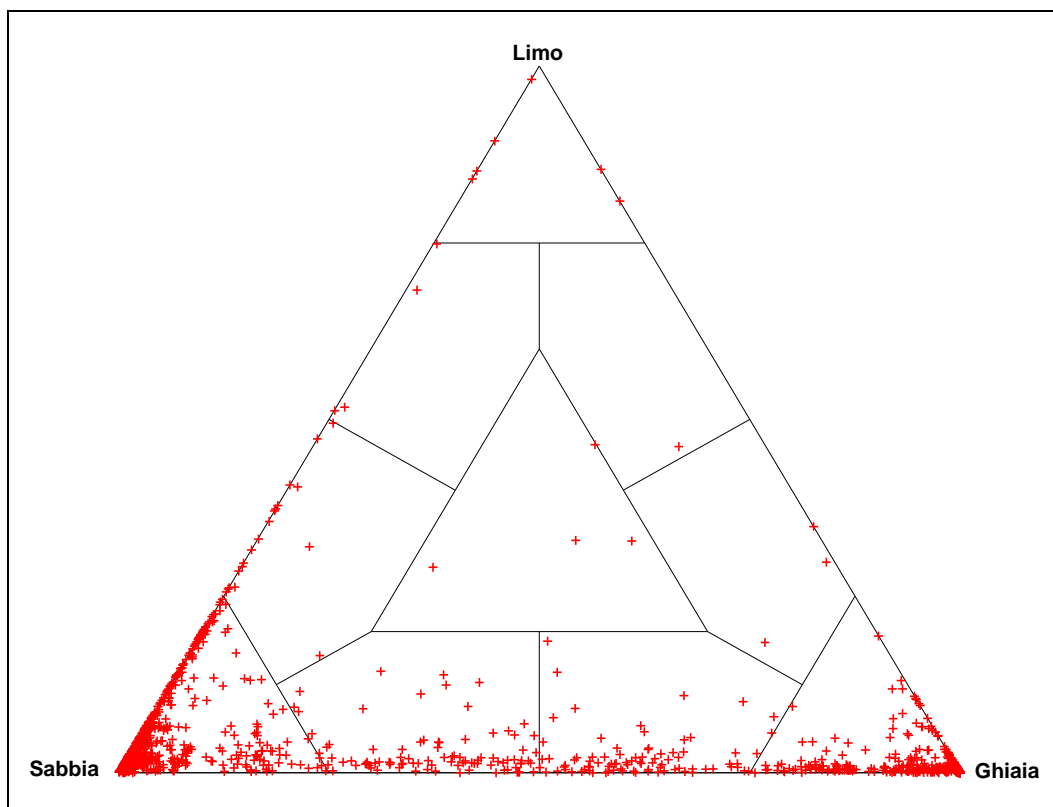


Figura 3 – Triangolo di Shepard dei campioni prelevati

Tabella 3 – Classificazione di Udden-Wentworth dei campioni della campagna “Regione Marche 1999” in relazione alla profondità di campionamento

		tutti		"+1"		"0"		"-2"		"-5"	
1	ciottolo grossolano	10	0.7%	5	1.7%	4	0.8%	1	0.3%	0	0.0%
2	ciottolo medio grossolano	33	2.4%	19	6.3%	8	1.7%	6	2.0%	0	0.0%
3	ciottolo medio	66	4.7%	32	10.6%	20	4.2%	8	2.7%	6	1.9%
4	ciottolo medio fine	124	8.9%	69	22.8%	42	8.8%	13	4.4%	0	0.0%
5	ciottolo fine	182	13.1%	41	13.5%	121	25.4%	20	6.8%	0	0.0%
6	granulo	77	5.5%	4	1.3%	59	12.4%	13	4.4%	1	0.3%
7	sabbia molto grossolana	65	4.7%	10	3.3%	39	8.2%	16	5.5%	0	0.0%
8	sabbia grossolana	49	3.5%	15	5.0%	15	3.1%	9	3.1%	10	3.1%
9	sabbia media	179	12.8%	44	14.5%	68	14.3%	44	15.0%	23	7.2%
10	sabbia fine	408	29.3%	52	17.2%	91	19.1%	119	40.6%	146	45.6%
11	sabbia molto fine	190	13.6%	8	2.6%	10	2.1%	44	15.0%	128	40.0%
12	limo	10	0.7%	4	1.3%	0	0.0%	0	0.0%	6	1.9%

Tabella 4 – Classificazione di Shepard dei campioni della campagna “Regione Marche 1999” in relazione alla profondità di campionamento

		tutti		"+1"		"0"		"-2"		"-5"	
1	sabbia	768	55.1%	114	37.6%	172	36.1%	189	64.5%	293	91.6%
2	sabbia ghiaiosa	92	6.6%	12	4.0%	47	9.9%	33	11.3%	0	0.0%
3	ghiaia sabbiosa	85	6.1%	13	4.3%	54	11.3%	17	5.8%	1	0.3%
4	ghiaia	411	29.5%	157	51.8%	203	42.6%	45	15.4%	6	1.9%
5	ghiaia limosa	3	0.2%	2	0.7%	0	0.0%	1	0.3%	0	0.0%
6	limo ghiaioso	1	0.1%	0	0.0%	0	0.0%	1	0.3%	0	0.0%
7	limo	6	0.4%	3	1.0%	0	0.0%	0	0.0%	3	0.9%
8	limo sabbioso	4	0.3%	1	0.3%	0	0.0%	0	0.0%	3	0.9%
9	sabbia limosa	19	1.4%	0	0.0%	1	0.2%	4	1.4%	14	4.4%
10	ghiaia - sabbia - limo	4	0.3%	1	0.3%	0	0.0%	3	1.0%	0	0.0%

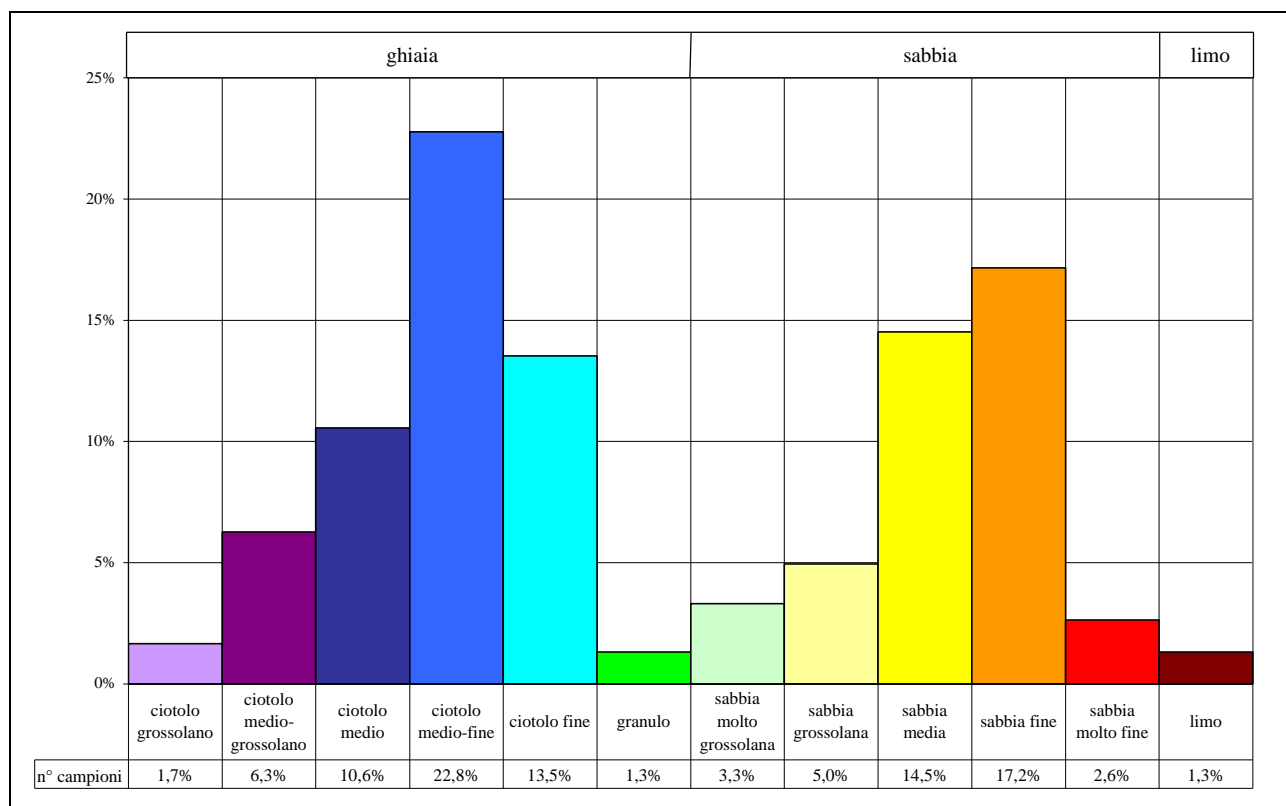


Figura 4 - Classificazione del  $D_{50}$  dei campioni prelevati alla quota +1 m s.l.m.m.

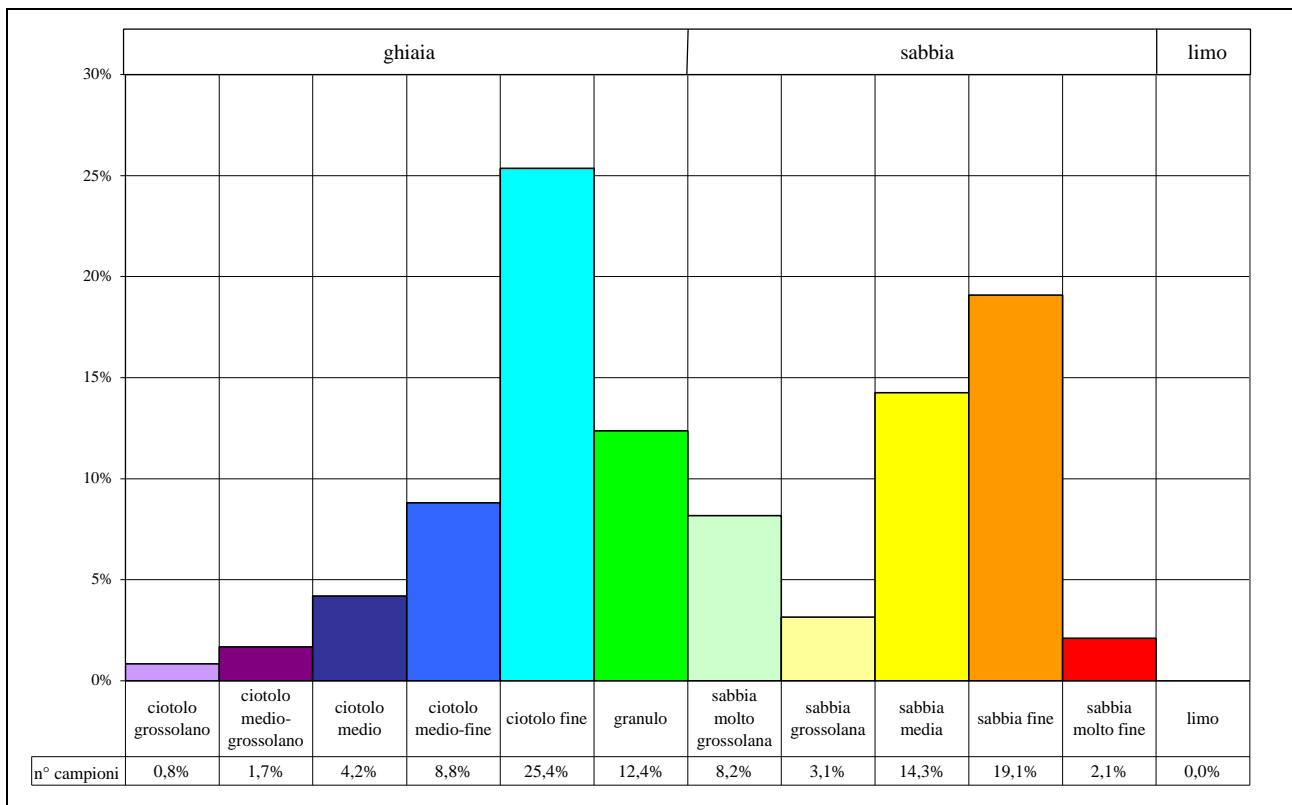


Figura 5 – Classificazione del  $D_{50}$  dei campioni prelevati alla quota 0 m s.l.m.m.

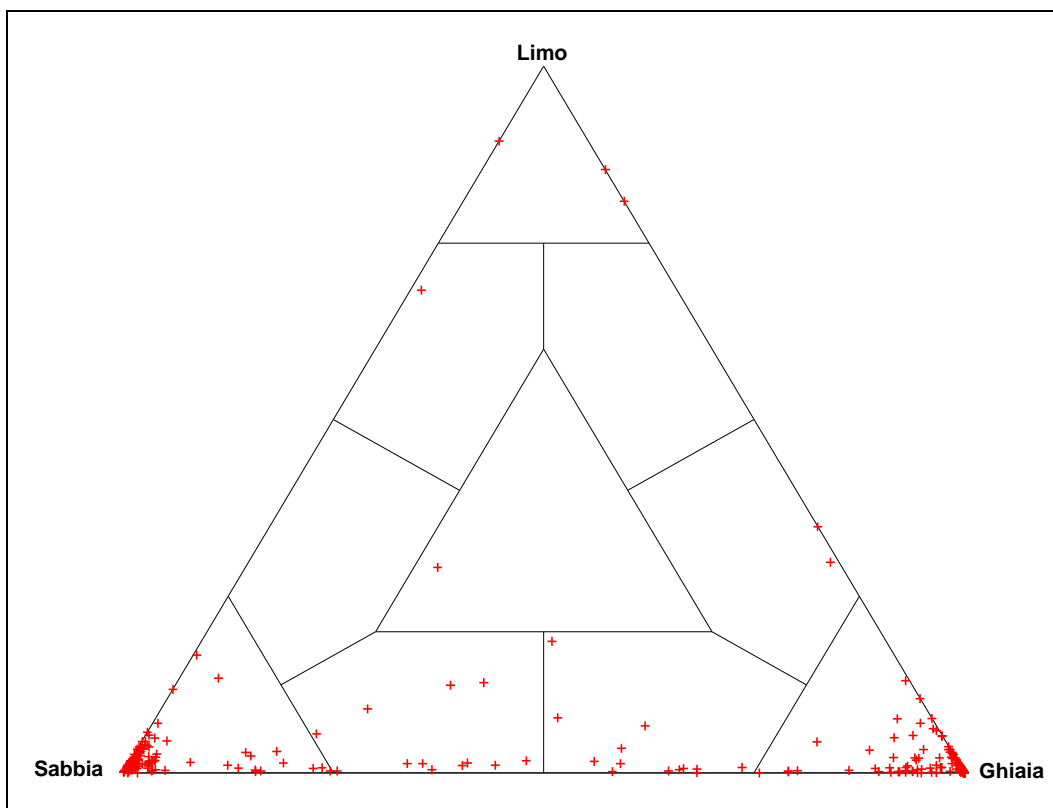


Figura 6 – Triangolo di Shepard relativo ai campioni granulometrici prelevati alla quota +1 m s.l.m.m.

Tabella 5 –  $D_{50}$  dei campioni granulometrici prelevati alla quota +1 m s.l.m.m. suddivisi tra nord di Ancona e sud di Ancona

		Tutti		Nord		Sud	
1	ciotolo grossolano	5	1.7%	5	3.7%	0	0.0%
2	ciotolo medio grossolano	19	6.3%	11	8.2%	8	4.7%
3	ciotolo medio	32	10.6%	17	12.7%	15	8.9%
4	ciotolo medio fine	69	22.8%	26	19.4%	43	25.4%
5	ciotolo fine	41	13.5%	12	9.0%	29	17.2%
6	granulo	4	1.3%	0	0.0%	4	2.4%
7	sabbia molto grossolana	10	3.3%	0	0.0%	10	5.9%
8	sabbia grossolana	15	5.0%	1	0.7%	14	8.3%
9	sabbia media	44	14.5%	20	14.9%	24	14.2%
10	sabbia fine	52	17.2%	37	27.6%	15	8.9%
11	sabbia molto fine	8	2.6%	5	3.7%	3	1.8%
12	limo	4	1.3%	0	0.0%	4	2.4%

Tabella 6 –  $D_{50}$  dei campioni granulometrici prelevati alla quota 0 m s.l.m.m. suddivisi tra nord di Ancona e sud di Ancona

		Tutti		Nord		Sud	
1	ciotolo grossolano	4	0.8%	4	1.9%	0	0.0%
2	ciotolo medio grossolano	8	1.7%	4	1.9%	4	1.9%
3	ciotolo medio	20	4.2%	10	4.6%	10	4.6%
4	ciotolo medio fine	42	8.8%	16	7.4%	26	12.0%
5	ciotolo fine	121	25.4%	38	17.6%	83	38.4%
6	granulo	59	12.4%	19	8.8%	40	18.5%
7	sabbia molto grossolana	39	8.2%	14	6.5%	25	11.6%
8	sabbia grossolana	15	3.1%	5	2.3%	10	4.6%
9	sabbia media	68	14.3%	38	17.6%	30	13.9%
10	sabbia fine	91	19.1%	66	30.6%	25	11.6%
11	sabbia molto fine	10	2.1%	2	0.9%	8	3.7%
12	limo	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%

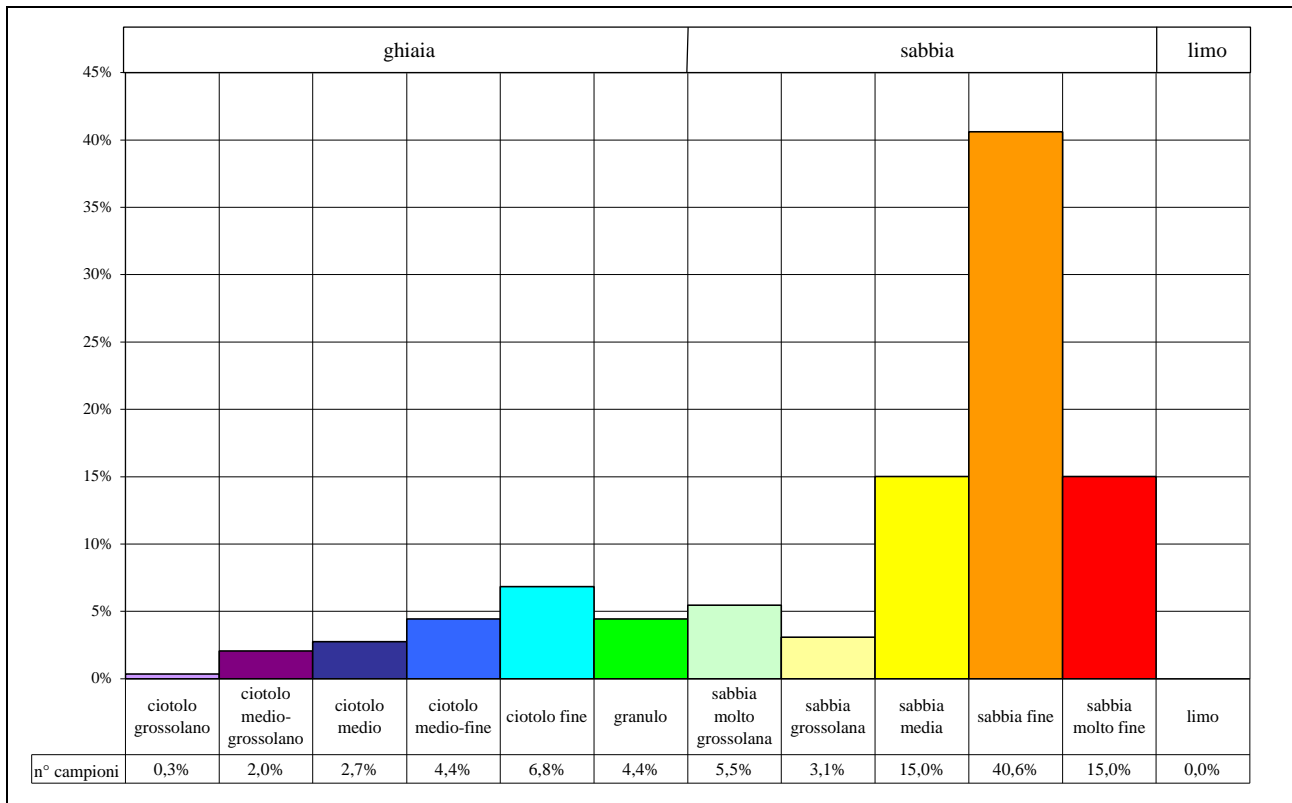


Figura 7 – Classificazione del  $D_{50}$  dei campioni prelevati alla quota -2 m s.l.m.m.

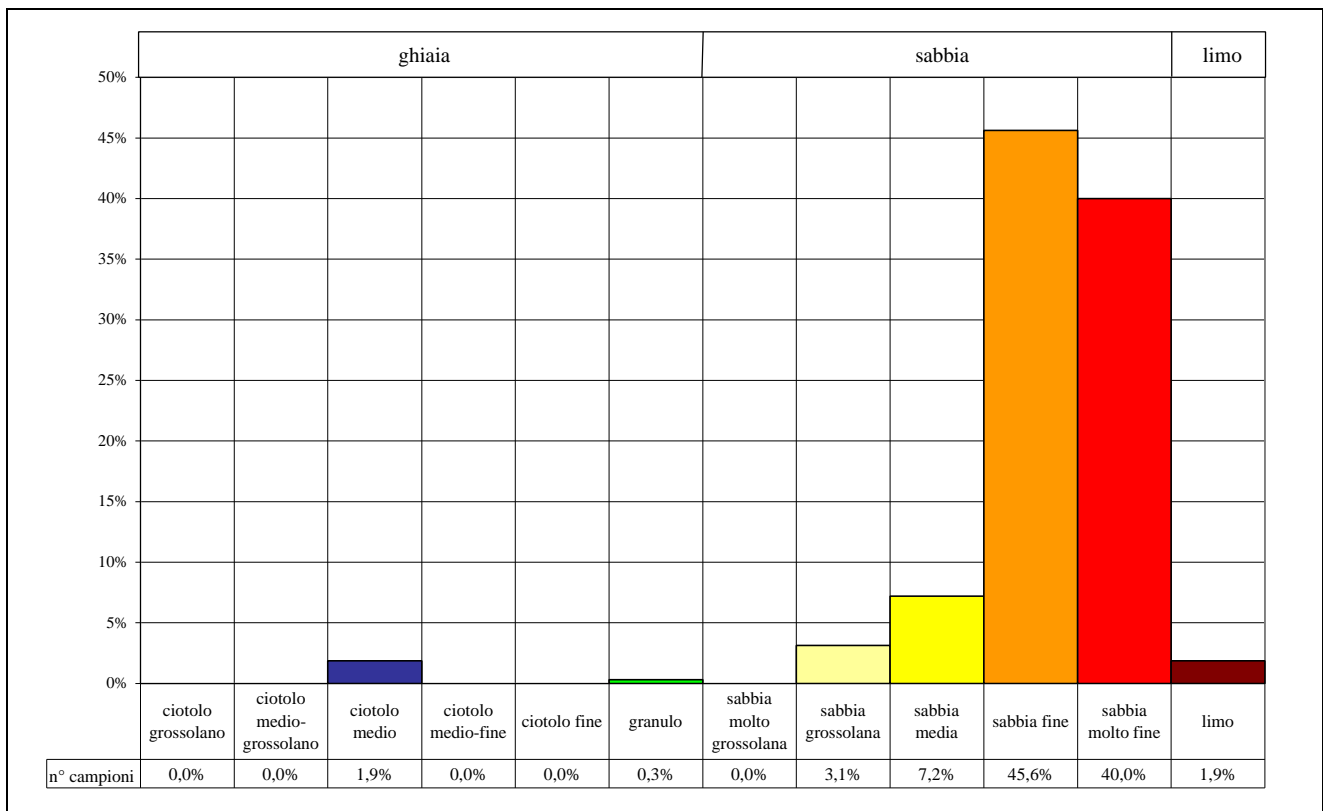


Figura 8 – Classificazione del  $D_{50}$  dei campioni prelevati alla quota -5 m s.l.m.m.

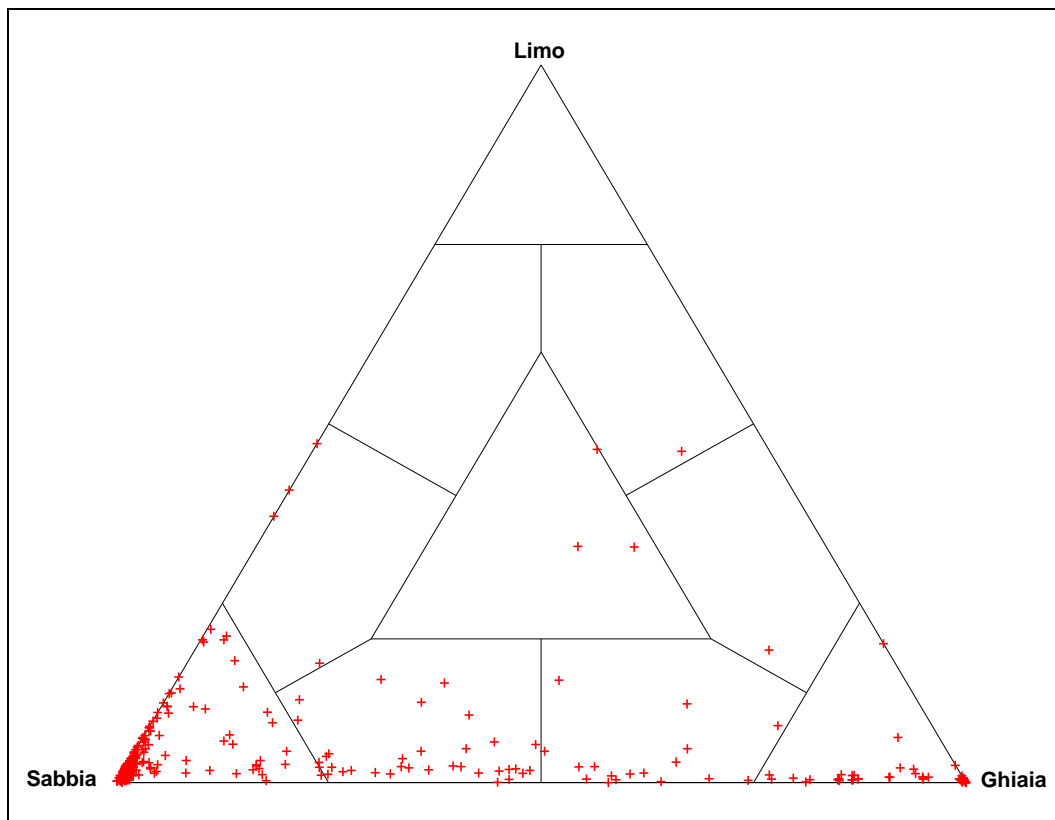


Figura 9 – Triangolo di Shepard relativo ai campioni granulometrici prelevati alla quota -2 m s.l.m.m.

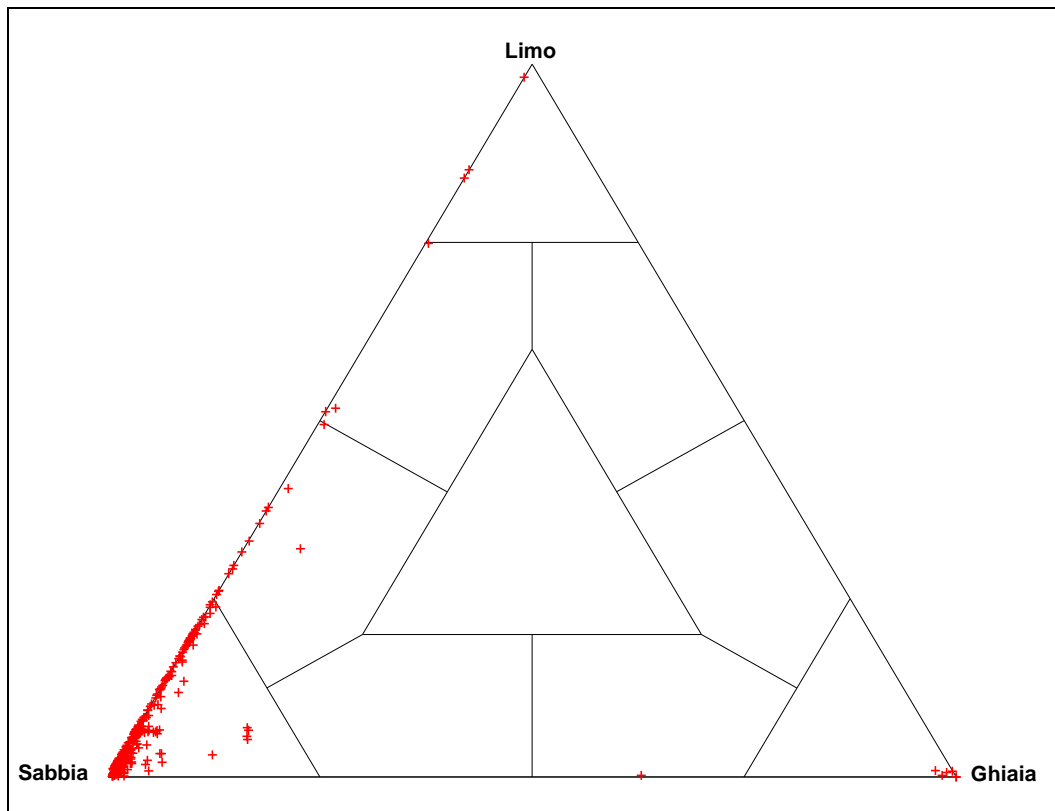


Figura 10 – Triangolo di Shepard relativo ai campioni granulometrici prelevati alla quota -5 m s.l.m.m.



#### **4) CONFRONTO DEI RISULTATI DELL'ELABORAZIONE CON GLI STUDI ESISTENTI SU QUESTO ARGOMENTO**

Il litorale marchigiano è stato oggetto nel passato di diverse campagne di misure batimetriche e sedimentologiche. Come più ampiamente descritto nella Prima Fase, la possibilità di utilizzare questi dati ai fini di una caratterizzazione della spiaggia emersa e sommersa è praticamente limitata alle indagini svolte nel tratto di costa compreso tra la foce del fiume Cesano e quella del fiume Esino.

In questa zona sono stati prelevati dal 1989 al 1990, in quattro distinte campagne, più di 500 campioni granulometrici, sia sulla spiaggia emersa che su quella sommersa.

L'analisi dettagliata dei dati relativi a questa attività di rilievo viene riportata in Appendice al presente documento.

Conseguentemente, avendo imposto che in questo tratto di costa le sezioni batimetriche della campagna di misure della Regione Marche coincidessero con le precedenti, in alcune zone si dispone di dati sedimentologici omogenei raccolti a distanza di 10 anni gli uni dagli altri. In particolare la Figura 11 mostra l'area in esame con evidenziati i profili dove sono state ripetute le misure sedimentologiche; si tratti in particolare di 10 delle 18 sezioni oggetto di prelievo nelle campagne di misura del 1989-1990.

La Tabella 7 riassume i campioni che sono stati prelevati lungo questi profili nelle diverse indagini.

*Tabella 7 – Quadro sintetico dei punti di campionamento nelle diverse campagne di misura*

<b>CAMPIONI</b>	<b>LUGLIO 1989</b>	<b>MARZO 1990</b>	<b>GIUGNO 1990</b>	<b>SETTEMBRE 1990</b>	<b>MAG-GIU 1999</b>
T1	*	*	*	*	
T2 - +1	*	*	*	*	*
T3 - 0	*	*		*	*
-0,5	*		*	*	
-1	*			*	
-2	*		*	*	*
-3	*			*	
-4	*		*	*	
-5	*			*	*
-6	*		*	*	

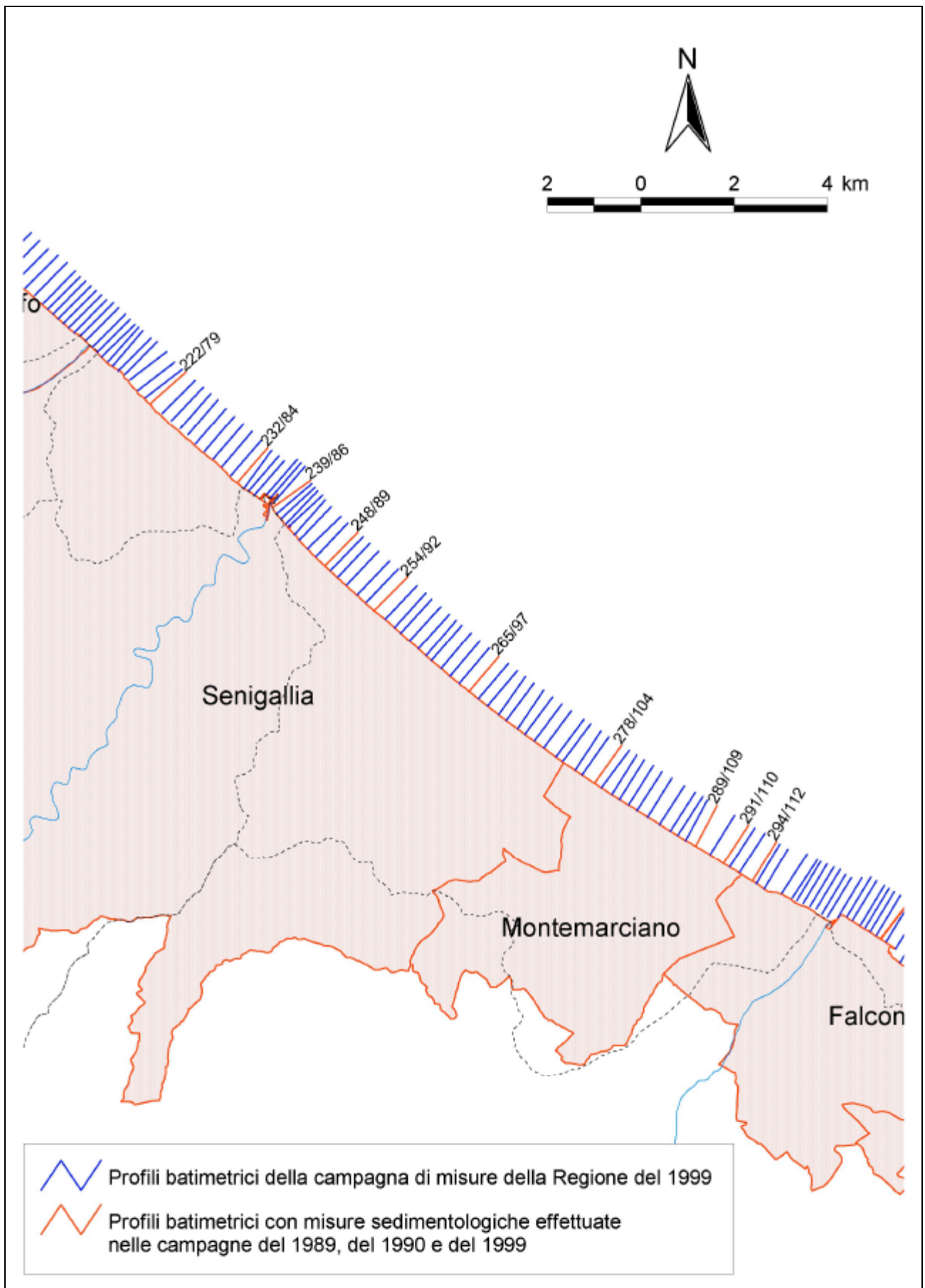


Figura 11 – Area del litorale marchigiano oggetto di misure sedimentologiche ripetute negli anni 1989, 1990 e 1999

Con i dati che si hanno a disposizione è possibile fare alcune osservazioni sulla spiaggia emersa e sommersa in corrispondenza di queste particolare sezioni riguardanti l'evoluzione nel tempo del diametro medio e delle frazioni granulometriche dei campioni prelevati.

La mancanza dei rilievi batimetrici non consente invece di effettuare confronti circa la distribuzione nello spazio, cioè lungo costa, dei parametri statistici ricavati dalle elaborazioni delle misure.

#### **4.1) Caratteri granulometrici della spiaggia emersa**

Utilizzando i dati del diametro medio dei campioni prelevati sulla spiaggia emersa e sulla battigia, nelle campagne di misura del 1989-1990 e del 1999, è stato possibile dedurre le seguenti informazioni.

La spiaggia di Senigallia, sia a nord che a sud del porto, identificata dai profili da 222 a 260, presenta delle caratteristiche granulometriche stabili nel tempo. I valori del diametro medio calcolati per i campioni prelevati alle quote "+1" e "0" metri s.l.m. nel maggio 1999 (v. Figura 12) sono praticamente uguali a quelli misurati nel luglio 1989, i quali si possono ritenere rappresentativi dello stesso clima meteomarinico. Ancora più confrontabili sono i dati riferiti a giugno 1990, ma la mancanza dei campioni sulla battigia rende il confronto meno attendibile. Comunque, con i dati che si hanno a disposizione (v. Figura 13), il risultato relativo alla spiaggia di Senigallia è sicuramente confermato.

Più difficile è invece interpretare i risultati del confronto del diametro medio per i tratti di Marzocca e di Marina di Montemarciano. L'esame delle stesse Figura sopra citate mostra infatti un discreto aumento della dimensione media dei sedimenti di spiaggia. Ciò significherebbe che la spiaggia è diventata più grossolana. Ma mentre questo è sicuramente vero per la zona di Marina di Montemarciano, dove si è intervenuti con un'opera di ripascimento con materiale ghiaioso, lo stesso non si può dire per l'altra area, in quanto il materiale più grossolano può essere arrivato solo per l'azione del trasporto solido longitudinale.

Per tentare di chiarire meglio questo fenomeno si è cercato di trovare alcuni campioni della campagna 1999 che potessero essere ritenuti spazialmente vicini a quelli presi sui profili 99, 100 e 102 nel monitoraggio del 1989-1990, in modo da avere più dati relativi a quella zona

Si sono scelti i campioni presi sui profili 269 e 275 e sono stati confrontati con quelli delle sezioni 99 e 102. I dati così ottenuti (v. Figura 14) sembrerebbero confermare questa tendenza con un aumento del diametro medio della spiaggia emersa nella zona di Marzocca.

Il risultato andrebbe comunque meglio verificato, in quanto in quella zona la spiaggia emersa è molto ampia, per cui sarebbe utile avere sia dei campioni prelevati a quote maggiori rispetto al medio mare (“+2”) sia delle misure ripetute in diverse stagioni, da confrontare con gli analoghi delle precedenti campagne.

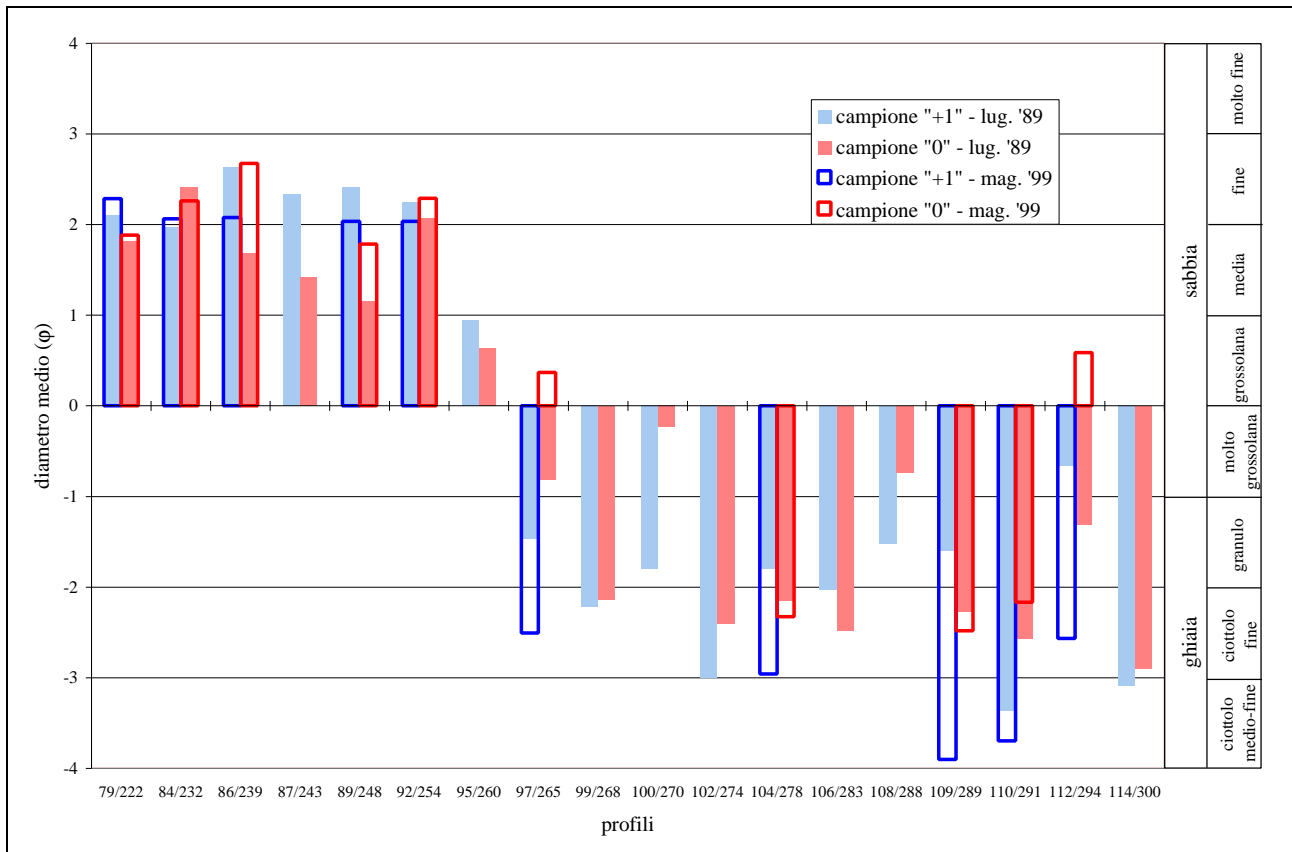


Figura 12 – Diametro medio della spiaggia emersa dal fiume Cesano al fiume Esino. Campagne di misura luglio 1989 e maggio 1999.

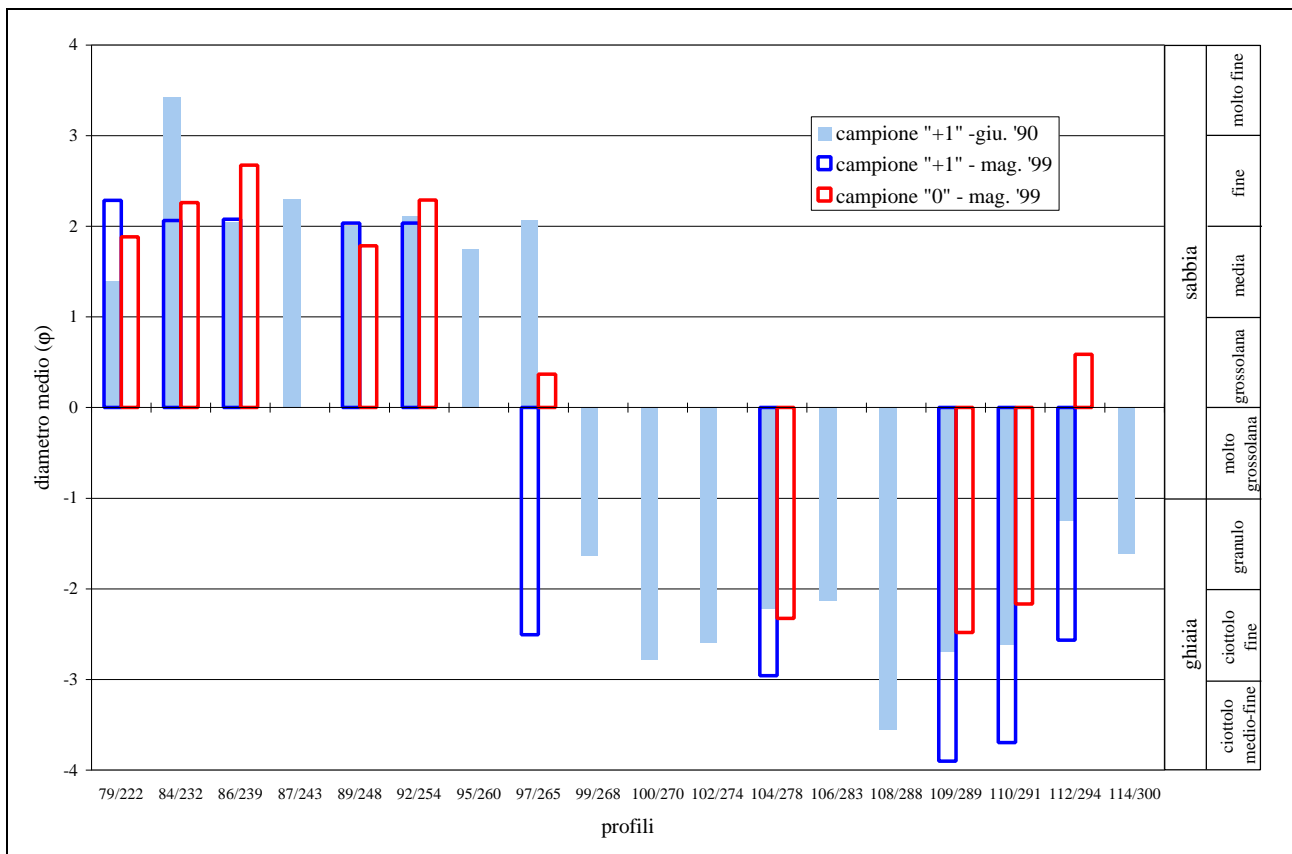


Figura 13 – Diametro medio della spiaggia emersa dal fiume Cesano al fiume Esino. Campagne di misura giugno 1990 e maggio 1999.

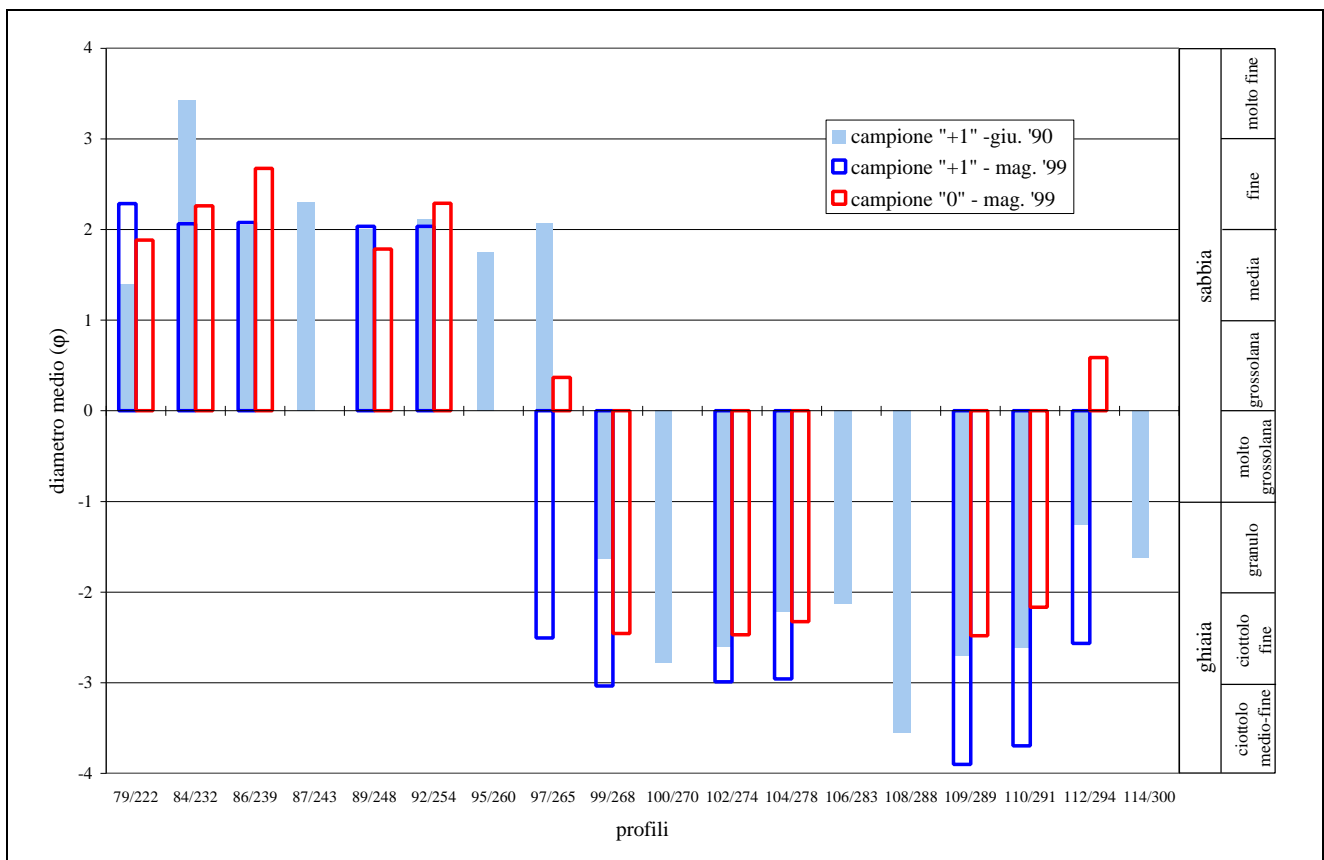


Figura 14 – Diametro medio della spiaggia emersa dal fiume Cesano al fiume Esino. Campagne di misura giugno 1990 e maggio 1999 con dati ampliati per la zona di Marzocca.

#### 4.2) Caratteri granulometrici dei fondali

Per valutare le caratteristiche dei sedimenti costituenti i fondali prossimi alla riva lungo il litorale compreso tra le foci dei fiumi Cesano ed Esino, si sono utilizzati i risultati delle elaborazioni effettuate sui campioni prelevati dalla battigia fino alla profondità di 5 metri.

Le Figure da 15 a 24 mostrano la variazione nel tempo del diametro medio in relazione alla profondità di campionamento lungo i profili con misure ripetute.

L'esame di queste evidenzia generalmente una stabilità dei valori del diametro medio rilevati dopo un periodo di tempo di 10 anni.

Questo dato è particolarmente rilevabile nei profili relativi alle spiagge di Senigallia sia a nord che a sud del porto, i quali mostrano in alcuni casi (profili 79, 89 e 97) valori praticamente coincidenti dopo 10 anni. Si tratta di sezioni costituite da sabbie fini, appartenenti a tratti di costa difesi con scogliere (profili 79 e 84) o stabili naturalmente (86, 89, 92 e 97).

Abbastanza analogo il discorso per il profilo 104 nella zona di Marzocca, caratterizzato da materiale ghiaioso fino alla profondità di due metri e da un modesto aumento del diametro medio delle sabbie presenti dalla “-2” alla “-5” metri.

Più difficile invece è il confronto dei risultati ottenuti per i profili 109, 110 e 112 ubicati a Marina di Montemarciano in zone con forti problemi di erosione negli anni recenti. Infatti la mancanza del rilievo batimetrico non consente di dire se ad una certa profondità il fondale abbia conservato le sue caratteristiche granulometriche in quanto lo stesso campione prelevato alla “-2” potrebbe trovarsi molto più vicino a riva o molto più al largo. Ad esempio il profilo 109 si trova in una zona dove recentemente è stato realizzato un intervento di difesa con ripascimento e pennelli sommersi; perciò l'aumento di diametro medio misurato alla “-2” ed alla “-5” potrebbe essere dovuto a questa opera.

Come pure la notevole diminuzione del diametro medio sulla battigia del profilo 112 potrebbe significare l'asportazione del materiale grossolano per erosione in un tratto di spiaggia compresa tra due serie di scogliere distaccate da riva.

Altre considerazioni più approfondite potranno essere fatte quanto saranno disponibili i dati relativi alle misure batimetriche.

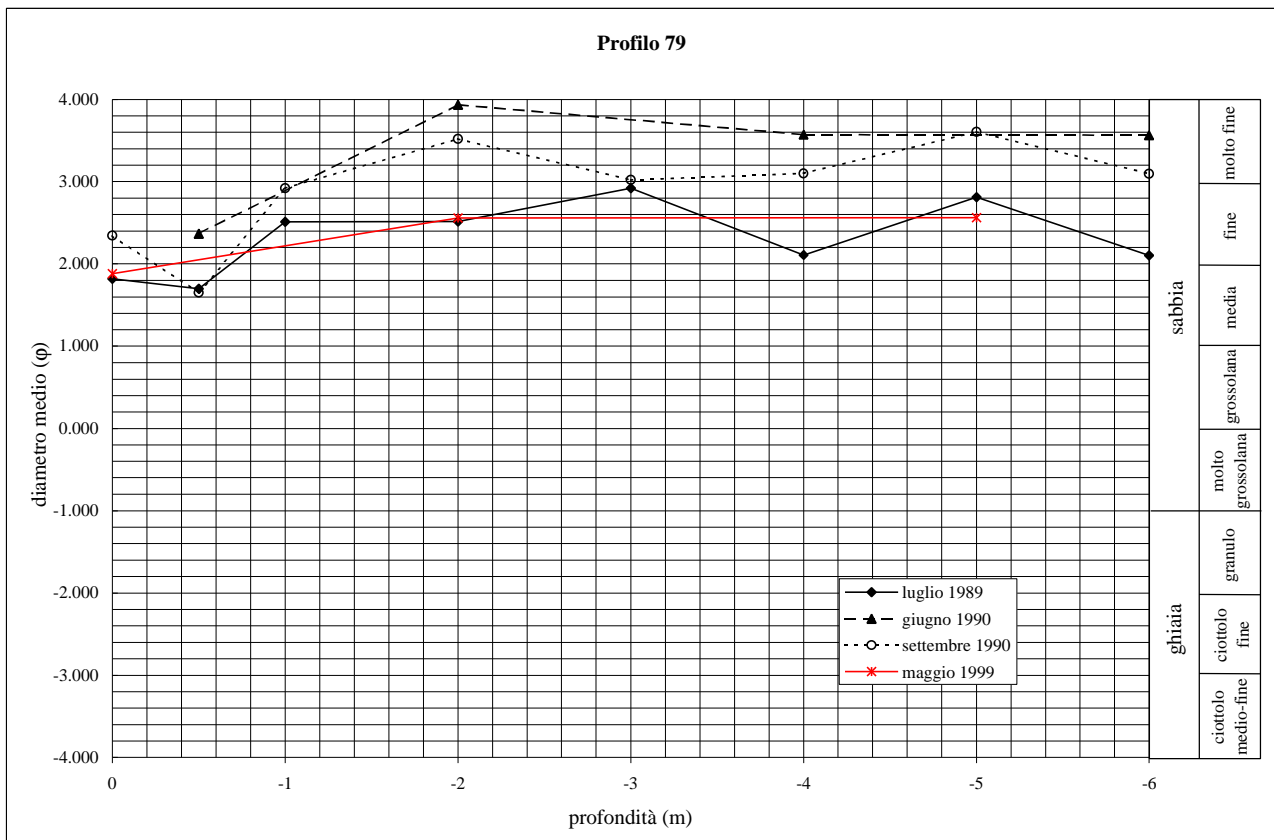


Figura 15 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 79 in relazione alla profondità.

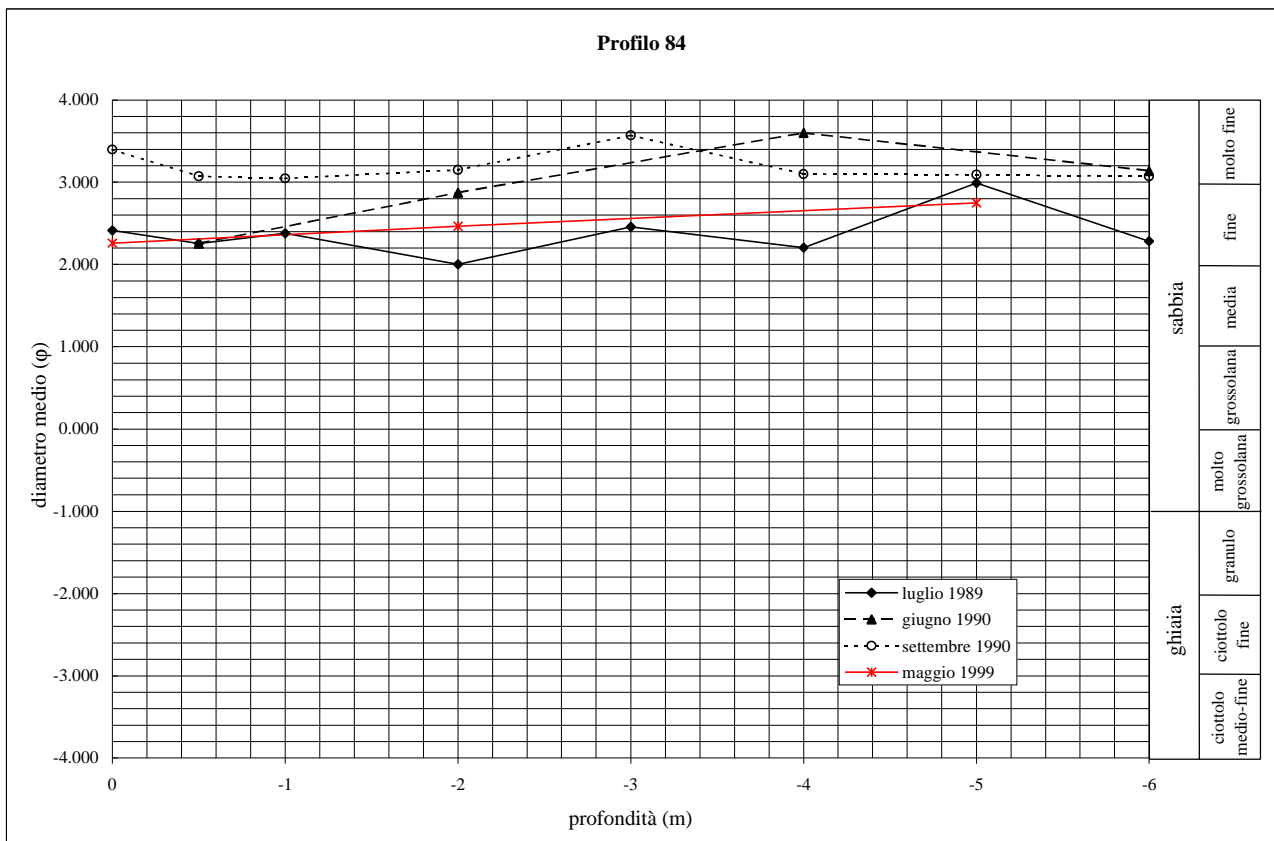


Figura 16 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 84 in relazione alla profondità.

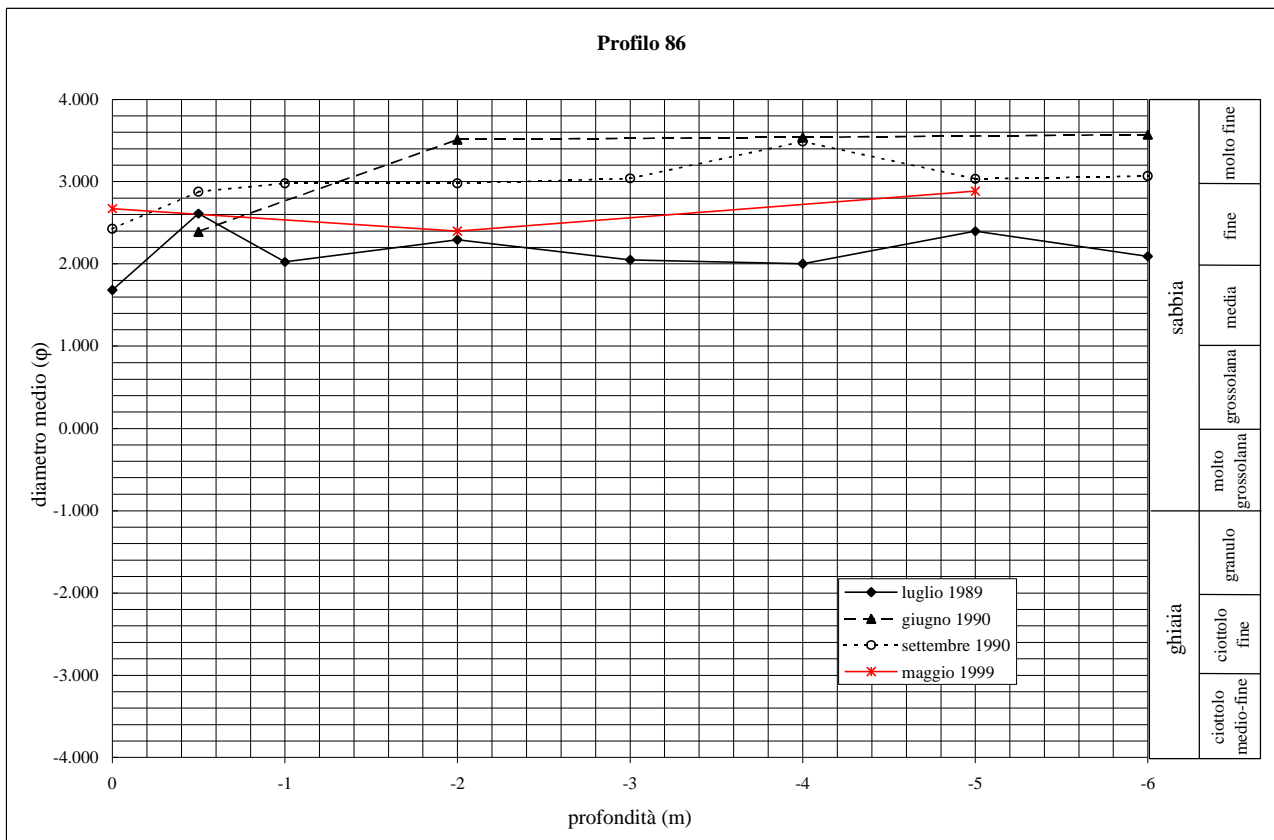


Figura 17 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 86 in relazione alla profondità.

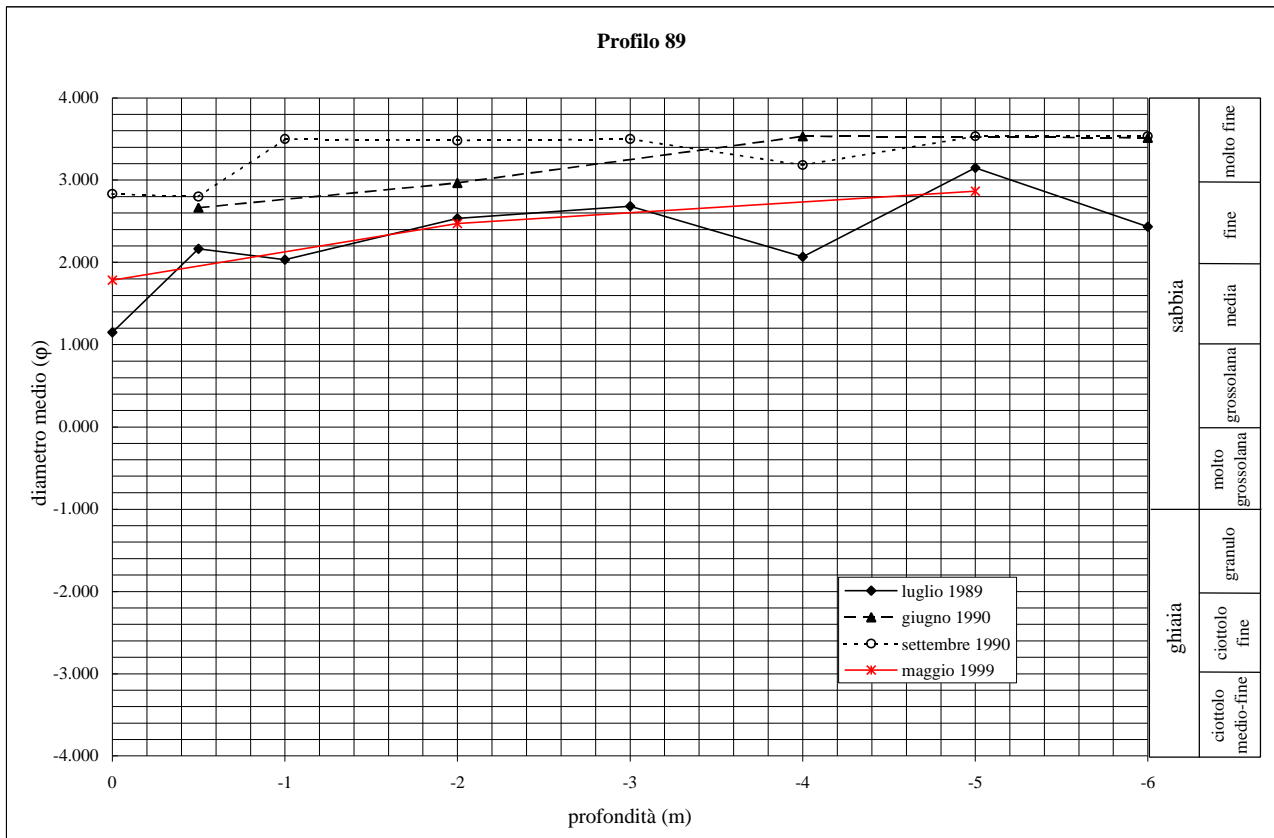


Figura 18 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 89 in relazione alla profondità.



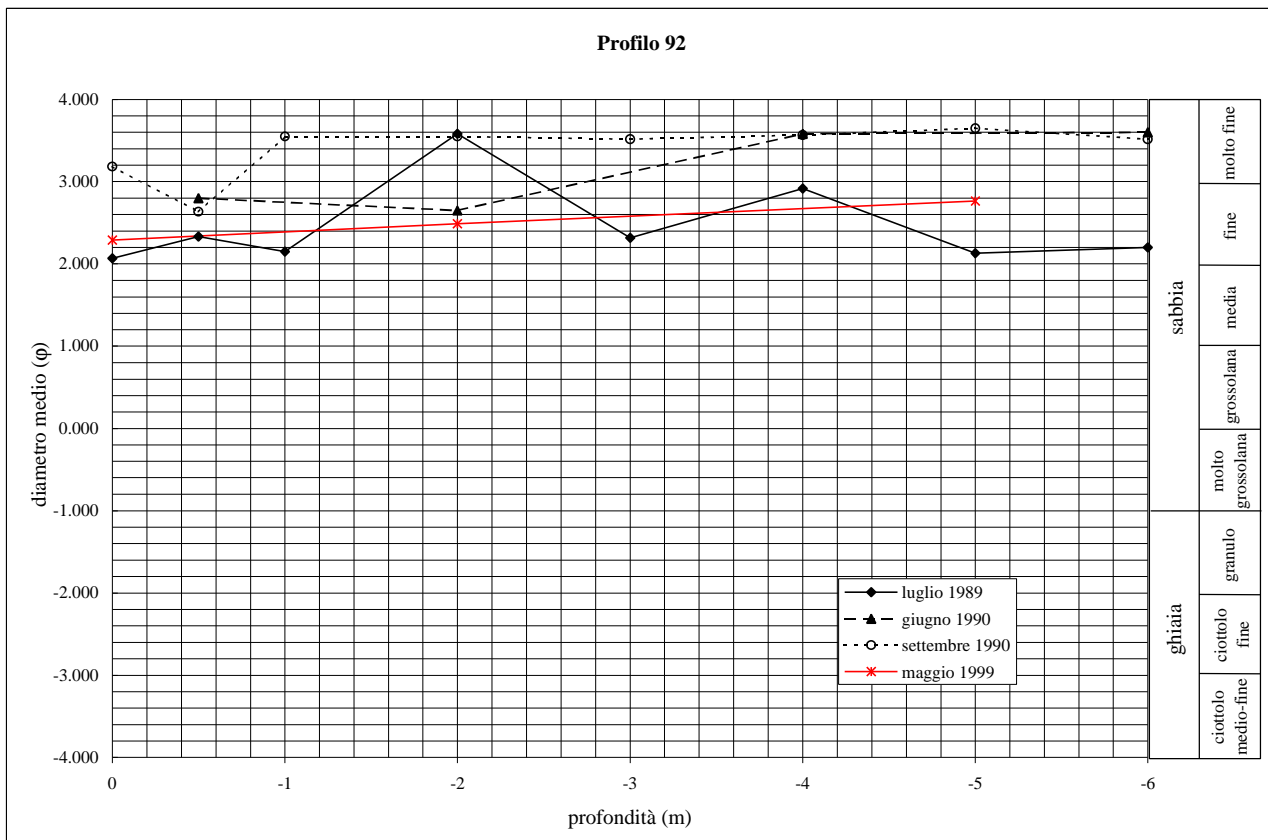


Figura 19 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 92 in relazione alla profondità.

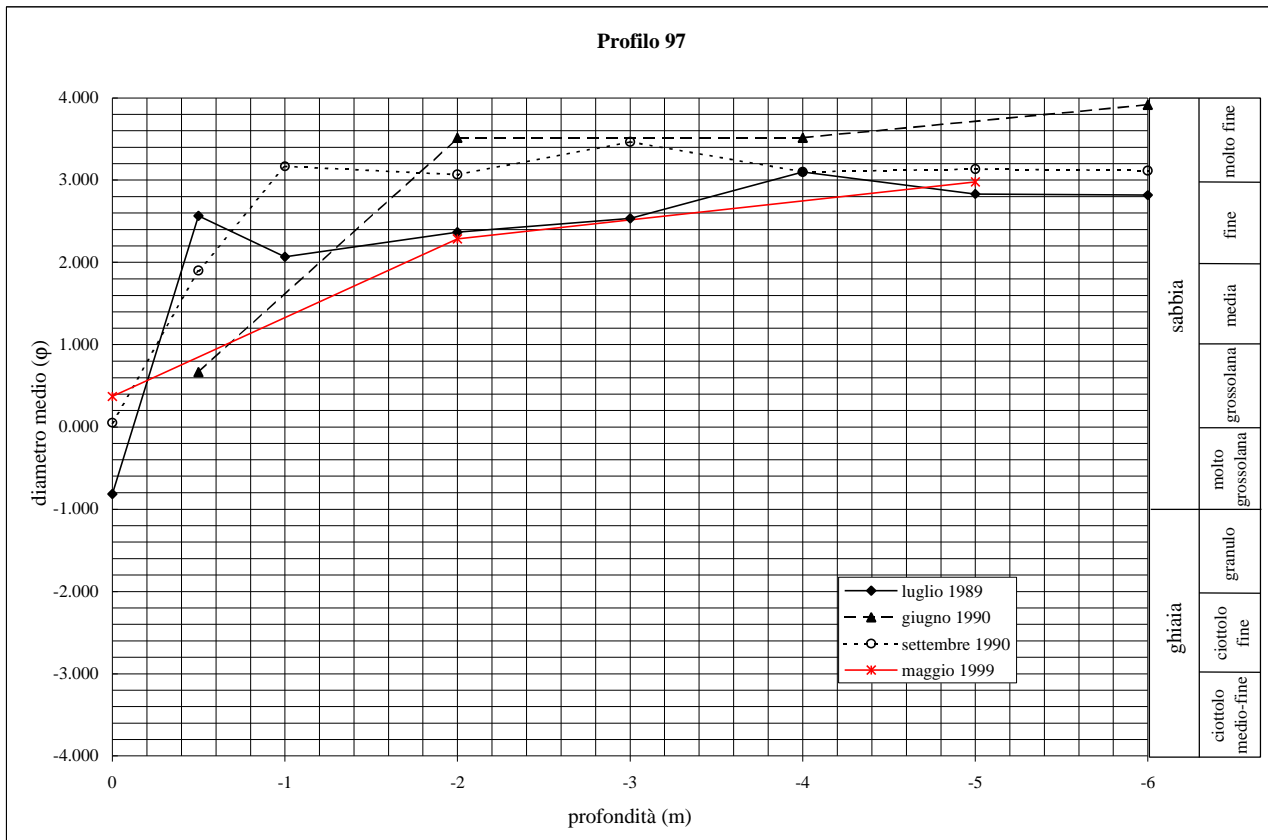


Figura 20– Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 97 in relazione alla profondità.

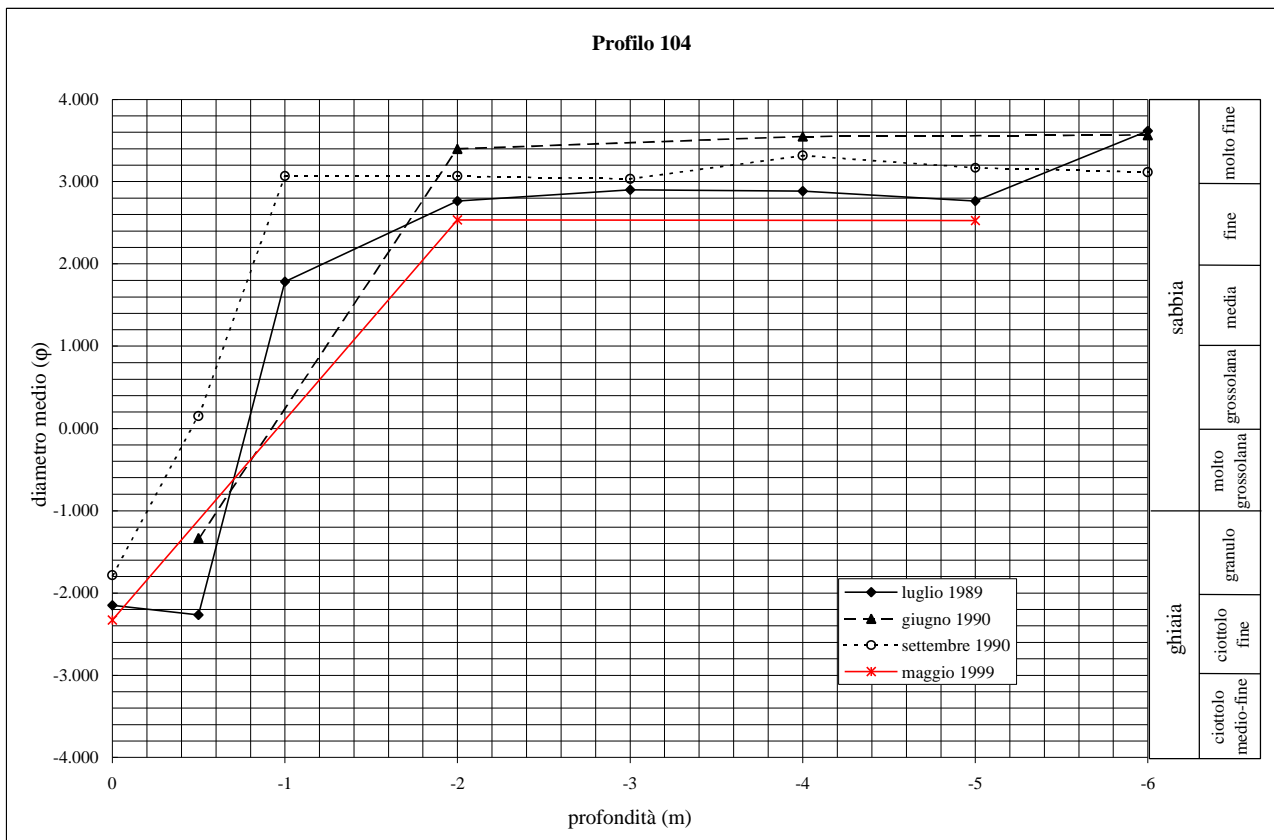


Figura 21 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 104 in relazione alla profondità.

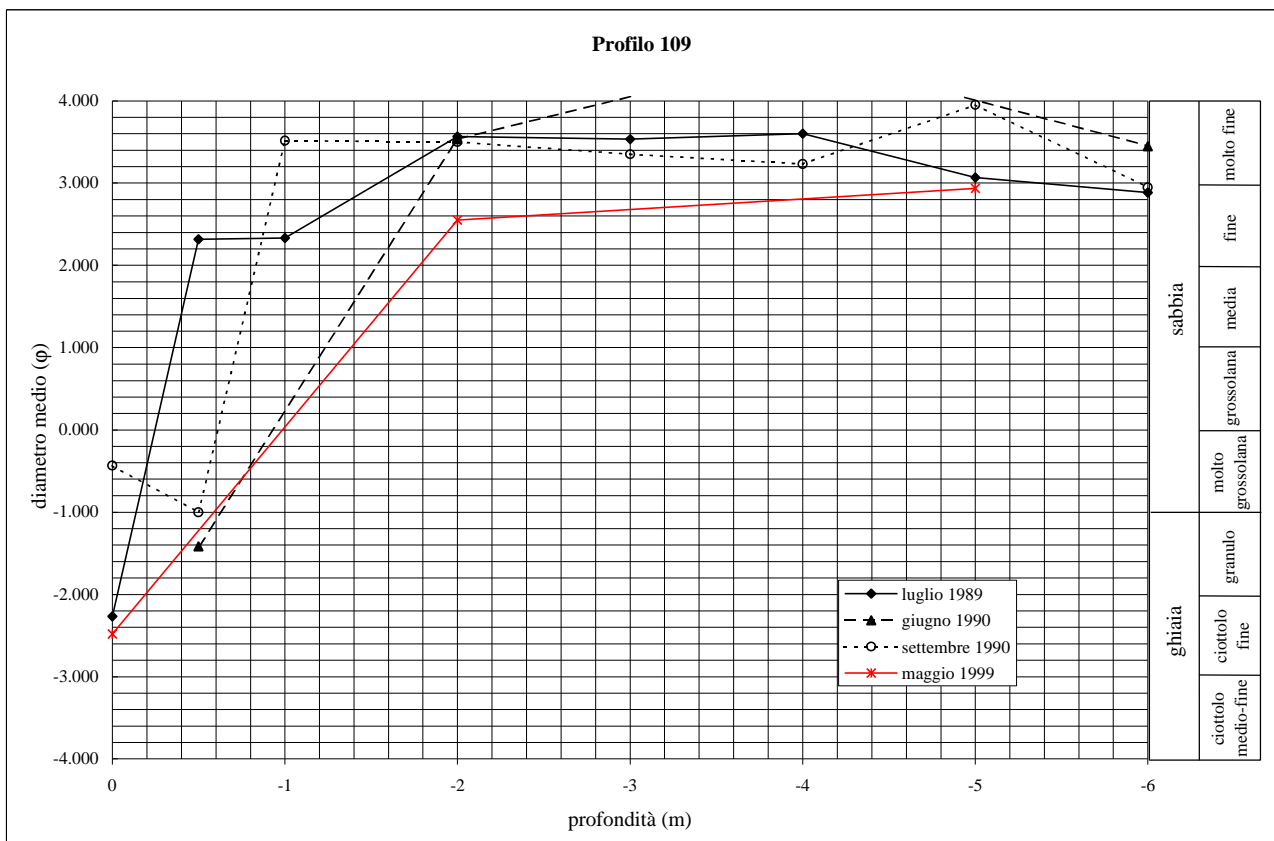


Figura 22 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 109 in relazione alla profondità.

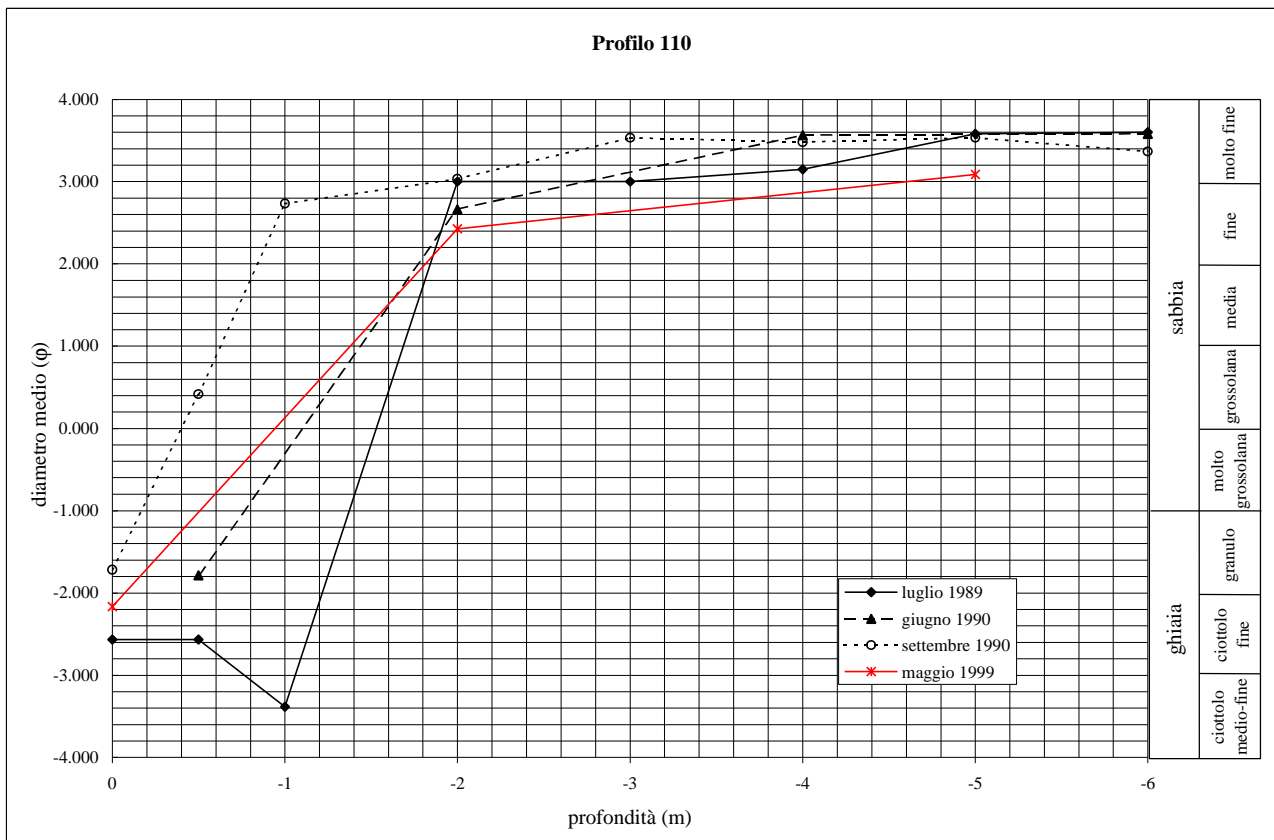


Figura 23 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 110 in relazione alla profondità.

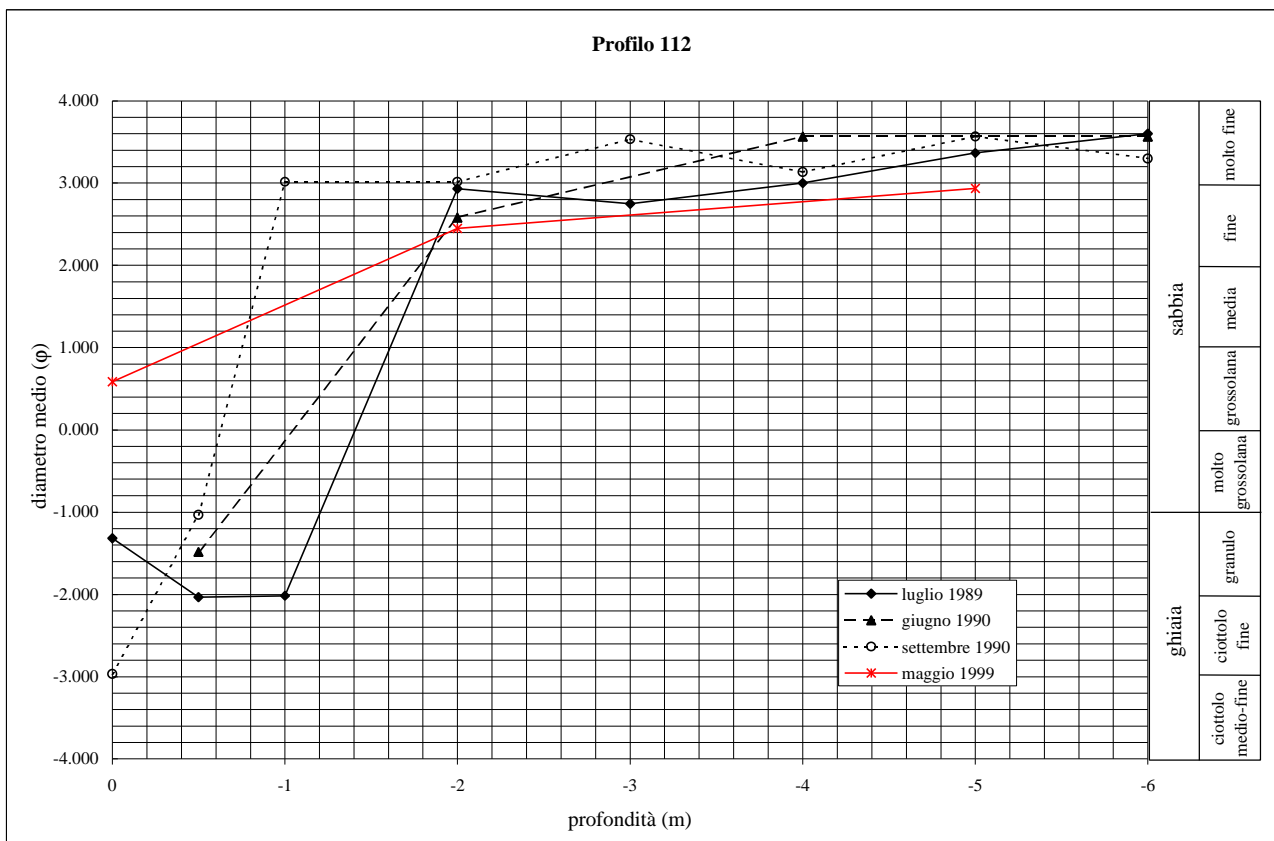


Figura 24 – Variazione nel tempo del diametro medio nel profilo 112 in relazione alla profondità.