

Associazione Temporanea d'Imprese:



Tel. e Fax: ++39 0916852121 - ++39 0916850224  
www.progettioopere.it



Tel. e Fax: ++39 0289422170 - ++39 0289425133  
mail@idrotec-ingegneria.it



COMMITTENTE:				<b>AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO</b> Ports of Palermo and Termini Imerese	
TESTATA:					
<b>VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA DEL NUOVO PIANO REGOLATORE DEL PORTO DI PALERMO</b>					
TITOLO:					
<b>Rapporto Ambientale</b> ex art. 13 D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. <b>Relazione integrativa sulle attività di caratterizzazione sedimentologica dell'area marino-costiera del golfo di Palermo</b>					
ELABORATO:		DATA:		SCALA:	
<b>All.1.b</b>		<b>9 settembre 2011</b>			
				NS. RIF.:	
				<b>All_1_b.pdf</b>	
REDATTORE:		CONTROLLO:		RIF. ARC. - NA4:	
<b>A.R.P.A. Sicilia</b>		<b>EC</b>		<b>AUTAPA08 - 25</b>	
IL COMMITTENTE			IL TECNICO PER L' A.T.I. <b>Ing. Elio Ciralli</b>		



**AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO**  
Ports of Palermo and Termini Imerese

## **VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA DEL NUOVO PIANO REGOLATORE DEL PORTO DI PALERMO**

### **RAPPORTO AMBIENTALE**

ex art. 13 D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

#### **Allegato 1.b – Relazione integrativa sulle attività di caratterizzazione sedimentologica dell'area marino-costiera del golfo di Palermo**

##### **PREMESSA**

L'Autorità Portuale di Palermo, dovendo procedere alla stesura del nuovo Piano Regolatore del Porto di Palermo, ha stipulato una convenzione con A.R.P.A. Sicilia in data 23/12/2008 affidando *l'esecuzione di analisi ambientali ai fini degli studi relativi al rapporto ambientale, per la procedura di VAS per il Piano Regolatore del Porto di Palermo.*

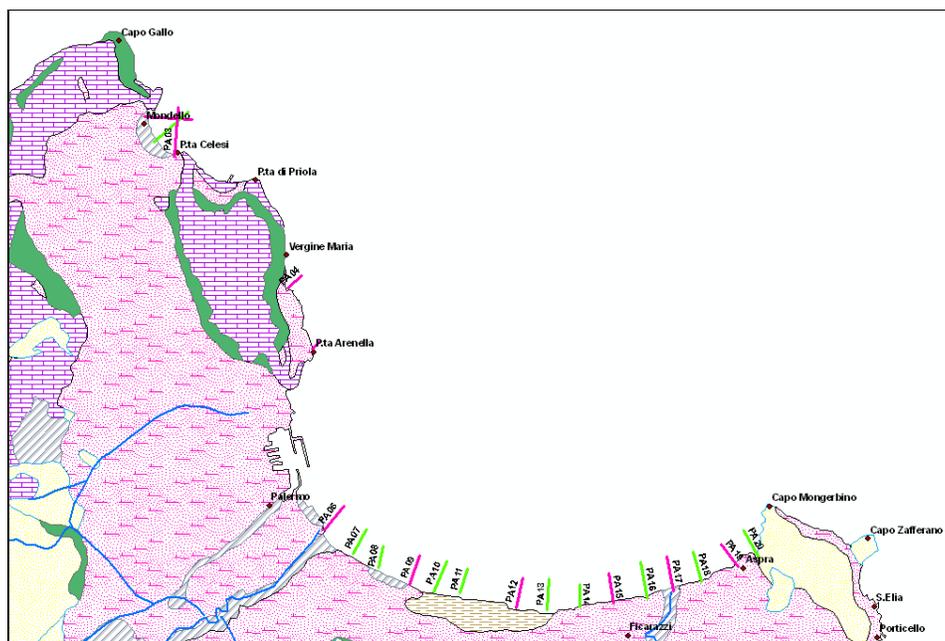
L'A.R.P.A. Sicilia dopo aver eseguito campionamenti, rilievi ed analisi su diverse matrici ambientali (aria, acqua, rumore e campi elettromagnetici), ha prodotto una serie di dati e report sulle attività di analisi svolte. Le relazioni prodotte sono state incluse come allegati nel Rapporto Ambientale.

L'Autorità Portuale di Palermo ha inoltre commissionato al Dottor Maurizio Curti, sempre nell'ambito della procedura di Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.) suddetta, uno studio archeologico del contesto portuale e di quello urbano limitrofo all'area del P.R.P., unitamente ad un'analisi delle potenzialità archeologiche sottomarine lungo la costa palermitana.

Le suddette informazioni sono state utilizzate per la redazione del Rapporto Ambientale.

**Convenzione ARPA Sicilia con l'Autorità Portuale di Palermo per l'esecuzione di analisi ambientali ai fini degli studi relativi al rapporto ambientale per la procedura VAS per il Piano Regolatore del Porto di Palermo**

## **RELAZIONE INTEGRATIVA SULLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE SEDIMENTOLOGICA DELL'AREA MARINO-COSTIERA DEL GOLFO DI PALERMO**



*Palermo, marzo 2011*

*Il redattore*  
*Dott.ssa Virginia Palumbo*

*Il Dirigente della U.O.ST2.4*  
*Ing. Antonino Granata*

## **INTRODUZIONE**

La presente relazione illustra i risultati delle attività integrative, condotte dall'Unità Operativa ST2.4 "Suolo" della Direzione Generale dell'Agenzia, in merito alla caratterizzazione sedimentologica dell'area marino-costiera del golfo di Palermo. Tale integrazione, relativa ad una ulteriore attività di elaborazione dei dati già precedentemente forniti, è stata effettuata al fine di produrre le relative carte di distribuzione dei parametri determinati nell'area costiera del Golfo di Palermo.

In particolare, per quanto riguarda i parametri granulometrici, si è proceduto all'elaborazione della carta di distribuzione del parametro statistico Mz (Mean size), determinato secondo il metodo di Falk & Ward (metodo originale), attraverso l'utilizzo dell'algoritmo di interpolazione più soddisfacente in termini di capacità di rappresentare l'andamento spaziale dei dati di partenza, tenendo presente la natura dei processi ambientali che stanno alla base del fenomeno la cui variabilità spaziale si vuole modellizzare.

Per quanto riguarda i parametri mineralogici, ci si è limitati, vista l'entità della spaziatura tra i transetti lungo cui è stata determinata la composizione mineralogico-petrografica, ad elaborare le mappe di distribuzione dei dati puntuali sulla frequenza percentuale dei componenti principali rinvenuti nei singoli campioni di sedimento analizzati in sezione sottile al microscopio ottico polarizzatore, nonché l'abbondanza relativa dei minerali pesanti rinvenuti nella frazione fine e molto fine dei sedimenti campionati.

Di seguito si descrivono le attività effettuate ed i risultati ottenuti.

### **CARTA DI DISTRIBUZIONE DEL PARAMETRO Mz (FALK E WARD, 1957) DEI SEDIMENTI DELL'AREA COSTIERA**

Per quanto riguarda l'elaborazione della carta di distribuzione del parametro granulometrico Mz (mean size) determinato secondo il metodo di Falk & Ward (metodo originale), le attività svolte sono consistite nell'applicazione di tecniche di interpolazione spaziale al set di dati campionari di partenza, al fine di produrre la mappa della distribuzione del parametro Mz dei sedimenti dell'area marino-costiera del Golfo di Palermo.

L'interpolazione spaziale è un processo che stima il valore di una variabile in generico punto di un dominio spaziale a partire da un certo numero di punti in cui la variabile è stata misurata, basandosi sul presupposto che la variabile di interesse sia continua e spazialmente dipendente. Esistono molti metodi di interpolazione che si basano su algoritmi deterministici o stocastici per stimare, a partire dagli  $n$  punti in cui la variabile è nota, il valore della stessa variabile nei nodi di un *grid* regolare che copra l'area di interesse. Poiché lo scopo dell'interpolazione spaziale è quello di creare la superficie che meglio rappresenti la realtà empirica dei dati campionari, la scelta del metodo da utilizzare deve basarsi sulla conoscenza dei processi che stanno alla base del fenomeno che si vuole modellizzare, sul *pattern* di distribuzione dei punti di campionamento della variabile e sulla capacità del modello di interpolazione di riprodurre nei punti di campionamento della variabile i valori misurati, cioè di generare un buon *fitting* dei dati sperimentali di partenza. Con riferimento a questo ultimo punto, è possibile fare ricorso ad una procedura di validazione del modello che si vuole utilizzare, nota come *cross-validation*, che permette di valutare la qualità relativa del *grid* prodotto con quel modello, calcolando ed investigando gli errori del *grid* rispetto ai dati campionari di partenza. Nel processo di *cross-validation*, infatti, gli errori sono calcolati secondo l'espressione:

$$\text{errore} = \text{valore interpolato} - \text{valore osservato}$$

dove, per ciascun punto di osservazione, il valore viene interpolato utilizzando l'algoritmo (con i relativi parametri di input selezionati) e tutte le altre osservazioni del set di partenza tranne l'osservazione del quel punto. In tal modo si generano  $N$  errori di interpolazione quanti sono i dati sperimentali di partenza, errori di cui possono essere calcolate le statistiche di sintesi, che possono tra l'altro essere utilizzate come una misura quantitativa e oggettiva della qualità del metodo di interpolazione. Tale procedura, fornendo una valutazione della qualità del *grid* ottenuto con un determinato modello, può essere utilizzata per confrontare tra loro differenti modelli e selezionare quello migliore in termini di capacità di *fitting* dei dati campionari di partenza.

Nel caso in studio, ai fini della produzione del *grid* della variabile  $Mz$  dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo a partire dal set di dati di partenza riportati in tabella 1 e mappati in figura 1, è stato dapprima effettuato uno *screening* dei metodi di interpolazione maggiormente utilizzati nella letteratura scientifica di settore per la modellizzazione geospaziale di parametri sedimentologici in ambito marino-costiero. Sono stati quindi individuati, ed applicati con differenti set di parametri di input, alcuni modelli di interpolazione basati sia su algoritmi geostatistici quali il *Kriging* (previa analisi e modellizzazione del variogramma sperimentale

relativo alla variabile Mz da interpolare), sia su algoritmi deterministici quali il *Minimum Curvature* ed il *Radial Basis Function*. E' stata quindi applicata a ciascun modello la procedura di *cross-validation* e sono stati confrontati tra loro i risultati ottenuti in termini di capacità di predizione dei valori osservati nei punti di misura. Al termine di tale fase è stato selezionato l'algoritmo del *Minimum Curvature* (Smith and Wessel, 1990, pubblicazione alla quale si rimanda per la descrizione dettagliata del metodo), per la sua capacità di produrre un *grid* di qualità della variabile Mz dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo, con un buon *fitting* dei dati sperimentali di partenza. Il modello è stato quindi ottimizzato, sempre tramite *cross-validation*, per quanto riguarda il settaggio dei parametri di input, e i risultati da esso ottenuti in termini di confronto tra i valori predetti ed i valori osservati della variabile nei punti di misura, sono evidenziati nello *scatterplot* di figura 2.

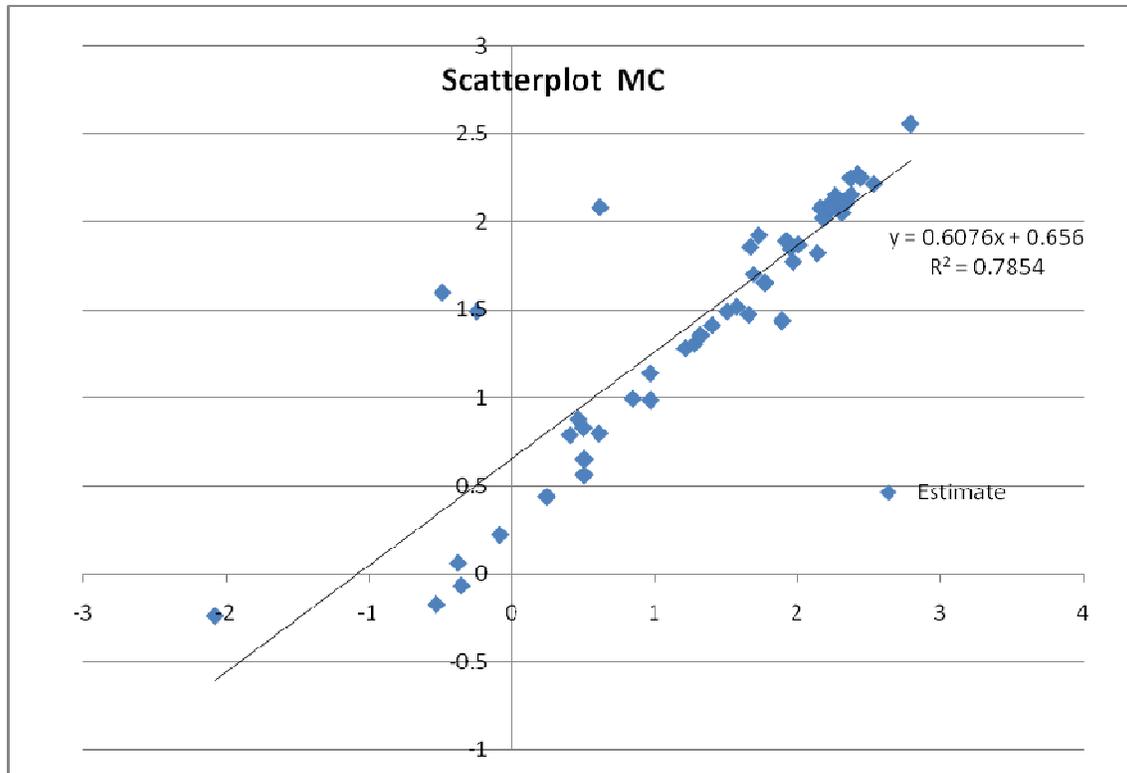
Il modello così selezionato e messo a punto è stato quindi applicato all'intero set di dati campionari di partenza per la creazione del *grid* del parametro Mz dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo, nello stesso sistema cartografico di riferimento dei dati originari (WGS84 UTM33N). Le figure 3 e 4 illustrano le carte di distribuzione del parametro Mz ( $\phi$ ) nelle aree comprese rispettivamente tra Capo Gallo ed il Porto di Palermo e tra il Porto di Palermo e Capo Mongerbino. Va detto che nelle suddette carte è stato mappato anche il tematismo relativo alle principali linee isobatimetriche del golfo di Palermo derivanti da cartografia nautica a piccola scala (1:100.000). Pertanto, eventuali scostamenti tra l'isobatimetrica -10 m e la posizione planimetrica dei punti di campionamento ubicati alla stessa profondità (campioni indicati con il suffisso "C") sono imputabili alla minore accuratezza del tematismo derivante dalla cartografia a minore scala utilizzata.

Come evidenziato dalla cartografia prodotta, e già peraltro desumibile dai risultati delle indagini sedimentologiche puntuali precedentemente condotte, la distribuzione del parametro granulometrico Mz (Falk e Ward, 1957) dei sedimenti delle spiagge emerse e sommerse del Golfo di Palermo mostra una generale tendenza alla diminuzione del granulo medio lungo la direzione ortogonale alla linea di costa, con una concentrazione di sedimenti più grossolani, prevalentemente ricadenti nella classe delle sabbie grossolane ( $0 < \phi < 1$ ) ed in misura molto minore in quella delle sabbie molto grossolane ( $-0.99 < \phi < 0$ ), lungo la battigia e sottocosta fino a profondità generalmente inferiori ai -5 m. I sedimenti con tessitura più fine, ricadenti per lo più nelle classi delle sabbie medie ( $1.01 < \phi < 2$ ) e fini ( $2.01 < \phi < 3$ ), si rinvencono a profondità generalmente inferiori a -5 m e caratterizzano le spiagge sommerse fino alla profondità di -10 m. Fanno eccezione i sedimenti del Golfo di Mondello e delle spiagge delle località di Vergine Maria e dell'Arenella,

dove le sabbie medie caratterizzano sia le spiagge emerse che sommerse pressochè lungo tutto il profilo trasversale investigato.

**Tabella 1 – Valori del parametro Mz (Folk e Ward, 1957) dei sedimenti campionati nell’area costiera del Golfo di Palermo**

n.	Id_punto di campionamento	Nord (m)	Est (m)	Mz ( $\phi$ )
1	PA01A	4229947.439	353394.636	1.889
2	PA02A	4229326.513	353626.664	1.319
3	PA03A	4228947.020	354155.136	1.317
4	PA04A	4225596.380	357040.483	1.400
5	PA05A	4224075.338	357622.348	0.967
6	PA06A	4219506.631	357932.048	0.463
7	PA07A	4218877.496	358651.997	0.405
8	PA08A	4218526.993	359303.722	-2.079
9	PA09A	4218112.864	360076.238	0.500
10	PA10A	4217917.442	360681.964	1.213
11	PA11A	4217875.061	361363.479	0.845
12	PA13A	4217467.658	363573.862	-0.378
13	PA14A	4217546.366	364403.566	-0.086
14	PA16A	4217733.857	366112.264	0.505
15	PA17A	4217908.043	366772.954	0.243
16	PA18A	4218174.318	367459.408	-0.531
17	PA19A	4218559.593	368415.847	0.504
18	PA20A	4218798.685	368882.501	-0.245
19	PA01B	4230004.194	353663.245	-0.488
20	PA02B	4229537.847	353873.812	1.668
21	PA03B	4229286.024	354161.232	1.275
22	PA04B	4225718.490	357115.631	2.179
23	PA05B	4224135.756	357696.418	1.967
24	PA06B	4219597.050	358055.439	2.229
25	PA07B	4219029.935	358752.083	0.609
26	PA08B	4218679.860	359379.424	2.136
27	PA09B	4218358.590	360129.141	2.263
28	PA10B	4218162.866	360759.228	2.225
29	PA11B	4217997.098	361438.622	1.574
30	PA12B	4217758.990	362750.287	1.505
31	PA13B	4217657.540	363284.603	2.005
32	PA15B	4217840.759	365236.909	1.950
33	PA16B	4217949.971	366091.435	1.769
34	PA17B	4218124.155	366752.109	0.969
35	PA19B	4218715.296	368320.930	-0.355
36	PA02C	4229718.011	354144.737	1.726
37	PA03C	4229622.516	354313.299	1.656
38	PA04C	4225777.936	357238.397	1.690
39	PA05C	4224164.900	357794.306	1.919
40	PA06C	4219748.521	358204.271	2.419
41	PA07C	4219243.960	358853.234	2.439
42	PA08C	4218895.154	359407.526	2.367
43	PA09C	4218511.046	360229.204	2.787
44	PA10C	4218284.480	360858.842	2.159
45	PA11C	4218212.397	361466.670	2.234
46	PA12C	4217971.941	362924.476	2.296
47	PA13C	4217867.125	363653.620	2.361
48	PA14C	4217916.614	364385.350	2.326
49	PA15C	4218026.543	365191.218	2.375
50	PA16C	4218166.597	366046.233	2.342
51	PA17C	4218340.777	366706.891	2.308
52	PA18C	4218576.594	367368.522	2.532
53	PA20C	4219107.725	368838.810	0.614



**Figura 2 – Scatterplot dei valori predetti (lungo l’asse delle ordinate) vs. i valori misurati (lungo l’asse delle ascisse) ottenuto con i risultati della procedura di *cross-validation* applicata al metodo di interpolazione *Mimum Curvature* (Smith and Wessel, 1990).**

## **MAPPATURA DELLA COMPOSIZIONE MINERALOGICA DEI SEDIMENTI DELL'AREA COSTIERA**

Nell'ambito delle attività precedentemente svolte di caratterizzazione mineralogica dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo, le indagini sono state effettuate su un'aliquota dei campioni di sedimento prelevati per le determinazioni granulometriche, limitatamente a 10 dei 20 transetti di misura, per un totale di n. 24 campioni di sedimento superficiale di cui è stata determinata la composizione mineralogico-petrografica tramite analisi in sezione sottile al microscopio ottico polarizzatore utilizzando il metodo della conta dei punti (Chayes, 1956).

Dei 24 campioni di cui è stata determinata la composizione modale, 7, provenienti tutti da siti di campionamento dell'area di battigia delle spiagge, sono stati altresì sottoposti alla determinazione del contenuto in minerali pesanti.

I risultati delle indagini puntuali sopraindicate, già consegnati in forma tabellare nella precedente relazione di accompagnamento alle attività di caratterizzazione sedimentologica dell'area costiera del Golfo di Palermo e qui riportati nelle tabelle 2 e 3, vengono di seguito integrati dalle mappe di distribuzione dei parametri determinati nei singoli punti di campionamento, attraverso l'utilizzo di applicativi GIS per la loro rappresentazione spaziale.

In particolare, nelle figure 5 e 6 vengono riportate le mappe di distribuzione dei componenti mineralogici principali dei sedimenti nelle aree comprese rispettivamente tra Capo Gallo ed il Porto di Palermo e tra il Porto di Palermo e Capo Mongerbino.

Nella figura 7 è riportata la mappa di distribuzione dei minerali pesanti nei campioni di battigia dell'intera area costiera del Golfo di Palermo.

Anche in questo caso, come già detto per le carte granulometriche, nelle carte di distribuzione dei parametri mineralogici è stato mappato anche il tematismo relativo alle principali linee isobatimetriche del golfo di Palermo derivanti da cartografia nautica a piccola scala (1:100.000); pertanto, anche in questo caso eventuali scostamenti tra l'isobatimetrica -10 m e la posizione planimetrica dei punti di campionamento ubicati alla stessa profondità (campioni indicati con il suffisso "C") sono imputabili alla minore accuratezza del tematismo derivante dalla cartografia a minore scala utilizzata.

L'analisi dei dati illustrati nelle tabelle e nelle figure mostra come i sedimenti dell'area costiera compresa tra Capo Gallo ed il Porto di Palermo presentino una composizione mineralogico-petrografica caratterizzata in maniera preponderante da litici carbonatici e bioclasti, con piccole quantità di granuli quarzosi e calcitici/dolomitici. I bioclasti presentano delle frequenze percentuali maggiori lungo le spiagge del golfo di Mondello rispetto a quelle delle località di Vergine Maria e dell'Arenella, dove invece si riscontrano percentuali un po' maggiori di granuli quarzosi e

calcitici/dolomitici (fig. 5). La componente silicea dei sedimenti, rappresentata principalmente da granuli di quarzo e secondariamente da granuli di chert, quarzarenite e quarzo policristallino, risulta invece più abbondante nel settore costiero compreso tra il porto di Palermo e Capo Mongerbino (fig. 6), dove si osserva un graduale aumento via via che ci si sposta verso est della componente silicea dei sedimenti a discapito dei litici carbonatici, fino ad arrivare ad una prevalenza dei granuli di quarzo, chert, quarzo policristallino e quarzarenite sui litici carbonatici lungo il litorale di Aspra. Nei sedimenti dell'area costiera compresa tra il porto di Palermo e Capo Mongerbino sono altresì presenti percentuali variabili di granuli di calcite/dolomite e bioclasti.

La distribuzione dei minerali pesanti nella frazione fine e molto fine dei sedimenti provenienti dalla battigia dell'area costiera dell'intero golfo di Palermo (fig. 7) mette in evidenza come lungo la spiaggia del golfo di Mondello siano presenti quasi esclusivamente minerali pesanti di natura carbonatica, mentre le spiagge delle località di Vergine Maria e dell'Arenella sono caratterizzate dalla presenza preponderante di minerali pesanti a base di Ferro e Titanio quali ossidi di ferro e leucoxeno e da minori quantità di carbonati, ilmenite, tormalina, zircone e granato. Leucoxeno, ossidi di ferro e carbonati sono presenti, in proporzioni consistenti ma variabili, anche nella frazione fine e molto fine dei sedimenti provenienti dal settore orientale del golfo di Palermo, dove tale frazione granulometrica risulta inoltre meno abbondante rispetto ai sedimenti provenienti dal settore occidentale. Piccole quantità di ilmenite, granato, tormalina e zircone si riscontrano anche lungo questo tratto di litorale del golfo di Palermo.

**Tabella 2 – Composizione mineralogica principale (frequenza percentuale) dei sedimenti campionati nell'area costiera del Golfo di Palermo**

n.	Id_punto	Nord (m)	Est (m)	Calcite/ Dolomite	Quarzo	Ossidi opachi	Bioclasti	Quarzo policristallino	Quarzarenite	Chert	Litici carbonatici	Dolomia cristallina	Granuli argillosi	Ossidi di Ferro
1	PA01A	4229947.439	353394.636	4.80	3.50	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00	66.80	0.00	0.00	0.00
2	PA03A	4228947.020	354155.136	1.00	1.40	0.00	72.60	0.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00
3	PA04A	4225596.380	357040.483	1.50	16.50	0.00	10.00	0.50	0.50	1.30	68.50	1.30	0.00	0.00
4	PA05A	4224075.338	357622.348	4.50	15.80	1.30	6.80	1.80	1.30	1.30	44.00	23.30	0.00	0.30
5	PA09A	4218112.864	360076.238	0.80	29.10	0.00	8.80	3.00	1.80	11.00	25.80	19.00	0.00	0.00
6	PA17A	4217908.043	366772.954	1.80	29.00	0.30	1.50	4.50	5.50	19.30	26.80	10.80	0.00	0.00
7	PA19A	4218559.593	368415.847	0.30	52.50	0.00	9.30	10.80	1.80	10.50	13.80	1.00	0.00	0.00
8	PA01B	4230004.194	353663.245	0.30	0.80	0.00	42.40	0.00	0.80	0.80	52.90	2.10	0.00	0.00
9	PA03B	4229286.024	354161.232	0.50	1.50	0.00	58.50	0.25	0.00	0.00	38.50	0.80	0.00	0.00
10	PA04B	4225718.490	357115.631	4.20	14.00	0.00	1.20	0.00	0.20	0.70	79.10	0.00	0.00	0.00
11	PA05B	4224135.756	357696.418	6.70	10.60	0.00	3.10	0.00	0.00	0.50	77.90	0.00	0.00	0.20
12	PA06B	4219597.050	358055.439	2.80	31.80	0.00	6.30	0.80	0.00	6.50	48.80	0.80	0.00	0.00
13	PA09B	4218358.590	360129.141	8.80	33.80	0.00	1.00	0.50	0.00	3.30	52.60	0.00	0.00	0.00
14	PA12B	4217758.990	362750.287	4.80	31.80	0.00	6.30	0.80	0.00	6.50	48.80	0.80	0.00	0.00
15	PA17B	4218124.155	366752.109	4.80	23.60	0.00	3.30	3.80	4.00	20.70	33.60	3.60	1.40	0.20
16	PA19B	4218715.296	368320.930	0.00	28.60	0.00	10.30	10.30	4.10	24.20	20.40	1.50	0.00	0.00
17	PA03C	4229622.516	354313.299	2.10	2.40	0.00	44.50	0.00	0.00	0.00	49.50	1.10	0.00	0.50
18	PA04C	4225777.936	357238.397	1.80	10.00	0.00	19.50	0.50	0.00	1.30	66.30	0.00	0.00	0.30
19	PA05C	4224164.900	357794.306	3.60	5.80	0.00	13.10	0.00	0.60	1.10	74.20	0.80	0.00	0.80
20	PA06C	4219748.521	358204.271	23.50	31.10	0.00	1.70	0.70	0.00	1.20	40.00	0.00	0.00	1.00
21	PA09C	4218511.046	360229.204	5.50	6.30	0.00	13.70	0.50	0.00	0.30	71.80	0.50	0.00	1.30
22	PA12C	4217971.941	362924.476	16.50	39.90	0.00	1.40	0.00	0.50	4.20	36.60	0.00	0.00	0.20
23	PA15C	4218026.543	365191.218	15.20	47.30	0.00	0.50	1.00	0.00	6.70	28.40	0.00	0.00	0.00
24	PA17C	4218340.777	366706.891	13.30	49.40	0.00	1.10	0.90	0.20	3.70	29.10	0.00	0.00	1.40

**Tabella 3 – Percentuale in peso dei minerali pesanti presenti nella frazione fine e molto fine dei sedimenti campionati nell'area costiera del Golfo di Palermo**

n.	Id_punto	Nord (m)	Est (m)	frazione fine e molto fine di sedimento (% in peso)	minerali pesanti nella frazione fine e molto fine (% in peso)	percentuale dei singoli minerali pesanti nella frazione fine e molto fine di sedimento (% in peso)									
						ossidi di ferro	leucoxeno	Ilmenite	Granato	Tormalina	Rutilo	Zircone	Apatite	Carbonati	Minio (granuli)
1	PA01A	4229947.439	353394.636	33.35	8.05	0.02	0.01	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00	0.02	7.91	0.00
2	PA03A	4228947.020	354155.136	5.81	9.48	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.39	8.90	0.00
3	PA04A	4225596.380	357040.483	17.73	0.83	0.39	0.24	0.02	0.01	0.05	0.00	0.02	0.01	0.08	0.00
4	PA05A	4224075.338	357622.348	5.75	6.03	3.46	0.72	0.38	0.05	0.22	0.01	0.07	0.02	1.08	0.00
5	PA09A	4218112.864	360076.238	2.19	1.46	0.55	0.24	0.04	0.02	0.10	0.00	0.02	0.01	0.48	0.00
6	PA17A	4217908.043	366772.954	0.38	3.27	0.44	2.05	0.15	0.08	0.04	0.00	0.01	0.02	0.49	0.00
7	PA19A	4218559.593	368415.847	0.14	3.03	0.64	0.54	0.08	0.05	0.05	0.01	0.05	0.01	1.53	0.07

## **BIBLIOGRAFIA**

Smith, W. H. F., and Wessel, P. (1990), Gridding with Continuous Curvature Splines in Tension, *Geophysics*, v. 55, n. 3, p. 293-305

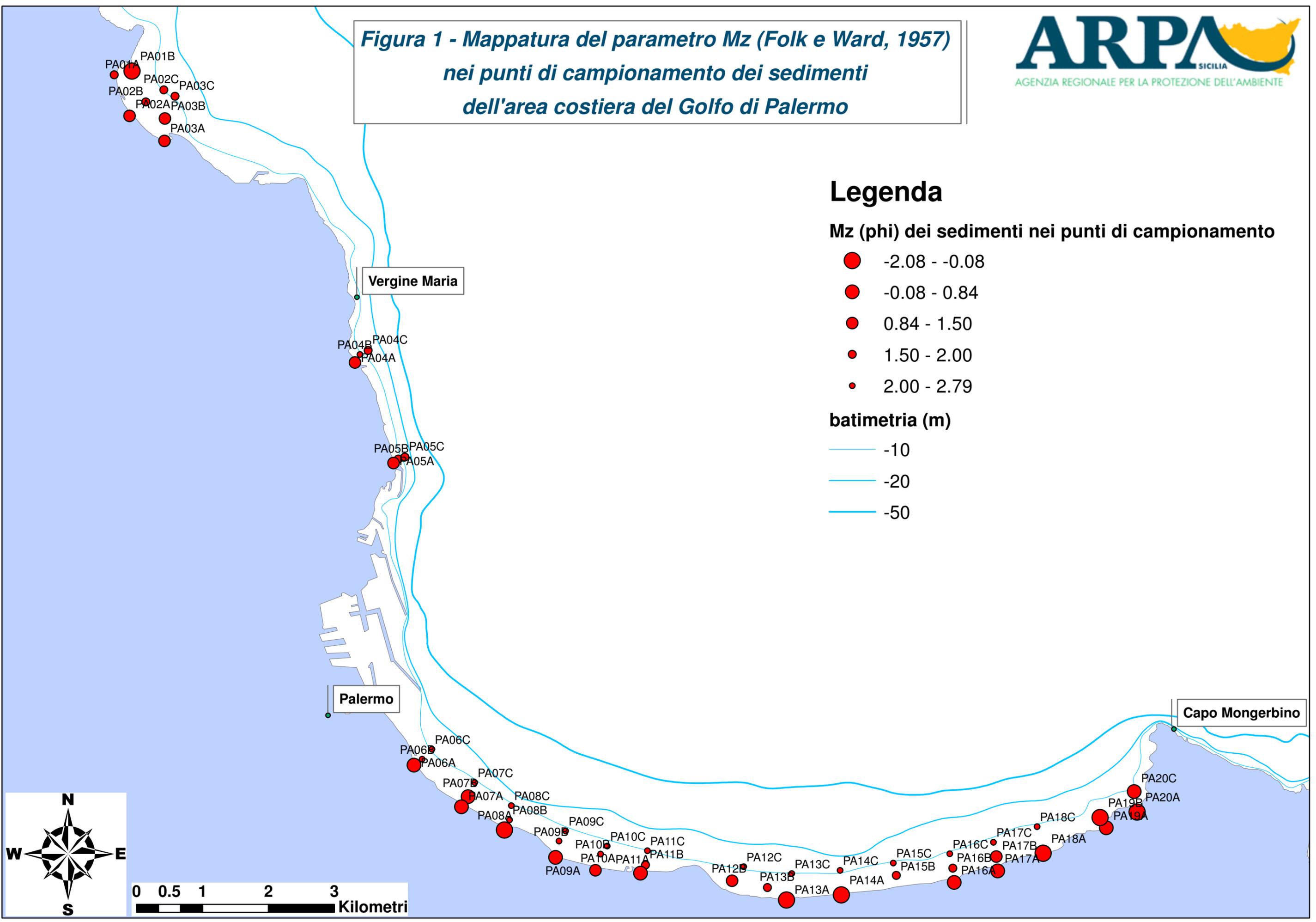
Chiles, J. P. and P. Delfiner. (1999) *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*. John Wiley and Sons, New York, 695 pp.

Isaaks, E. H. and R. M. Srivastava. (1989) *Applied Geostatistics*. Oxford University Press, Inc., New York, 561 pp.

Kitanidis, P. K. (1997) *Introduction to Geostatistics: Applications in Hydrogeology*. Cambridge University Press, Cambridge, 249 pp.

Olea, R. (1999) *Geostatistics for Engineers and Earth Scientists*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 303 pp.

**Figura 1 - Mappatura del parametro Mz (Folk e Ward, 1957) nei punti di campionamento dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo**



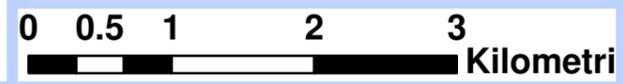
**Legenda**

**Mz (phi) dei sedimenti nei punti di campionamento**

- -2.08 - -0.08
- -0.08 - 0.84
- 0.84 - 1.50
- 1.50 - 2.00
- 2.00 - 2.79

**batimetria (m)**

- -10
- -20
- -50



**Figura 3 - Carta di distribuzione del parametro Mz (Folk e Ward, 1957) nell'area costiera del Golfo di Palermo (da Capo Gallo al Porto di Palermo)**

**Legenda**

punti di campionamento dei sedimenti

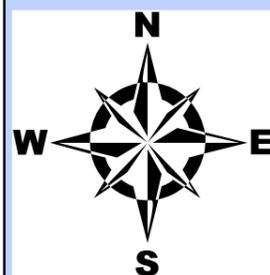
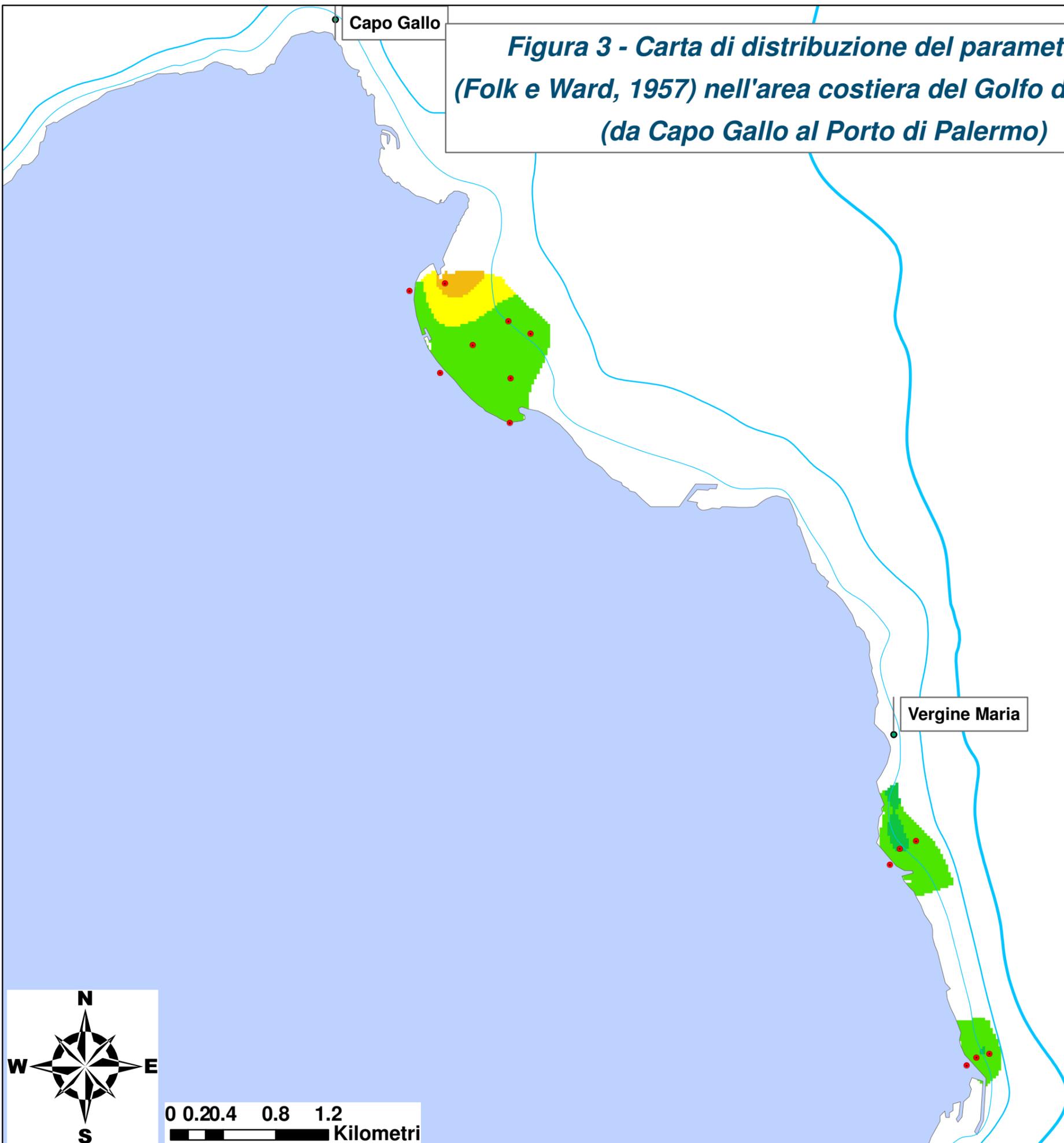


batimetria (m)

- 10
- 20
- 50

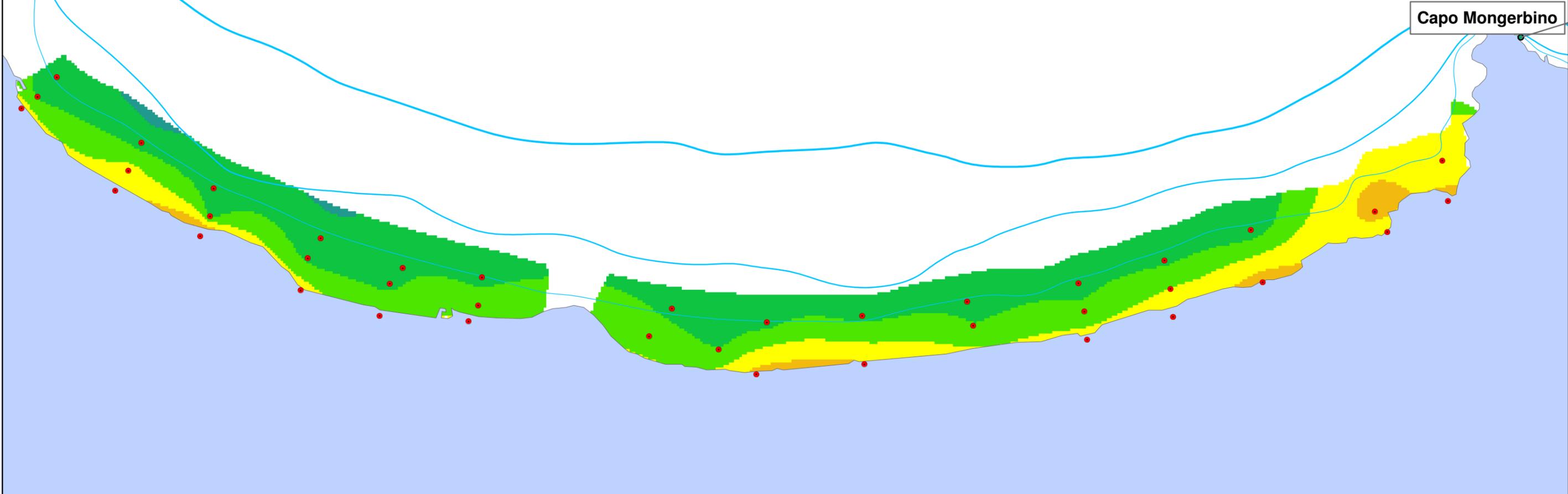
Mz (phi)

- 2.27 - -2 (ghiaia fine)
- 1.99 - -1 (ghiaia molto fine)
- 0.99 - 0 (sabbia molto grossolana)
- 0 - 1 (sabbia grossolana)
- 1.01 - 2 (sabbia media)
- 2.01 - 3 (sabbia fine)
- 3.01 - 3.18 (sabbia molto fine)



0 0.20.4 0.8 1.2  
 Kilometri

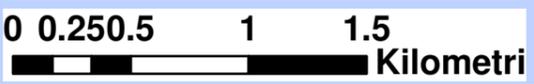
*Figura 4 - Carta di distribuzione del parametro Mz (Folk e Ward, 1957) nell'area costiera del Golfo di Palermo (dal Porto di Palermo a Capo Mongerbino)*



**Legenda**

punti di campionamento dei sedimenti Mz (phi)

<p>batimetria (m)</p> <p>— -10</p> <p>— -20</p> <p>— -50</p>	<p>•</p>	<p>■ -2.27 - -2 (ghiaia fine)</p> <p>■ -1.99 - -1 (ghiaia molto fine)</p> <p>■ -0.99 - 0 (sabbia molto grossolana)</p> <p>■ 0 - 1 (sabbia grossolana)</p> <p>■ 1.01 - 2 (sabbia media)</p> <p>■ 2.01 - 3 (sabbia fine)</p> <p>■ 3.01 - 3.18 (sabbia molto fine)</p>
--	----------	---



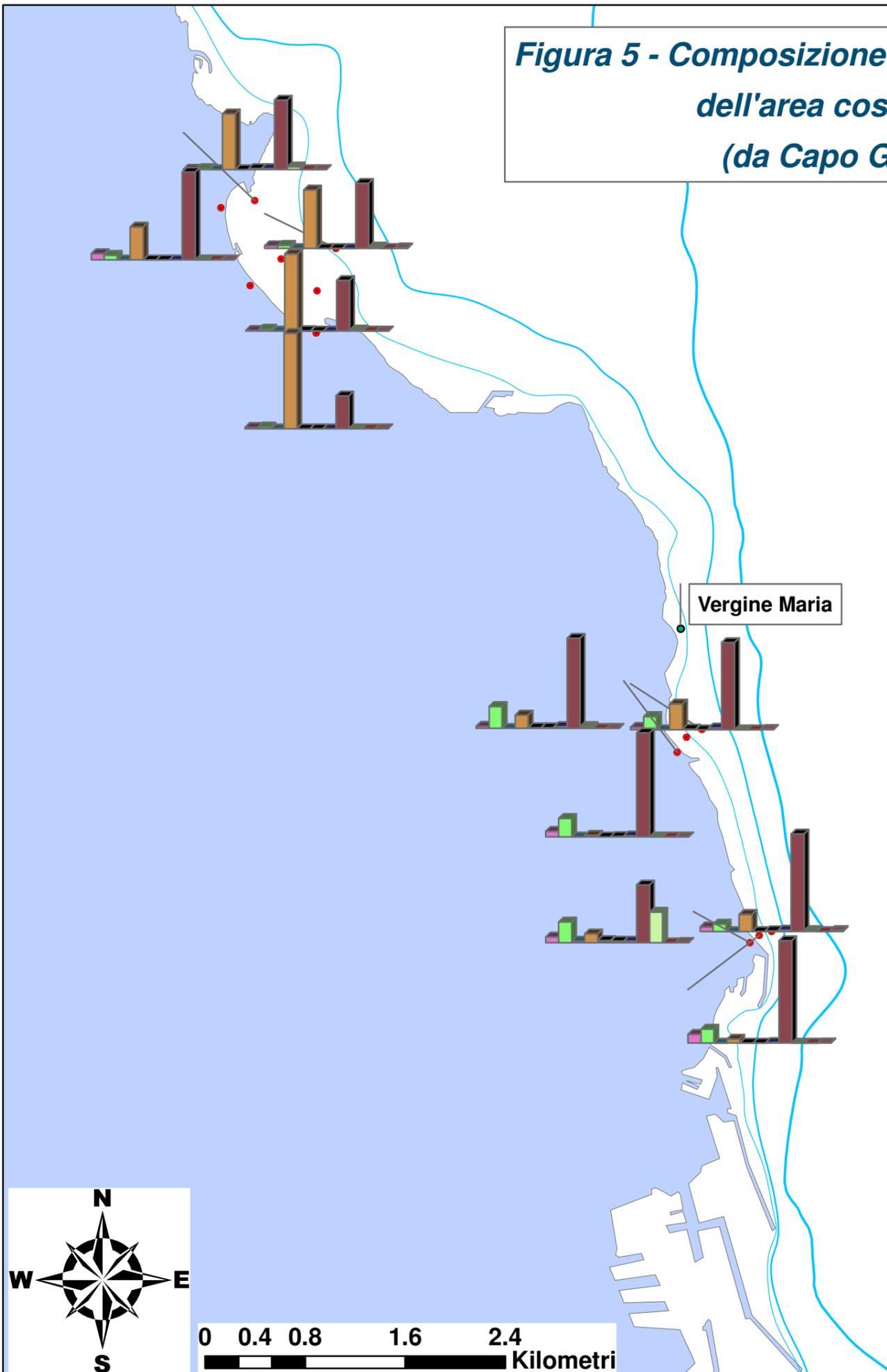
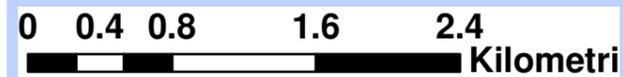
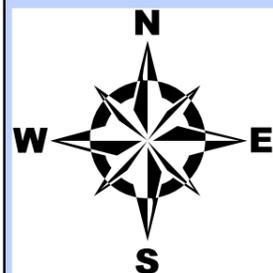
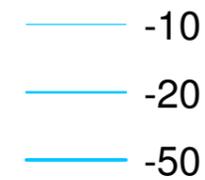
**Figura 5 - Composizione mineralogica principale dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo (da Capo Gallo al Porto di Palermo)**

**Legenda**

Composizione mineralogica principale dei sedimenti (%)

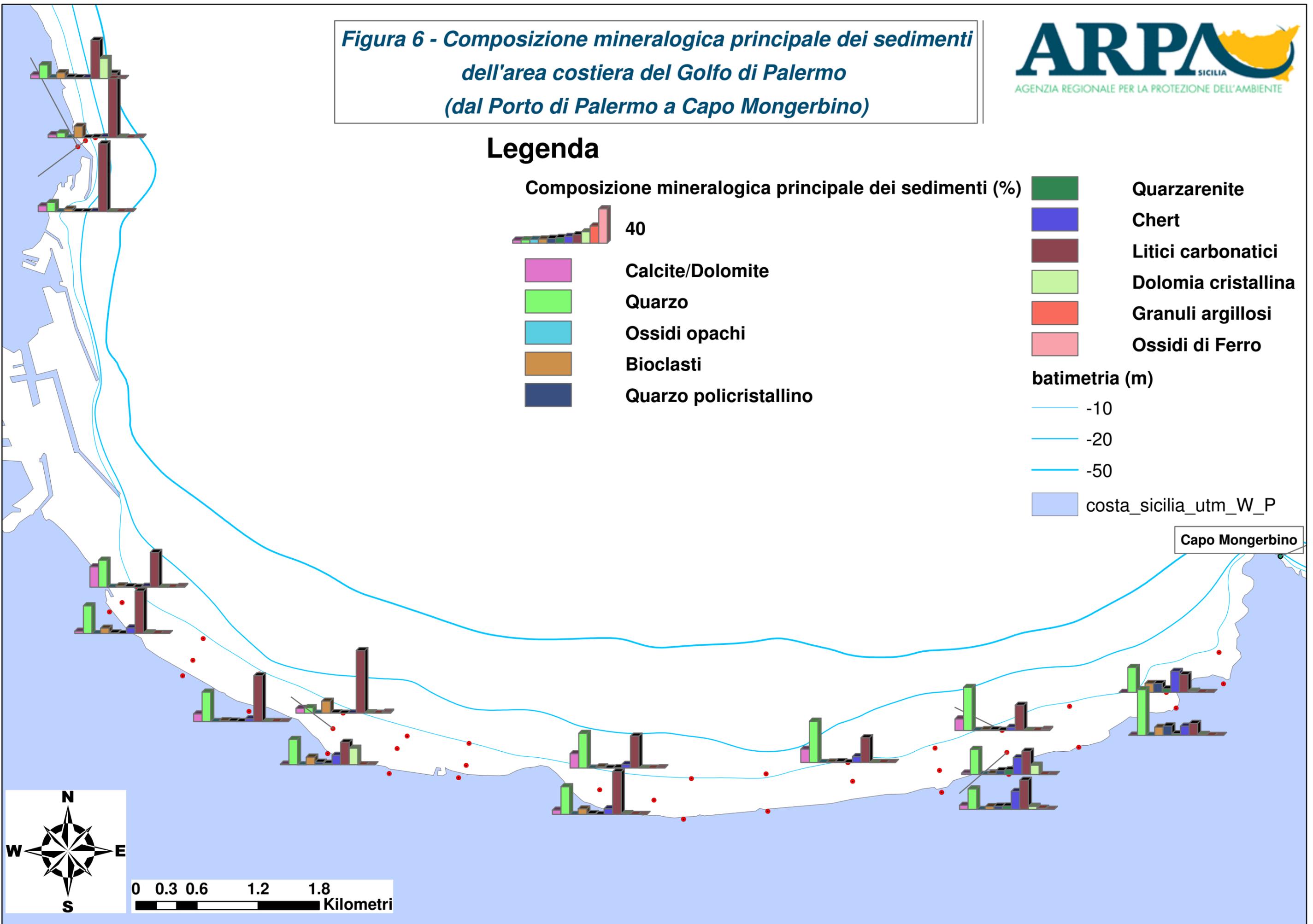
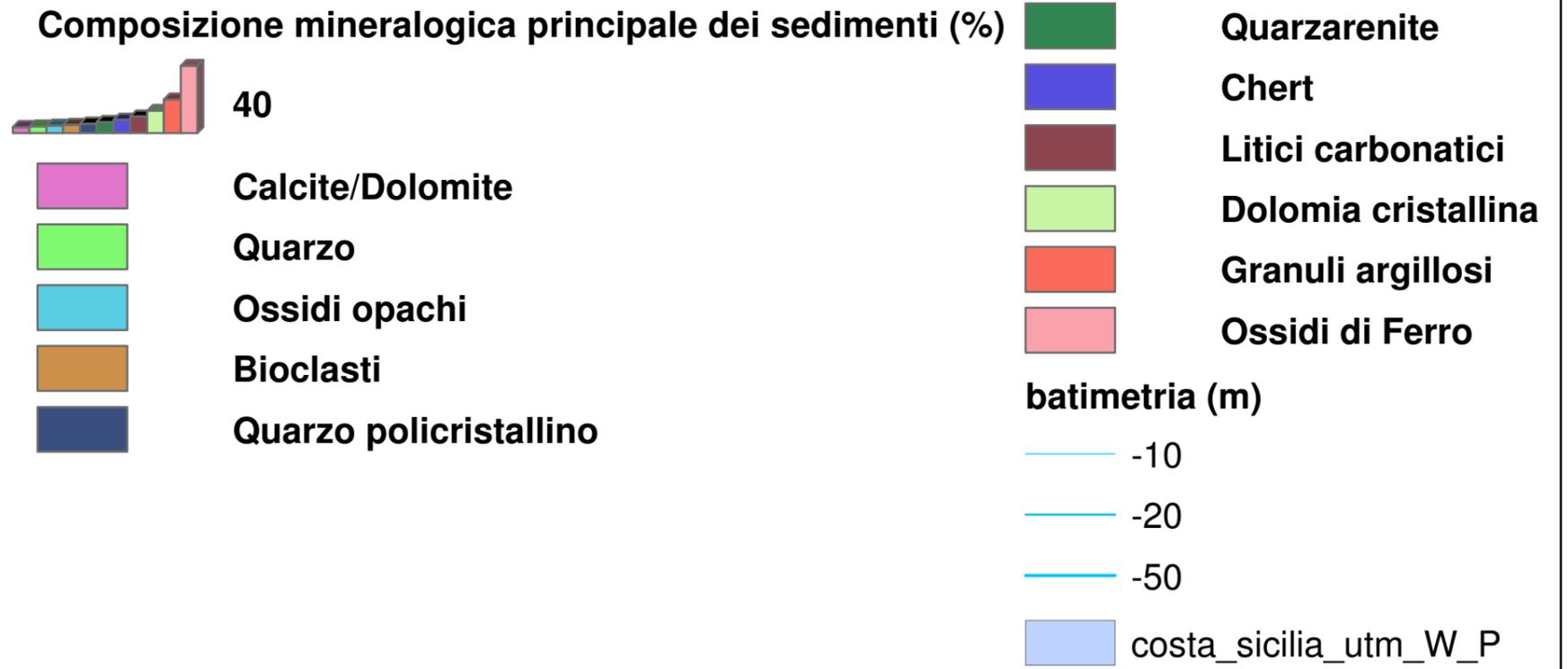


batimetria (m)



**Figura 6 - Composizione mineralogica principale dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo (dal Porto di Palermo a Capo Mongerbino)**

**Legenda**

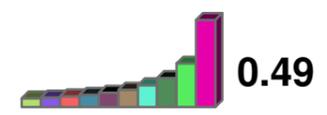


Capo Mongerbino

**Figura 7 - Distribuzione dei minerali pesanti nei campioni di battigia dell'area costiera del Golfo di Palermo**

**Legenda**

Abbondanze relative dei minerali pesanti (fraz. in peso)



- Ossidi di Ferro
- Leucoxeno
- Ilmenite
- Granato
- Tormalina
- Rutilo
- Zircone
- Apatite
- Minio
- Carbonati

batimetria (m)

- 10
- 20
- 50

