



Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sicilia Occidentale

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale

**PORTO DI PALERMO
COMPLETAMENTO DEL MOLO FORANEO DEL
PORTO DELL'ARENELLA**

CUP: I71J19000040005 (OPERA PNRR) - CIG: 9073719DC8



STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
(ART. 22, D. Lgs. 152/06 E SS.MM.II.)

**ALL.SIA.06.02 - Relazione integrativa sulle
attività di caratterizzazione sedimentologica
dell'area**
(a cura di ARPA Sicilia)

versione:	descrizione:	redazione:	controllo:	approvazione:	data:
01	EMISSIONE	ARPAS			2011

1 PREMESSA

L'Autorità del Sistema Portuale del Mar di Sicilia Occidentale (proponente ex art. 5, c. 1, lett. r del D.Lgs. 152/2006 e ssmmii) ha incaricato lo scrivente Studio Professionale dell'Ing. Giancarlo Inserra (O.d.I di Palermo, n. 7152) di redigere lo Studio di Impatto Ambientale necessario all'iter di legge per eseguire la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale nazionale.

Fanno parte del corpo documentale del progetto e del relativo Studio di Impatto Ambientale gli elaborati elencati nella Tabella 1-1 e nella Tabella 1-2 (si faccia sempre riferimento alla versione più aggiornata degli elaborati a disposizione dell'Autorità Competente).

1.1 Contenuti dello Studio di Impatto Ambientale

Il presente Studio è stato redatto secondo le indicazioni e i contenuti di cui all'allegato VII alla parte seconda del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., sulla base del parere espresso dall'autorità competente a seguito della eventuale fase di *scoping*. Pertanto:

Lo studio di impatto ambientale contiene almeno le seguenti informazioni:

- a) una descrizione del progetto, comprendente informazioni relative alla sua ubicazione e concezione, alle sue dimensioni e ad altre sue caratteristiche pertinenti;
- b) una descrizione dei probabili effetti significativi del progetto sull'ambiente, sia in fase di realizzazione che in fase di esercizio e di dismissione;
- c) una descrizione delle misure previste per evitare, prevenire o ridurre e, possibilmente, compensare i probabili impatti ambientali significativi e negativi;
- d) una descrizione delle alternative ragionevoli prese in esame dal proponente, adeguate al progetto ed alle sue caratteristiche specifiche, compresa l'alternativa zero, con indicazione delle ragioni principali alla base dell'opzione scelta, prendendo in considerazione gli impatti ambientali;
- e) il progetto di monitoraggio dei potenziali impatti ambientali significativi e negativi derivanti dalla realizzazione e dall'esercizio del progetto, che include le responsabilità e le risorse necessarie per la realizzazione e la gestione del monitoraggio;
- f) qualsiasi informazione supplementare di cui all'allegato VII relativa alle caratteristiche peculiari di un progetto specifico o di una tipologia di progetto e dei fattori ambientali che possono subire un pregiudizio.

Al presente studio di impatto ambientale si allega una sintesi non tecnica, predisposta al fine di consentirne un'agevole comprensione da parte del pubblico ed un'agevole riproduzione.

Per garantire la completezza e la qualità dello studio di impatto ambientale e degli altri elaborati necessari per l'espletamento della fase di valutazione, il proponente di questo studio:

- a) ha tenuto conto delle conoscenze e dei metodi di valutazione disponibili derivanti da altre valutazioni pertinenti effettuate in conformità della legislazione europea, nazionale o regionale, anche al fine di evitare duplicazioni di valutazioni;
- b) ha richiesto l'accesso ai dati e alle pertinenti informazioni disponibili presso le pubbliche amministrazioni, secondo quanto disposto dalle normative vigenti in materia, con le modalità ed i risultati che verranno di volta in volta esplicitati nella parte pertinente di questo documento;

- c) ha curato che la documentazione sia elaborata da esperti con competenze e professionalità specifiche nelle materie afferenti alla valutazione ambientale, e che l'esattezza complessiva della stessa sia attestata da professionisti iscritti agli albi professionali.

1.2 Approccio metodologico: le linee guida SNPA

Il presente documento si articola con una precisa struttura logica che consente la migliore facilità di lettura e la più efficace ricerca e ottenimento delle informazioni su argomenti specifici.

Con tale scopo è stato tenuto in debita considerazione il documento "Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale" Linee Guida SNPA, 28/2020.

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n.132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale".

Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA.

Le modifiche normative introdotte con il D.Lgs. 104/2017 alla parte seconda del Testo unico dell'ambiente prevedevano che venissero adottate, su proposta del SNPA, linee guida nazionali e norme tecniche per l'elaborazione della documentazione finalizzata allo svolgimento della valutazione di impatto ambientale.

Le linee guida vengono considerate uno strumento per la redazione e la valutazione degli studi di impatto ambientale per le opere riportate negli allegati II e III della parte seconda del D.Lgs. 152/06 s.m.i.

Le indicazioni della Linea Guida integrano i contenuti minimi previsti dall'art. 22 e le indicazioni dell'Allegato VII del D.Lgs. 152/06 s.m.i, sono riferite ai diversi contesti ambientali e sono valide per le diverse categorie di opere, con l'obiettivo di fornire indicazioni pratiche chiare e possibilmente esaustive.

1.3 Il corpo documentale a corredo dell'istanza di VIA

In aderenza ai dettami del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. il proponente, quindi, presenta l'istanza di VIA trasmettendo all'autorità competente in formato elettronico:

- a) gli elaborati progettuali;
- b) lo studio di impatto ambientale e i suoi allegati;
- c) la sintesi non tecnica;
- d) l'avviso al pubblico, con i contenuti indicati all'articolo 24, comma 2;
- e) copia della ricevuta di avvenuto pagamento del contributo di cui all'articolo 33.

Le tabelle seguenti elencano il corpo documentale allegato all'istanza.



COMMITTENTE

Autorità di Sistema Portuale
del Mare di Sicilia Occidentale

INCARICATO DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE



Ing. Giancarlo Insera
Ingegneria Ambientale e Civile

ELENCO ELABORATI			
codice elaborato	titolo elaborato	Vers.	Data
SIA.01	Studio di Impatto Ambientale	01	01/03/2023
ALL.SIA.02	Campagna indagini fonometriche e valutazione previsionale di impatto acustico (a cura di Projects Lab - Ing. Ruggero Taragnolini)	01	01/03/2023
ALL.SIA.03	Caratterizzazione e qualificazione della prateria di Posidonia oceanica interferita dalle azioni di progetto relative al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	feb-23
ALL.SIA.04	Progetto di trapianto di Posidonia oceanica come misura di compensazione dell'impatto relativo al completamento del Molo Foraneo del Porto dell'Arenella (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	feb-23
ALL.SIA.05	Area di sito: analisi e prove sui sedimenti ai sensi del DM 173/2016 (Biosurvey srl - Resp. scientifico Prof. S. Calvo, Lab. Uff. SO.GEST Ambiente srl)	01	28/02/2023
ALL.SIA.06.01	Attività di campionamento ed analisi sedimentologiche dell'area marina costiera del golfo di Palermo (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.06.02	Relazione integrativa sulle attività di caratterizzazione sedimentologica dell'area (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.07.01	Caratterizzazione della qualità delle acque marine del Golfo di Palermo – FASE I (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.07.02	Caratterizzazione della qualità delle acque marine del Golfo di Palermo – FASE II (ARPA Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.08	Monitoraggio della qualità dell'aria nel porto di Palermo (A.R.P.A. Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.09	Monitoraggio del rumore, delle vibrazioni e dei campi elettromagnetici nell' area portuale di Palermo anno 2009-2010 (A.R.P.A. Sicilia)	01	2011
ALL.SIA.10	Monitoraggio in banda larga dei livelli di campo elettromagnetico nel Porto di Palermo e di Termini Imerese (A.R.P.A. Sicilia)	01	2011
VINCA.01	Relazione generale di Screening di V.Inc.A. (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	28/02/2023
VINCA.02	Screening di Incidenza - Livello 1 della V.Inc.a (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	28/02/2023
PMA.01	Piano di Monitoraggio Ambientale	01	01/03/2023
PMA.02	Integrazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) per gli aspetti di biodiversità marina (a cura di Biosurvey srl - Resp. Scientifico Prof. S. Calvo)	01	dic-22
SNT	Sintesi Non Tecnica	01	01/02/2023

Tabella 1-1: Elaborati dello Studio di Impatto Ambientale

ELENCO DEGLI ELABORATI DI PROGETTO	
codice	titolo elaborato
EE.00	Elenco elaborati
	A - ELABORATI GENERALI
A..01	Relazione generale
	B - RELAZIONI SPECIALISTICHE
B.01	Relazione idraulica marittima
B.01.01	Relazione idraulica marittima: allegati
B.02	Relazione dell'agitazione residua e dell'agibilità portuale
B.02.01	Relazione dell'agitazione residua e dell'agibilità portuale: allegati
B.03	Relazione sulla dinamica della costa
B.04	Relazione sismica
B.05	Relazione geotecnica
B.06	Relazione sul dimensionamento e la stabilità idraulica
B.07.01	Relazione di calcolo delle strutture
B.07.01	Relazione di calcolo delle strutture: allegati
B.08	Relazione paesaggistica
	Studio Geologico (a cura del dott. Paolo Nania)
B.09 - 1	Relazione geologica
B.09 - 1.1	Geolocalizzazione indagini geognostiche e sismiche
B.09 - 2	Indagini sismiche MASW
B.09 - 3	Indagini sismiche HVSR
B.09 - 4	Elaborazione geotecnica dei test penetrometrici (Spt) eseguiti in foro
B.09 - 5	Raccolta dati stratigrafici e laboratorio geotecnico
B.09 - 5.1	Analisi e prove di laboratorio geotecnico (a cura di CON.GEO Srl)
B.09 - 6	Tavole cartografiche
	RILIEVI TOPOGRAFICI, BATIMETRICI E BIOCENOTICI (A CURA DI ARENA SUB SRL)
R.01	Relazione illustrativa dei rilievi batimetrici e biocenotici
R.01.01	Allegato: Processing Report
R.01.02	Allegato: Video subacquei dai transetti (da trasmettere su richiesta)
T.1	Ortofoto e profili di sezioni
T.2	Ortofoto a Piano Quotato
T.3a	Carta morfologico-batimetrica (isobate)
T.3b	Carta morfologico-batimetrica (rilievo ombreggiato color coded)
T.3c	Carta morfologico-batimetrica (rilievo ombreggiato grey-scale)
T.4a	Carta morfologico-batimetrica (isobate) - Spiaggia Vergine Maria
T.4b	Carta morfologico-batimetrica (shaded relief) - Spiaggia Vergine Maria
T.5	Carta dei tipi di fondo (color coded seabed features)
T.6	Carta del mosaico acustico Side Scan Sonar
	RELAZIONE ARCHEOLOGICA PREVENTIVA (A CURA DOTT. ARCHEDI. F. FAZIO - ARENA SUB SRL)
VIARCH.01	Relazione archeologica preventiva a seguito dei rilievi
VIARCH.01.01	Relazione archeologica preventiva: Carta del potenziale archeologico
	C - ELABORATI GRAFICI
	C.SF - STATO DI FATTO
C.SF.01.01	Carta nautica - Cartografia IGM - Carta Tecnica Regionale - Ortofoto
C.SF.01.02	Stralzo PR0 - Stralzi PRP - Stato di completamento
C.SF.01.03	Carta dei vincoli paesaggistici e territoriali
C.SF.02.01	Planimetria e sezioni dello stato di fatto
C.SF.02.02	Inventario visuale
	C.OP - STATO DI PROGETTO
C.OP.01	Planimetria sinottica delle opere in progetto
C.OP.02	Planimetria di dettaglio
C.OP.03	Ilfronto SDE - PRP vigente - Opere in progetto
C.OP.04	Piano di tracciamento delle opere
C.OP.05	Sezioni tipo di progetto
C.OP.06	Quaderno delle sezioni di computo
C.OP.07	Particolari costruttivi e arredo portuale
C.OP.08.01	Cassoni cellulari: piante e sezioni
C.OP.08.02	Cassoni cellulari: carpenterie
C.OP.09	Modalità esecutive e fasi costruttive
C.OP.10	Siti di cava e deposito
	D - ELABORATI DEGLI IMPIANTI
D.IE.01	Impianti Elettrici e Illuminotecnici: Relazione descrittiva e di calcolo
D.IE.02	Impianti Elettrici e Illuminotecnici: Schema di installazione
D.IS.01	Impianti Idrici: Relazione descrittiva e di calcolo
D.IS.02	Impianti Idrici: Schema di installazione
	E - PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI
E.01	Manuale d'uso
E.02	Manuale di manutenzione
E.03	Programma di manutenzione
	F - PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO E INCIDENZA DELLA MANODOPERA
F.01	Piano di sicurezza e coordinamento
F.02	Planimetria delle aree di cantiere
	G - ELABORATI ECONOMICI ED AMMINISTRATIVI
G.01	Elenco dei prezzi unitari
G.02	Analisi dei prezzi
G.03	Quadro incidenza della manodopera
G.04	Computo metrico estimativo
G.05	Quadro economico
G.06	Cronoprogramma
G.07	Capitolato speciale d'appalto
G.08	Schema di contratto di appalto

Tabella 1-2: Corpo documentale del progetto

Associazione Temporanea d'Imprese:



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



Tel. e Fax: ++39 0289422170 - ++39 0289425133
mall@ldrotec-Ingegneria.it



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

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO DISEGNO CON DIVIETO DI RIPRODURLO, ANCHE IN PARTE, O DI RENDERLO NOTO A TERZI.



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.

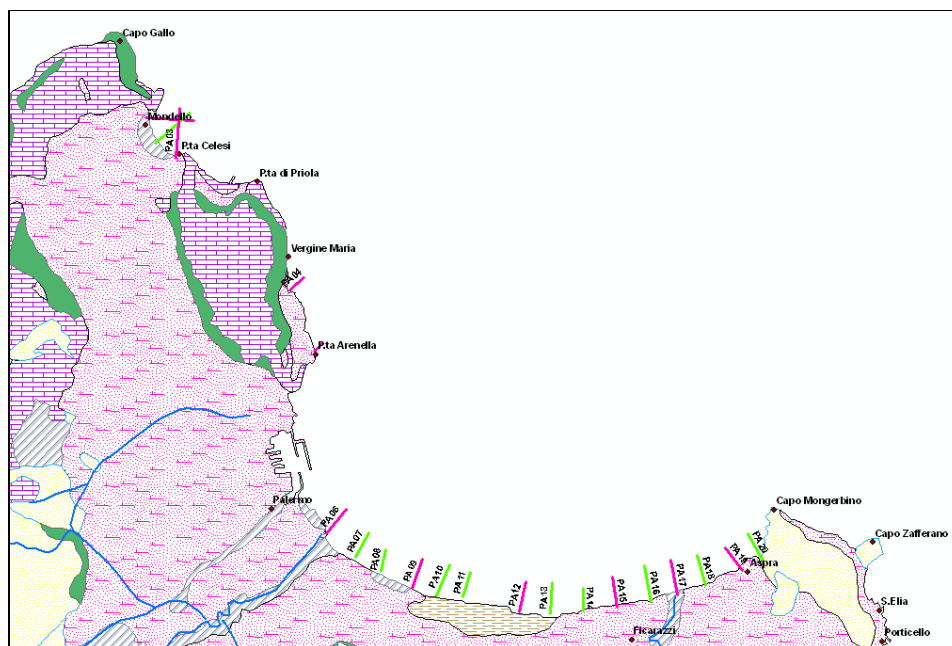
L'A.R.P.A. Sicilia dopo aver eseguito campionamenti, rilievi ed analisi su diverse matrici ambientali (aria, acqua, rumore e campi elettromagnetici), ha prodotto una serie di dati e report sulle attività di analisi svolte. Le relazioni prodotte sono state incluse come allegati nel Rapporto Ambientale.

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 M_z (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 M_z (FALK E WARD, 1957) DEI SEDIMENTI DELL'AREA COSTIERA

Per quanto riguarda l'elaborazione della carta di distribuzione del parametro granulometrico M_z (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 M_z 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 () 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 ()
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

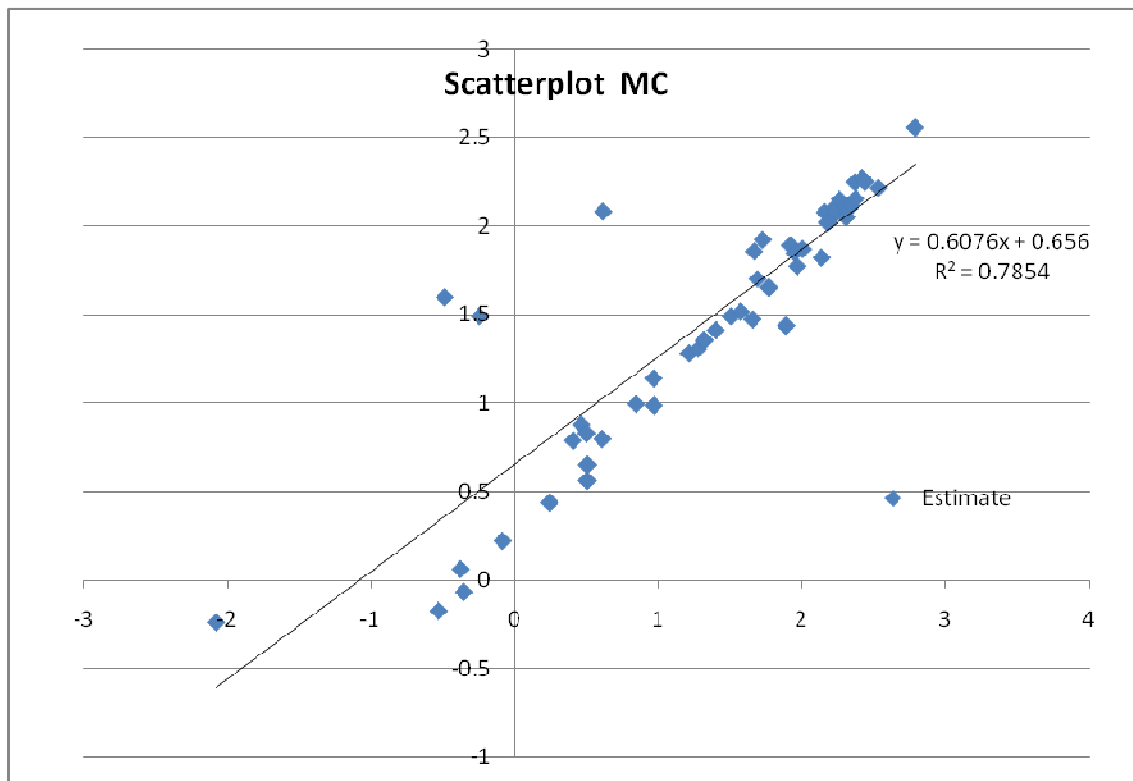


Figura 2 – Scatterplot dei valori predetti (lungo l’asse delle ordinate) vs. i valori misurati (lungo l’asse delle ascisse) ottenuto con i risultati della procedura di *cross-validation* applicata al metodo di interpolazione *Mimum Curvature* (Smith and Wessel, 1990).

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

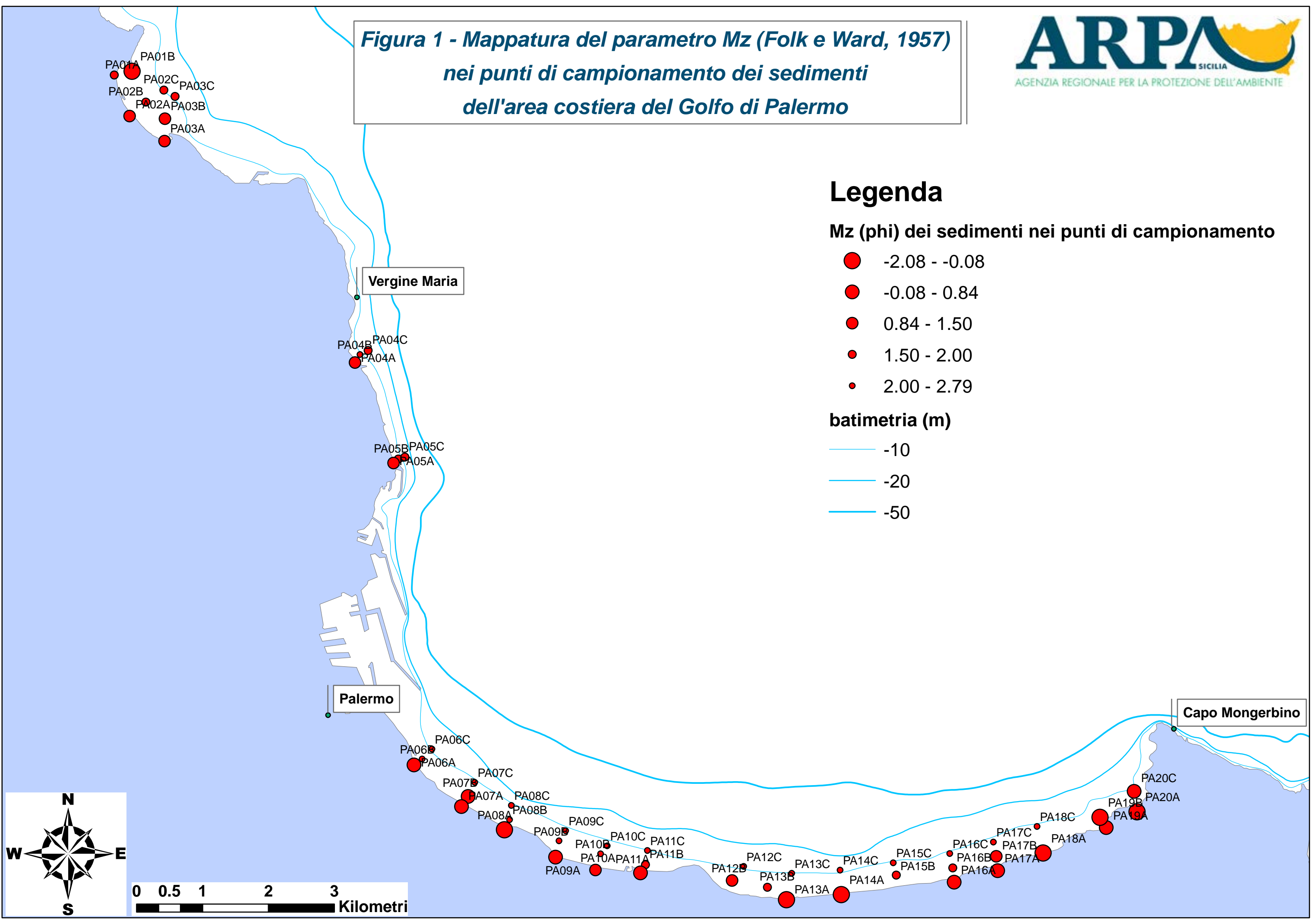
Chiles, J. P. and P. Delfiner. (1999) *Geostatistics: Modeling Spatial Uncertainty*. John Wiley and Sons, New York, 695 pp.

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



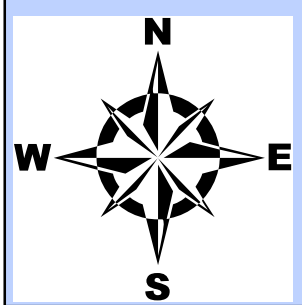
Legenda

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



0 0.5 1 2 3
 Kilometri

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

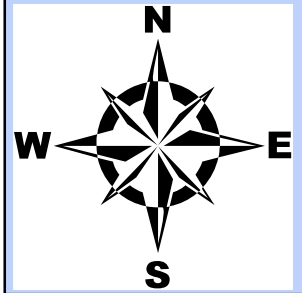
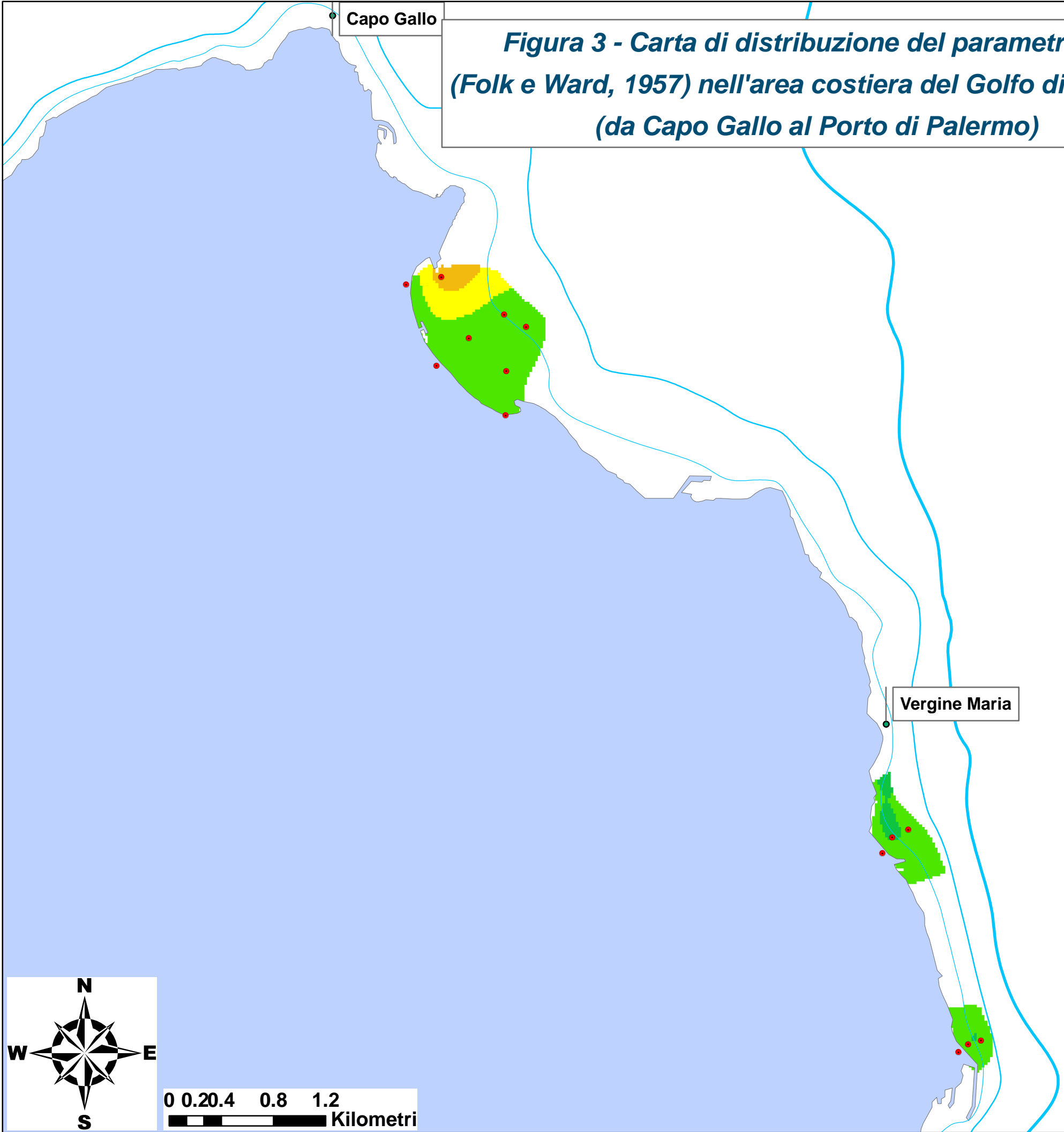


batimetria (m)

- 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)



**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)**

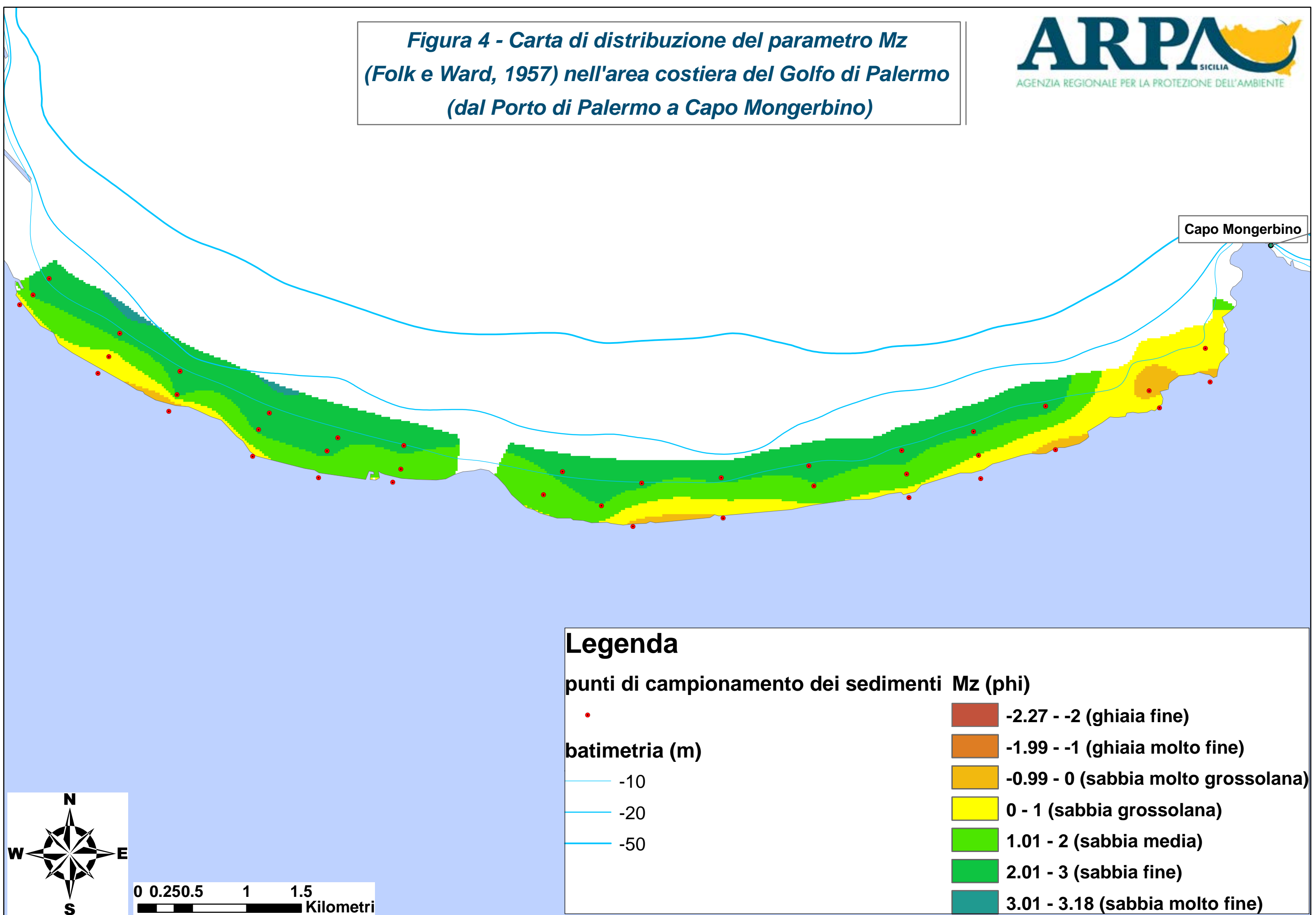


Figura 5 - Composizione mineralogica principale dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo (da Capo Gallo al Porto di Palermo)

Legenda

Composizione mineralogica principale dei sedimenti (%)



batimetria (m)

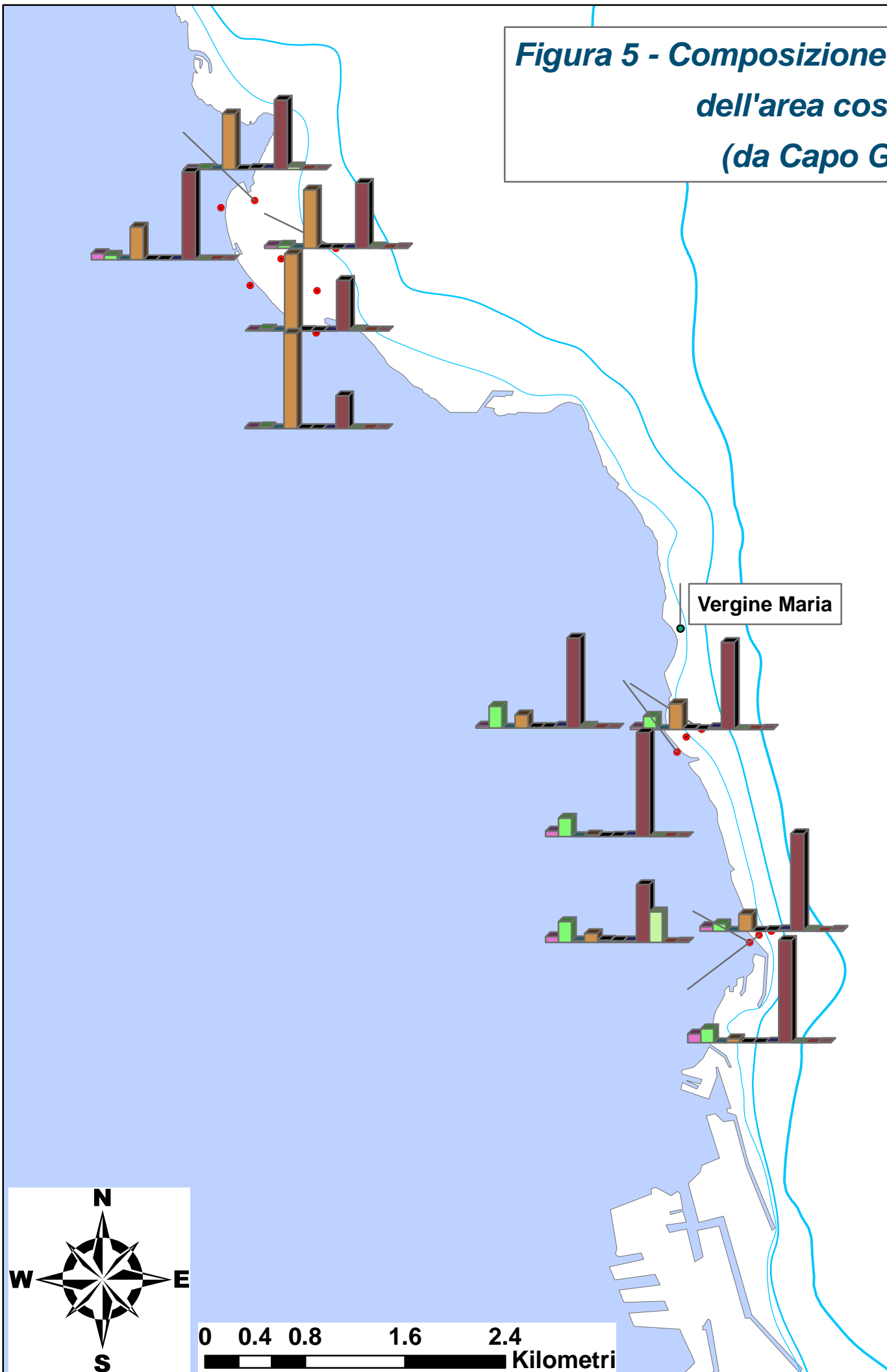
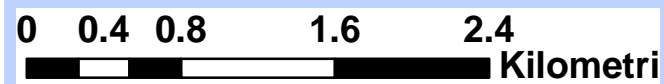
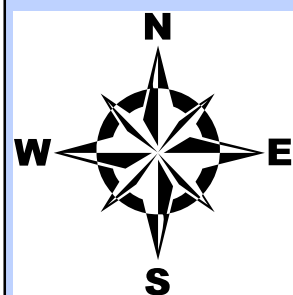
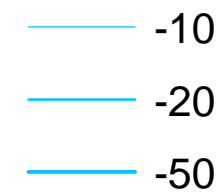
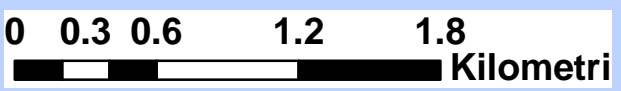
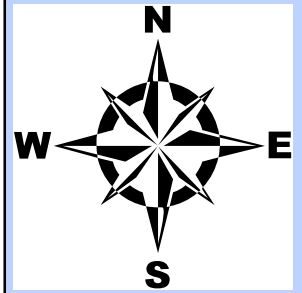
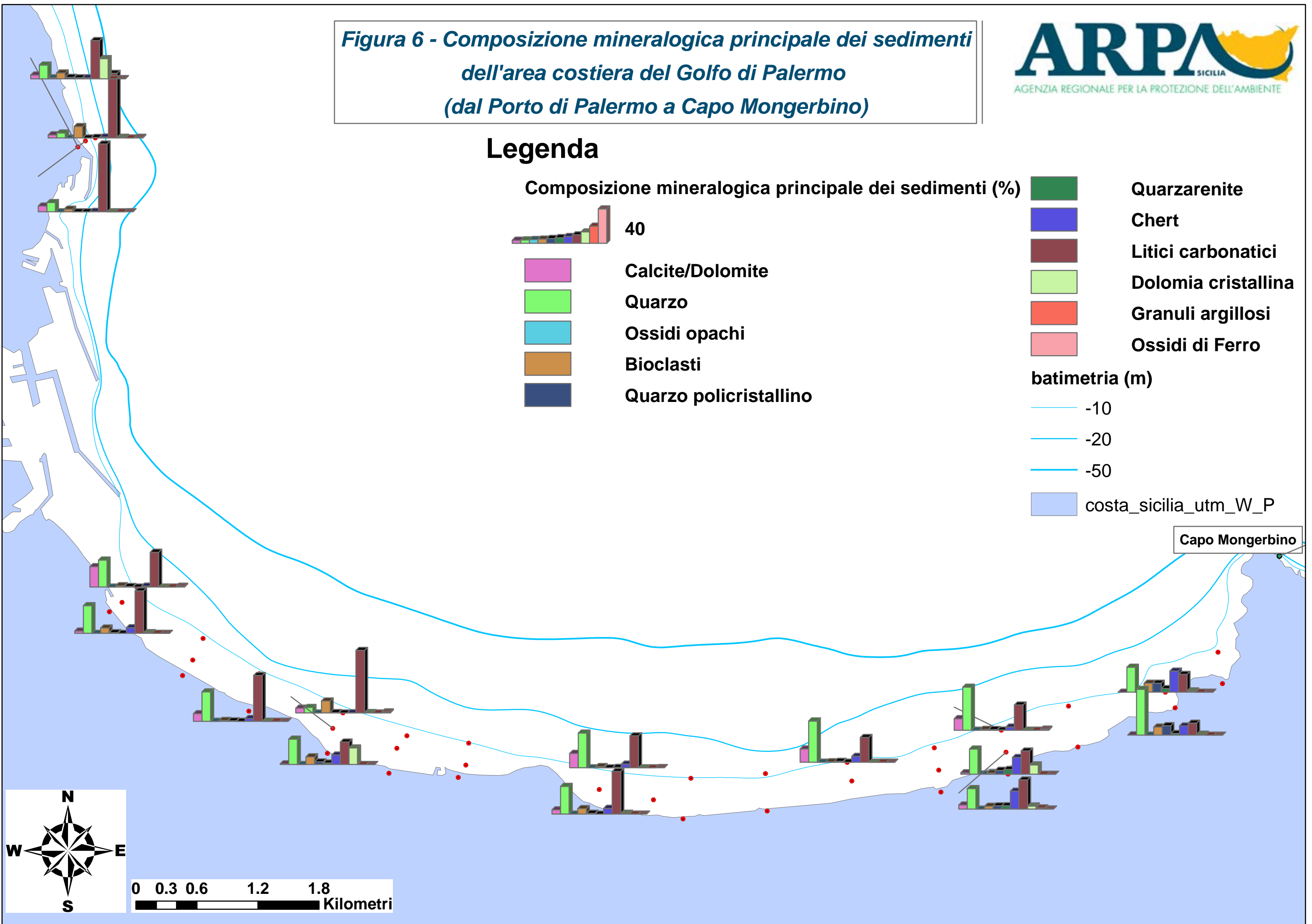
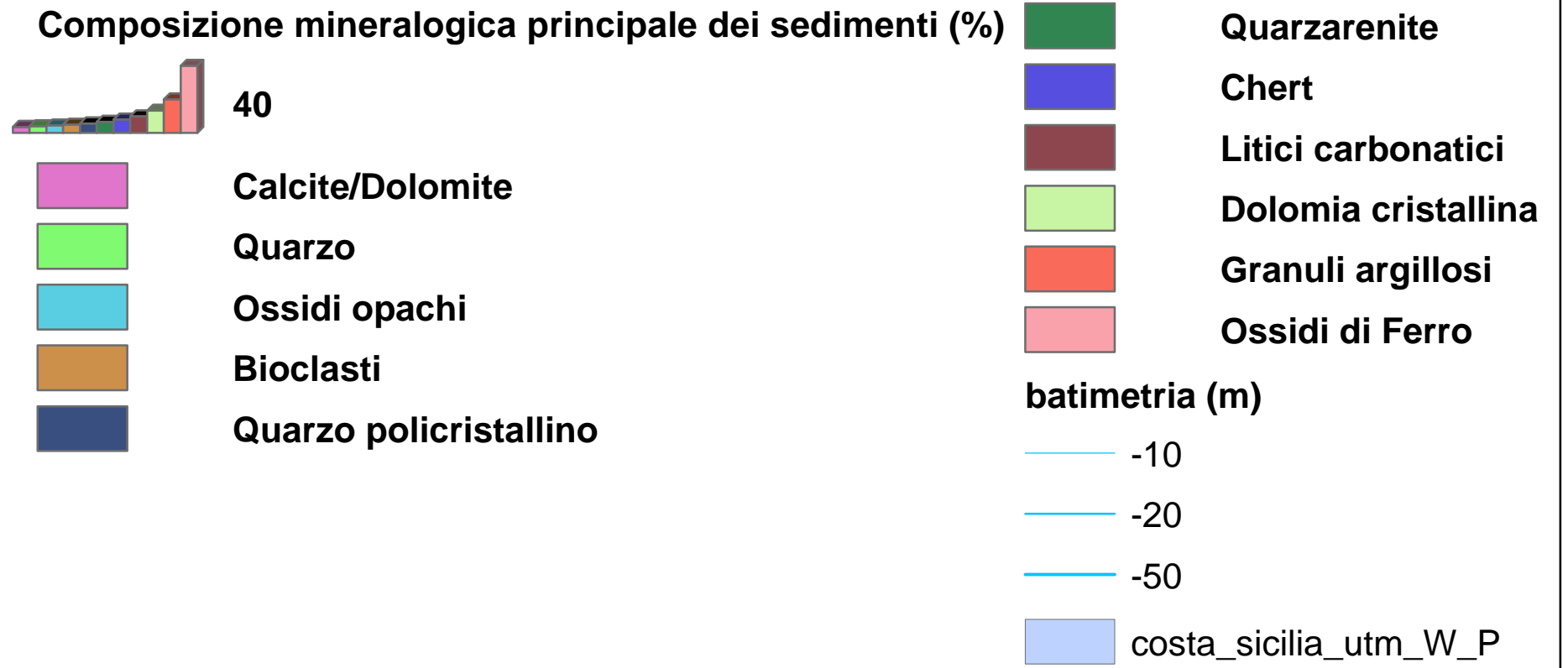


Figura 6 - Composizione mineralogica principale dei sedimenti dell'area costiera del Golfo di Palermo (dal Porto di Palermo a Capo Mongerbino)

Legenda

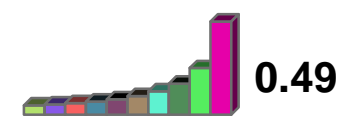


Capo Mongerbino

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

