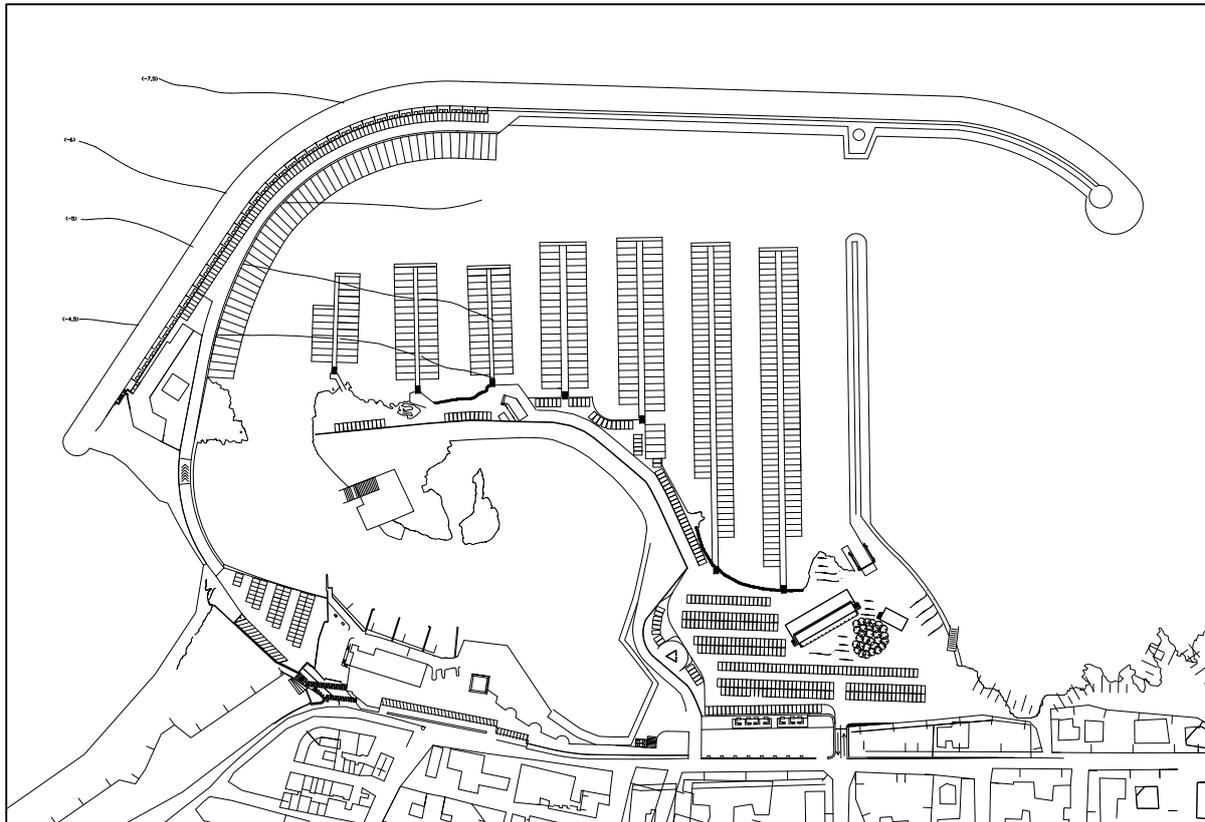


REGIONE PUGLIA

PORTO DI SAN FOCA S.P.A.
Porto Turistico-Stazionamento

PROGETTO DEFINITIVO PER L'AMPLIAMENTO E COMPLETAMENTO
DEL PORTO DI SAN FOCA ADEGUATO ALLE RISULTANZE DELLE
PROVE SUL MODELLO FISICO REALIZZATO DAL POLITECNICO DI BARI



VALUTAZIONE DELLE RIPERCUSSIONI SULLE SPIAGGE LIMITROFE

PROGETTISTI

Ing. Antonio Candido

Ing. Donato Candido

Ing. Luigi Del Grosso

Ing. Franco Gallo



SETTEMBRE 2018

TAV. G16

Rev.

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI MELENDUGNO

SAN FOCA: PORTO TURISTICO - STAZIONAMENTO

PROGETTO DEFINITIVO

Valutazione delle ripercussioni sulle spiagge limitrofe



Modimar S.r.l.

Prof. Ing. Alberto NOLI

Dott. Ing. Paolo CONTINI

Dott. Ing. Giancarlo MILANA

Dott. Ing. Davide SALTARI

Roma, Dicembre 2000

INDICE

1. Premessa.....	3
2. Inquadramento morfologico del sito	4
3. Cartografia di riferimento.....	9
4. Analisi dei sedimenti.....	10
5. Analisi con metodo empirico dell'influenza delle nuove opere portuali sulla spiaggia limitrofa.....	22
6. Analisi dell'influenza delle nuove opere portuali sulla spiaggia limitrofa con modello numerico ad una linea	24
6.1. Definizione delle condizioni al contorno	24
6.2. Risultati della fase di taratura e validazione del modello.....	26
6.3. Previsione dell'evoluzione litoranea futura in presenza delle nuove opere portuali.....	28
7. Conclusioni	30

1. Premessa

In generale, l'analisi dell'influenza di nuove opere portuali sulle spiagge adiacenti costituisce sicuramente il fattore più importante da prendere in considerazione ai fini di una verifica della "fattibilità" delle stesse opere, in quanto da questo può discendere l'inaccettabilità della realizzazione proposta per gli eccessivi impatti sulla dinamica litoranea e conseguenti oneri di mantenimento delle sue condizioni "naturali" di equilibrio. A tal proposito si sottolinea che, ai sensi delle vigenti disposizioni di legge, nel caso della progettazione di un porto turistico è necessario condurre uno specifico studio di dinamica costiera (1).

Nel caso in esame il porto di San Foca ricade, vedi figura 1 (2), nel litorale pugliese prospiciente il Canale d'Otranto contraddistinto da una geomorfologia condizionata da formazioni di falesie rocciose calcarenitiche che si estendono anche per buona parte del fondale prospiciente la costa talvolta con affioramenti di scogli bassi; in generale lungo il litorale salentino si riconoscono spiagge di breve estensione la cui genesi è legata principalmente all'azione di smantellamento e disgregazione dei fronti rocciosi anzidetti ad opera del moto ondoso.

In prossimità del porto di S.Foca vi sono due spiagge, aventi comunque un'estensione limitata, una a ridosso del molo di nord-ovest quindi posta sopraflutto rispetto al porto e l'altra detta "spiaggia aranci" posta circa 300 metri sottoflutto (a sud-est).

Il presente studio di dinamica costiera, inteso a verificare l'eventuale ripercussione delle nuove opere portuali su questi tratti spiaggia, è stato condotto attraverso un primo inquadramento morfologico e l'analisi dei dati esistenti al fine di consentire, tramite l'impiego successivo di sofisticati modelli numerici di simulazione (3), una valutazione oggettiva delle attuali tendenze evolutive e di quelle future legate alla realizzazione delle nuove opere portuali.

¹ Ai sensi di quanto disposto dal Decreto InterMinisteriale del 14/04/98 "Approvazione dei requisiti per la redazione dei progetti da allegare ad istanze di concessione demaniale marittima per la realizzazione di strutture dedicate alla nautica da diporto"

² Estratta dall'Atlante delle Spiagge Italiane, sottoprogetto "Dinamica dei Litorali" a cura del C.N.R., tavola 214 "Gallipoli" emessa nel 1990.

³ Si sottolinea che la Società MODIMAR vanta una più che ventennale esperienza nell'uso dei modelli numerici di calcolo per l'ingegneria marittima e costiera e dispone di software sviluppato spesso per conto od in collaborazione con laboratori e centri di ricerca universitari o stranieri. In particolare il modello di spiaggia ARIES è il risultato di oltre 25 anni di studi ed applicazioni iniziati dal Prof. L. Franco con i laboratori del HR-Wallingford; è stato implementato e validato nella versione user-friendly in collaborazione con il laboratorio ENEL-CRIS di Milano; si possono elencare svariate decine di applicazioni pratiche del modello ARIES che hanno trovato pieno riscontro con la realtà dei fenomeni di dinamica costiera. Le recenti applicazioni del modello per l'attività di monitoraggio dei litorali di Cavallino e Pellestrina commissionata dal Consorzio Venezia Nuova sono state riconosciute come pienamente valide ed attinenti dalla commissione di esperti nominata dal Magistrato alle Acque di Venezia che pertanto sta pianificandone l'impiego anche per le future attività di manutenzione dei litorali.

2. Inquadramento morfologico del sito

Come evidenziato dalla fig. 1 il litorale ove si inserisce il porto di S. Foca è contraddistinto da una costa a matrice rocciosa calcarenita conformata in falesie talvolta contraddistinte al piede delle stesse da spiagge strette.

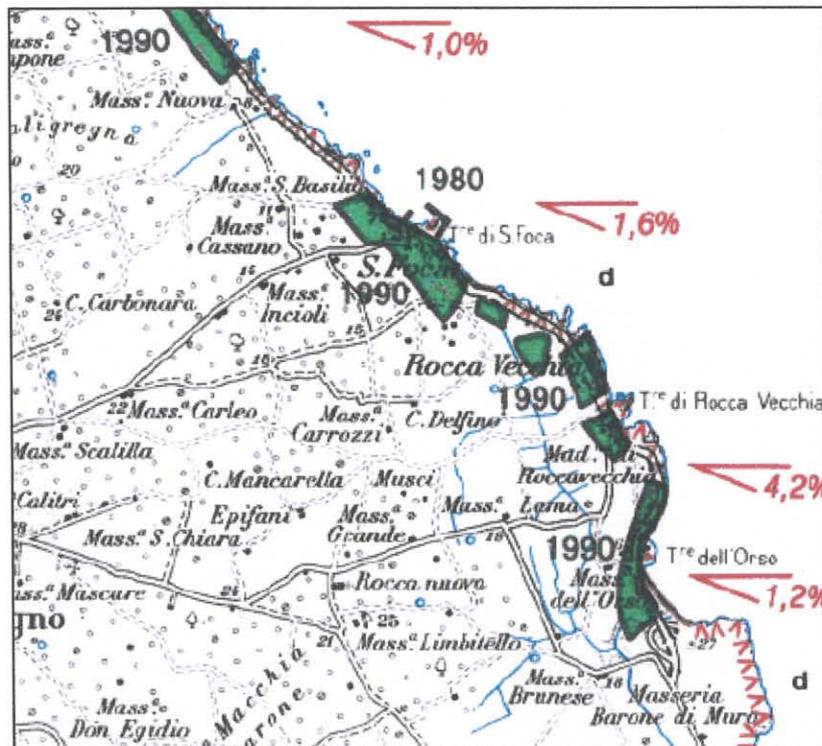


Fig. 1 – caratteristiche geomorfologiche del litorale limitrofo al porto di S. Foca

In prossimità del porto si individua una spiaggia a nord-ovest che sotto l'azione del moto ondoso si addossa al molo di sopraflutto (foto 1); circa 300 m a sud-est del porto si individua (foto 2) la "spiaggia aranci" che costituisce un importante riferimento per il turismo balneare della zona.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati e dall'analisi diacronica della cartografia reperita è emerso che:

- la spiaggia a nord-est del porto, delimitata lato terra dalla falesia calcarenitica, è soggetta ad una tendenza evolutiva di avanzamento seppure molto lento e comunque è posta sopraflutto rispetto alle nuove opere portuali; pertanto non si dovrebbero riflettere su di essa particolari ripercussioni e/o alterazioni dell'attuale trend evolutivo;
- anche la spiaggia posta a sud-est del porto è delimitata alle estremità longitudinali alla riva da formazioni rocciose ed è contraddistinta da bassi fondali rocciosi; lato

terra la spiaggia è contraddistinta da un sistema dunale coperto dalla tipica vegetazione della macchia mediterranea; la forte fruizione turistico-balneare di questa spiaggia è denunciata dalla presenza di sentieri che “incidono” la vegetazione dunale favorendone la deflazione eolica e l’erosione per corrivazione delle acque meteoriche. Nel suo insieme questa spiaggia è classificabile come pocket-beach la cui stabilità nel tempo è comunque legata a diversi fattori tra i quali l’eventuale variazione della risultante del moto ondoso incidente; un prolungamento del molo di sopraflutto del porto di S.Foca comporta un’inevitabile redistribuzione sottoflutto alle nuove opere (sud-est) del flusso di energia associato al moto ondoso e quindi potrebbe in qualche misura influenzare l’attuale tendenza evolutiva della spiaggia aranci.

Nelle successive attività di studio, illustrate nel seguito della presente relazione, si è focalizzata l’attenzione sull’analisi della dinamica evolutiva della spiaggia aranci che rappresenta l’unica porzione di litorale sabbioso la cui stabilità potrebbe essere condizionata in qualche misura dalla realizzazione delle nuove opere portuali.



Foto 1 – Spiaggia posta a ridosso della diga di nord ovest del porto di S. Foca



Foto 2.a – “Spiaggia aranci” posta a sud est del porto di S. Foca confinata dal cordone dunale



Foto 2.b – Vista dall'estremità nord-ovest della “spiaggia aranci”.

La “spiaggia aranci” posta sottoflutto al porto di S. Foca, per i caratteri geomorfologici d’insieme è classificabile come una pocket-beach validamente confinata agli estremi dalle formazioni rocciose.

In generale, questo morfotipo costiero, può essere considerato come un’unità fisiografica a se stante, essendo pressochè nulli i flussi solidi litoranei in corrispondenza dei promontori di estremità; la sua evoluzione è strettamente connessa al bilancio esistente tra gli eventuali elementi di apporto e quelli di perdita dei sedimenti che compongono la stessa fascia litoranea. Tra gli elementi a contributo positivo nel bilancio solido della fascia costiera (fattori di apporto/accrescimento) si devono considerare i contributi solidi provenienti dal retrospiaggia (apporti di eventuali corsi d’acqua e più in generale delle acque pluviali) e/o dall’eventuale progressivo smantellamento dei promontori rocciosi per l’azione combinata del moto ondoso e di altri agenti climatici (vento, pioggia, ecc.); tra gli elementi a contributo negativo (fattori di perdita/depauveramento) del bilancio solido si devono considerare sia le azioni del moto ondoso e delle correnti marine che si esplicano lungo la surf zone (area dei frangenti ⁴) sia l’azione del vento che si esplica lungo la backshore zone (zona di retrospiaggia ⁵).

Ai fattori suindicati devono essere aggiunti quelli di natura antropica, che possono insistere più o meno direttamente sulla fascia costiera di interesse e che spesso costituiscono la causa di “disturbo” principale sul naturale equilibrio della fascia costiera.

Per una pocket-beach solitamente, la continua azione di modellazione ad opera del moto ondoso, determina lo sviluppo della linea di riva in forma arcuata con asse mediano orientato secondo la direzione risultante del moto ondoso incidente. Se le caratteristiche meteomarine del paraggio in esame sono contraddistinte da una alternanza media climatica di stati di mare, associati a distinte direzioni di provenienza per le distinte stagioni, si ha una conseguente variazione della posizione della linea di riva che tende a disporsi ortogonalmente alla direzione degli stati di mare prevalenti. A questa variazione stagionale dell’andamento planimetrico della linea di riva si abbina una caratteristica variazione stagionale del profilo trasversale, proprio dei litorali sabbiosi (⁶), che in

⁴ La *surf zone* è la porzione di spiaggia che, lungo un ideale profilo trasversale di un litorale sabbioso, si estende dalla zona di primo frangimento delle onde (breaking zone, a ridosso delle barre sommerse) sino al punto di massima risalita dell’onda (swash zone, solitamente delimitata da una berma di incisione individuabile lungo la spiaggia emersa).

⁵ L’evoluzione della *backshore zone* (zona di retrospiaggia), detta anche “spiaggia alta” perchè mediamente non è raggiunta dai fattori puramente marini (moto ondoso e correnti), è regolata essenzialmente dall’azione diretta del vento (deflazione) responsabile della “fuga” dei sedimenti verso l’entroterra. Eventi meteomarini particolarmente intensi possono intaccare questa porzione di litorale; nel corso di una singola mareggiata si possono registrare perdite anche considerevoli dei sedimenti dalla backshore che però possono essere recuperati solo nel lungo termine (anni) ad opera essenzialmente dell’azione eolica.

⁶ In generale: nel periodo autunnale-invernale le mareggiate più intense portano alla formazione di una barra sommersa alimentata dall’erosione di parte della spiaggia emersa con l’effetto (benefico) di allontanare la zona

occasione di eventi meteomarini particolarmente intensi possono arrivare a coinvolgere anche l'apparato dunale. I sedimenti che compongono la fascia litoranea vengono movimentati, secondo le due componenti longitudinale e trasversale, lungo la falcata sabbiosa dalla continua azione dei frangenti (per la porzione di spiaggia sommersa) e del vento (per la porzione di spiaggia emersa) e subiscono, nel medio termine un naturale progressivo fenomeno di "gradazione" delle dimensioni (decescente secondo il verso di deflusso dei sedimenti); nel lungo termine si ha un'azione di "abrasione" con graduale riduzione delle dimensioni dei clasti. In mancanza di apporti terrigeni "nuovi" è evidente che in un litorale del tipo a pocket-beach è destinata a ridursi la frazione più grossolana dei sedimenti mentre la frazione più fina subisce la naturale via di migrazione all'esterno della fascia costiera (oltre la profondità di chiusura se catturata dalle correnti marine oppure oltre la fascia dunale se intercettata dalle correnti d'aria).

Come già sottolineato, la presenza di attività antropiche lungo la pocket-beach può esasperare questa naturale tendenza evolutiva. Se sull'apparato dunale e lungo la spiaggia emersa insistono strutture fisse (edifici, recinzioni, strade ecc.) queste introducono un'inevitabile elemento di disturbo limitando i volumi di sabbia disponibili per le naturali "divagazioni" stagionali della morfologia costiera. La ridotta alimentazione degli apparati di difesa naturale (barre sommerse) oppure la fagocitazione di interi tratti di litorale emerso (in particolare lo smantellamento dei cordoni dunali) introducono degli elementi di criticità che possono comportare il "collasso" del delicato bilancio litoraneo anche al manifestarsi di eventi meteomarini ordinari.

La "spiaggia aranci" è contraddistinta da una fascia sabbiosa modellata in forma di arco lungo circa 200 m (⁷) ed è confinata lato terra da un cordone dunale la cui copertura vegetale si presenta ammalorata in più zone con segni di erosione in parte imputabili ad effetti di antropizzazione (realizzazione di strutture al margine nord-ovest della spiaggia e intensa fruizione turistico-balneare). Nel tempo con il progressivo smantellamento dell'apparato dunale gli attuali contributi di sabbia ad esso imputabili tenderanno a ridursi e ciò comporterà una maggiore "aggressione" da parte degli eventi di moto ondoso più intensi con aumento delle correnti di ripa e rido delle formazioni rocciose che costituiscono elementi di fuga della matrice detritica all'esterno dell'unità fisiografica in esame.

dei frangenti; nel periodo primaverile-estivo l'azione di onde più lunghe e meno intense determina la migrazione della barra verso riva sino a ricostruire l'apparato di berma.

⁷ La conformazione ad arco della linea di riva per il tratto sabbioso della "spiaggia aranci" è sottesa da una corda di circa 165 m ed una freccia di circa 11 m orientata a grecale (25° nord)

3. Cartografia di riferimento

Per un corretto inquadramento morfologico del sito ed un'analisi oggettiva delle tendenze evolutive della spiaggia aranci nonché per l'applicazione del modello ad "una linea" è stata effettuata un'accurata indagine sulla cartografia riguardante l'area di studio nel tentativo di ricostruire storicamente l'andamento della linea di battigia nel corso degli anni. In particolare è stata reperita e fornita dai progettisti la cartografia relativa agli anni 1983 - 1995 - 2000 rappresentata nella fig.2.

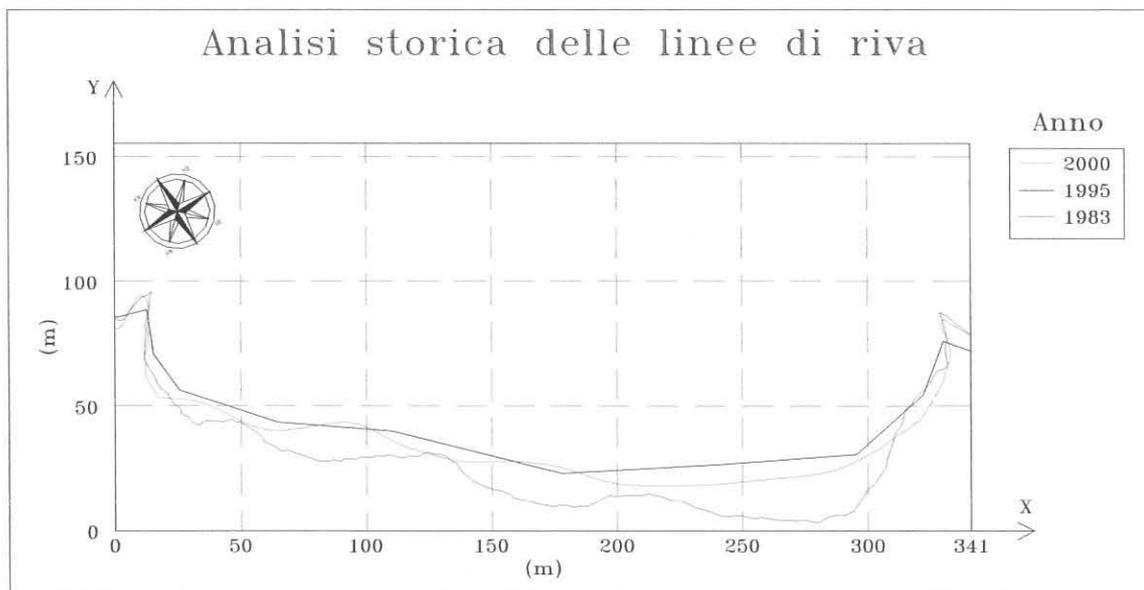


Fig. 3 – Analisi diacronica delle linee di riva relative alla spiaggia aranci

Le linee di riva sono state riportate su un comune supporto informatico per effettuare un confronto diretto delle variazioni diacroniche. Si è evidenziata la sostanziale incongruenza della linea di riva del 1983 la cui conformazione piuttosto frastagliata e la posizione arretrata rispetto alle altre linee di riva lascia supporre che, a meno di imprecisioni di restituzione cartografica, allora fosse stato rilevato il margine della base calcarenitica della costa; in particolare si individuano tre "prominenze" (alle progressive di 50, 130 e 210 m) della linea di riva che ricalcano la posizione della falesia calcarenitica tutt'oggi esistente. La linea di riva relativa al 1995 è rappresentata da una poligonale con pochi vertici (mediamente ad interasse di 50 m su un tratto complessivo di costa di 350 m). La linea di riva relativa al 2000 è contraddistinta da una poligonale la cui conformazione è simile a quella del 1983 ma le tre "prominenze" rocciose risultano traslate verso nord-ovest.

Pur con i margini di approssimazione legati alle diverse tecniche di rilievo e restituzione cartografica adottate per le tre differenti linee di riva, limitando l'analisi alla sola spiaggia aranci si osserva un arretramento della linea di riva dal 1995 al 2000 mediamente pari a 5 m con un arretramento massimo di 8 m.

4. Analisi dei sedimenti

L'analisi delle caratteristiche tessiturali dei sedimenti che costituiscono la spiaggia emersa e sommersa consente di evidenziare alcune peculiarità della dinamica litoranea. Infatti l'azione combinata delle correnti e delle onde nella zona dei frangenti ed in fasce adiacenti è l'agente dinamico più importante nella mobilizzazione ed il trasporto dei sedimenti che compongono gli strati superficiali della fascia emersa e sommersa di una spiaggia. Lungo gli assi di transito dei sedimenti la composizione granulometrica di questi varia in ragione della selezione, naturalmente associata al fenomeno del trasporto stesso, per cui ogni componente granulometrica tende a convergere verso il fondale in cui essa si trova in equilibrio sotto l'azione dell'onda di modellazione presente nel paraggio. In base ai risultati forniti dalle analisi granulometriche dei sedimenti opportunamente prelevati nella zona interessata dalle future opere portuali è quindi possibile formulare delle considerazioni circa la dinamica dei fenomeni evolutivi che interessano il tratto di litorale in oggetto.

In particolare i caratteri sedimentologici di un litorale desunti dalle analisi granulometriche dei sedimenti campionati lungo la fascia costiera, abbinati ai rilievi topografici e batimetrici, consentono un'inquadramento morfologico della fascia costiera necessario per i successivi studi di verifica dell'influenza esercitata dalle nuove opere portuali sulla dinamica litoranea. Le indicazioni sono state desunte da indagini di campo, effettuate nel settembre del 2000, relativamente al litorale della spiaggia "Aranci" posta sottoflutto al porto di S. Foca.

Il campionamento è stato eseguito effettuando dei prelievi superficiali sia sulla battigia che sul fondale (per ogni quota isobata sino alla profondità di -6,00 m), per complessivi 21 punti di prelievo, considerando 3 sezioni pressoché ortogonali alla costa.

Su tutti i campioni sono state eseguite analisi granulometriche previa essiccazione, adottando i setacci della serie ASTM. Successivamente i dati derivati dall'analisi di vagliatura sono stati elaborati opportunamente, tracciando su apposito modello in scala semilogaritmica, la curva granulometrica relativa (vedi tabelle e figure seguenti) e determinando i seguenti percentili di passante: P_{10} , P_{16} , P_{30} , P_{50} , P_{60} , P_{84} .

Inoltre per ciascun campione sono stati individuati anche in unità $\phi = -\log_2 d$:

- il coefficiente di uniformità $U = P_{60}/P_{10}$;
- il coefficiente di curvatura $C = P_{30}^2/P_{10}P_{60}$;

- la frazione media $M = (P_{16} + P_{50} + P_{84})/3$;

Campione 6a ; prof. - 6,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.08	0.04	0.04	99.96
0.840	1.53	0.76	0.80	99.20
0.420	15.23	7.59	8.39	91.61
0.177	91.23	45.44	53.83	46.17
0.074	91.70	45.68	99.51	0.49
residuo	0.99	0.49	100.00	0.00
Peso totale	200.76			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.095	3.39
P ₁₆	0.109	3.20
P ₃₀	0.141	2.83
P ₅₀	0.197	2.34
P ₆₀	0.251	1.99
P ₈₄	0.379	1.40
U	2.630	0.59
C	0.825	1.186
M	0.229	2.312

Campione 6b ; prof. - 6,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.23	0.11	0.11	99.89
0.840	2.65	1.32	1.43	98.57
0.420	17.71	8.82	10.25	89.75
0.177	95.09	47.34	57.59	42.41
0.074	84.39	42.01	99.60	0.40
residuo	0.80	0.40	100.00	0.00
Peso totale	200.87			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.098	3.36
P ₁₆	0.112	3.16
P ₃₀	0.147	2.77
P ₅₀	0.216	2.21
P ₆₀	0.267	1.90
P ₈₄	0.390	1.36
U	2.740	0.57
C	0.824	1.201
M	0.240	2.241

Campione 6c ; prof. - 6,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.12	0.06	0.06	99.94
0.840	3.21	1.56	1.62	98.38
0.420	47.00	22.88	24.51	75.49
0.177	114.13	55.57	80.08	19.92
0.074	40.68	19.81	99.88	0.12
residuo	0.24	0.12	100.00	0.00
Peso totale	205.38			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.125	3.00
P ₁₆	0.157	2.67
P ₃₀	0.221	2.18
P ₅₀	0.309	1.70
P ₆₀	0.352	1.51
P ₈₄	0.576	0.80
U	2.809	0.50
C	1.106	1.052
M	0.347	1.722

Campione 5a ; prof. - 5,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.04	0.02	0.02	99.98
0.840	2.12	1.06	1.08	98.92
0.420	15.36	7.67	8.75	91.25
0.177	82.64	41.28	50.03	49.97
0.074	98.94	49.42	99.45	0.55
residuo	1.1	0.55	100.00	0.00
Peso totale	200.2			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.094	3.42
P ₁₆	0.106	3.24
P ₃₀	0.135	2.88
P ₅₀	0.177	2.50
P ₆₀	0.236	2.08
P ₈₄	0.377	1.41
U	2.519	0.61
C	0.829	1.170
M	0.220	2.379

Campione 5b ; prof. - 5,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.09	0.04	0.04	99.96
0.840	0.59	0.28	0.32	99.68
0.420	13.91	6.64	6.96	93.04
0.177	105.52	50.34	57.30	42.70
0.074	87.96	41.96	99.27	0.73
residuo	1.54	0.73	100.00	0.00
Peso totale	209.61			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.097	3.37
P ₁₆	0.111	3.17
P ₃₀	0.146	2.78
P ₅₀	0.212	2.24
P ₆₀	0.261	1.94
P ₈₄	0.376	1.41
U	2.693	0.58
C	0.844	1.180
M	0.233	2.270

Campione 5c ; prof. - 5,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
0.840	2.26	1.11	1.11	98.89
0.420	14.07	6.90	8.01	91.99
0.177	86.74	42.56	50.58	49.42
0.074	99.68	48.91	99.49	0.51
residuo	1.04	0.51	100.00	0.00
Peso totale	203.79			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.094	3.41
P ₁₆	0.107	3.23
P ₃₀	0.136	2.88
P ₅₀	0.180	2.47
P ₆₀	0.237	2.07
P ₈₄	0.374	1.42
U	2.526	0.61
C	0.830	1.170
M	0.220	2.373

Campione 4a ; prof. - 4,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.08	0.04	0.04	99.96
0.840	0.76	0.38	0.42	99.58
0.420	8.67	4.33	4.75	95.25
0.177	99.73	49.83	54.58	45.42
0.074	90.35	45.14	99.72	0.28
residuo	0.56	0.28	100.00	0.00
Peso totale	200.15			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.096	3.38
P ₁₆	0.110	3.19
P ₃₀	0.142	2.82
P ₅₀	0.199	2.33
P ₆₀	0.248	2.01
P ₈₄	0.365	1.45
U	2.580	0.60
C	0.843	1.169
M	0.225	2.322

Campione 4b ; prof. - 4,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.38	0.18	0.18	99.82
2.000	0.92	0.44	0.62	99.38
0.840	1.64	0.79	1.41	98.59
0.420	8.27	3.97	5.39	94.61
0.177	103.05	49.51	54.90	45.10
0.074	93.20	44.78	99.68	0.32
residuo	0.67	0.32	100.00	0.00
Peso totale	208.13			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.096	3.38
P ₁₆	0.110	3.18
P ₃₀	0.142	2.81
P ₅₀	0.201	2.31
P ₆₀	0.250	2.00
P ₈₄	0.368	1.44
U	2.598	0.59
C	0.841	1.172
M	0.226	2.314

Campione 4c ; prof. - 4,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.06	0.03	0.03	99.97
0.840	0.83	0.41	0.44	99.56
0.420	7.53	3.76	4.20	95.80
0.177	88.31	44.08	48.28	51.72
0.074	93.12	46.48	94.76	5.24
residuo	10.49	5.24	100.00	0.00
Peso totale	200.34			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.085	3.56
P ₁₆	0.098	3.35
P ₃₀	0.129	2.96
P ₅₀	0.173	2.53
P ₆₀	0.223	2.17
P ₈₄	0.355	1.49
U	2.633	0.61
C	0.882	1.131
M	0.209	2.459

Campione 3a ; prof. - 3,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.10	0.05	0.05	99.95
0.840	2.24	1.12	1.17	98.83
0.420	23.21	11.57	12.74	87.26
0.177	119.73	59.71	72.45	27.55
0.074	54.79	27.32	99.78	0.22
residuo	0.45	0.22	100.00	0.00
Peso totale	200.52			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.111	3.17
P ₁₆	0.133	2.91
P ₃₀	0.186	2.42
P ₅₀	0.268	1.90
P ₆₀	0.309	1.69
P ₈₄	0.407	1.30
U	2.788	0.53
C	1.012	1.094
M	0.270	2.034

Campione 3b ; prof. - 3,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
0.840	2.48	1.24	1.24	98.76
0.420	138.00	68.79	70.03	29.97
0.177	36.80	18.34	88.37	11.63
0.074	23.03	11.48	99.86	0.14
residuo	0.29	0.14	100.00	0.00
Peso totale	200.6			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.162	2.62
P ₁₆	0.235	2.09
P ₃₀	0.420	1.25
P ₅₀	0.542	0.88
P ₆₀	0.603	0.73
P ₈₄	0.750	0.42
U	3.715	0.28
C	1.802	0.819
M	0.509	1.129

Campione 3c ; prof. - 3,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.07	0.04	0.04	99.97
0.840	1.18	0.59	0.63	99.38
0.420	11.06	5.53	6.16	93.85
0.177	119.72	59.86	66.02	33.99
0.074	67.08	33.54	99.56	0.44
residuo	0.89	0.44	100.00	0.00
Peso totale	200			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.103	3.27
P ₁₆	0.122	3.04
P ₃₀	0.161	2.64
P ₅₀	0.242	2.05
P ₆₀	0.283	1.82
P ₈₄	0.380	1.40
U	2.735	0.56
C	0.886	1.164
M	0.248	2.160

Campione 2a ; prof. - 2,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.19	0.09	0.09	99.91
0.840	3.11	1.55	1.64	98.36
0.420	29.54	14.69	16.33	83.67
0.177	142.48	70.83	87.16	12.84
0.074	25.58	12.72	99.88	0.12
residuo	0.25	0.12	100.00	0.00
Peso totale	201.15			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.154	2.70
P ₁₆	0.188	2.41
P ₃₀	0.236	2.08
P ₅₀	0.304	1.72
P ₆₀	0.339	1.56
P ₈₄	0.421	1.25
U	2.200	0.58
C	1.066	1.030
M	0.304	1.792

Campione 2b ; prof. - 2,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.38	0.19	0.19	99.81
0.840	3.35	1.66	1.85	98.15
0.420	53.15	26.33	28.18	71.82
0.177	125.88	62.37	90.55	9.45
0.074	18.87	9.35	99.90	0.10
residuo	0.21	0.10	100.00	0.00
Peso totale	201.84			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.179	2.48
P ₁₆	0.203	2.30
P ₃₀	0.257	1.96
P ₅₀	0.335	1.58
P ₆₀	0.374	1.42
P ₈₄	0.614	0.70
U	2.088	0.57
C	0.986	1.091
M	0.384	1.528

Campione 2c ; prof. - 2,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.15	0.07	0.07	99.93
0.840	2.21	1.10	1.18	98.82
0.420	29.72	14.84	16.02	83.98
0.177	136.71	68.28	84.31	15.69
0.074	31.00	15.48	99.79	0.21
residuo	0.42	0.21	100.00	0.00
Peso totale	200.21			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.139	2.85
P ₁₆	0.178	2.49
P ₃₀	0.228	2.13
P ₅₀	0.299	1.74
P ₆₀	0.335	1.58
P ₈₄	0.421	1.25
U	2.406	0.55
C	1.116	1.013
M	0.299	1.827

Campione 1a ; prof. - 1,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.11	0.05	0.05	99.95
0.840	2.21	1.06	1.11	98.89
0.420	10.68	5.12	6.23	93.77
0.177	135.54	64.94	71.17	28.83
0.074	59.40	28.46	99.64	0.36
residuo	0.76	0.36	100.00	0.00
Peso totale	208.7			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.109	3.20
P ₁₆	0.131	2.94
P ₃₀	0.181	2.46
P ₅₀	0.256	1.96
P ₆₀	0.294	1.77
P ₈₄	0.383	1.38
U	2.697	0.55
C	1.029	1.072
M	0.257	2.095

Campione 1b ; prof. - 1,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
0.840	1.38	0.69	0.69	99.31
0.420	8.00	4.00	4.69	95.31
0.177	125.67	62.77	67.45	32.55
0.074	64.94	32.44	99.89	0.11
residuo	0.22	0.11	100.00	0.00
Peso totale	200.21			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.105	3.25
P ₁₆	0.124	3.01
P ₃₀	0.169	2.57
P ₅₀	0.245	2.03
P ₆₀	0.283	1.82
P ₈₄	0.376	1.41
U	2.688	0.56
C	0.956	1.114
M	0.248	2.149

Campione 1c ; prof. - 1,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.02	0.01	0.01	99.99
0.840	1.08	0.54	0.55	99.45
0.420	5.73	2.85	3.40	96.60
0.177	121.20	60.36	63.76	36.24
0.074	72.74	36.22	99.98	0.02
residuo	0.04	0.02	100.00	0.00
Peso totale	200.81			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.102	3.29
P ₁₆	0.119	3.07
P ₃₀	0.159	2.65
P ₅₀	0.232	2.11
P ₆₀	0.273	1.87
P ₈₄	0.369	1.44
U	2.663	0.57
C	0.909	1.140
M	0.240	2.203

Campione 1 ; prof. 0,0 m

Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.04	0.02	0.02	99.98
0.840	0.16	0.08	0.10	99.90
0.420	34.13	17.01	17.11	82.89
0.177	159.87	79.70	96.81	3.19
0.074	6.10	3.04	99.85	0.15
residuo	0.3	0.15	100.00	0.00
Peso totale	200.6			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.198	2.34
P ₁₆	0.216	2.21
P ₃₀	0.259	1.95
P ₅₀	0.320	1.65
P ₆₀	0.350	1.51
P ₈₄	0.447	1.16
U	1.771	0.65
C	0.967	1.075
M	0.328	1.672

Campione 2 ; prof. 0,0 m

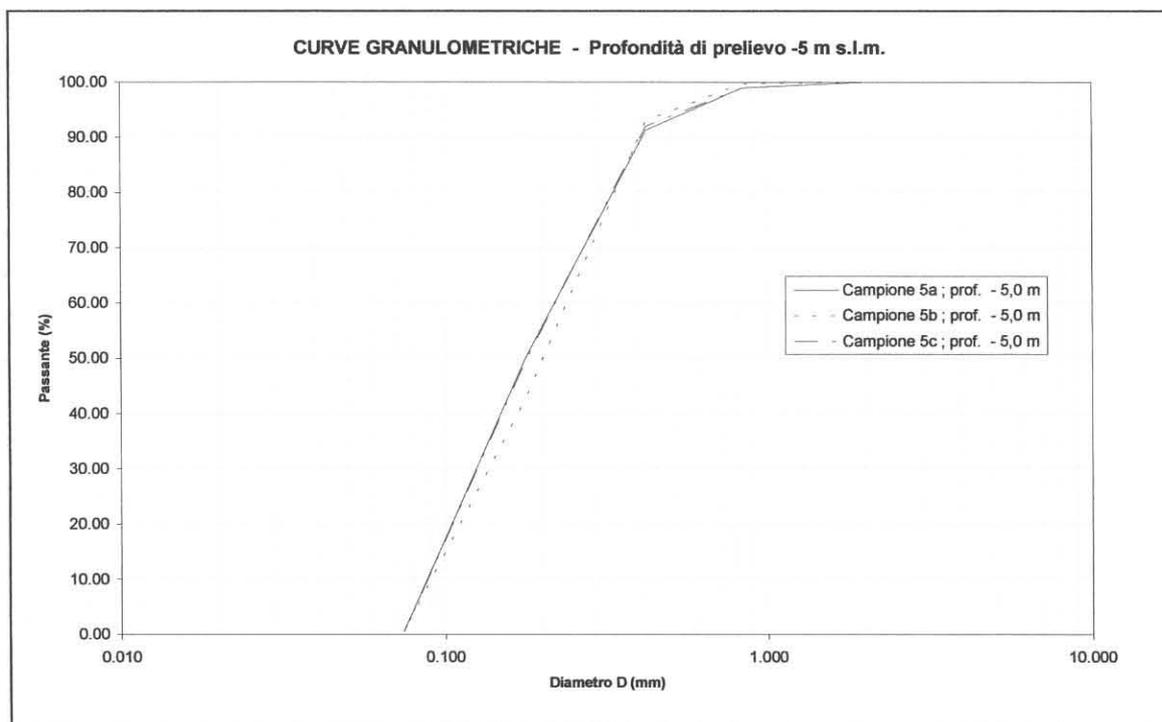
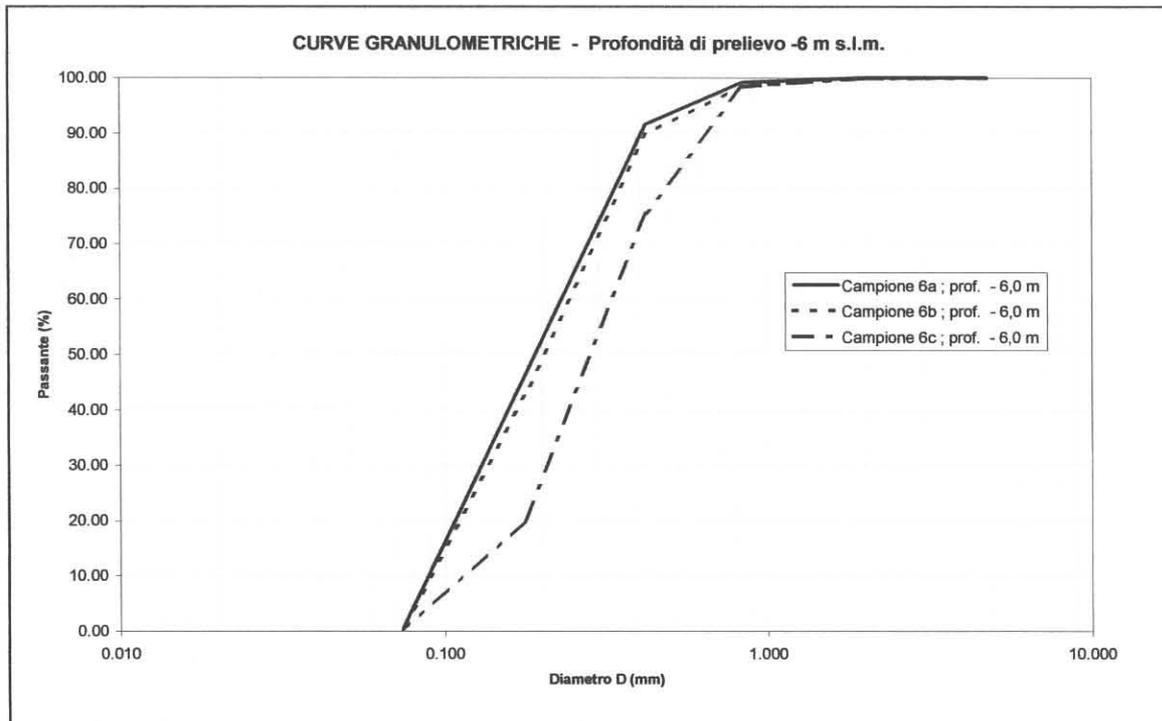
Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.48	0.24	0.24	99.76
0.840	7.39	3.67	3.91	96.09
0.420	178.27	88.51	92.41	7.59
0.177	13.40	6.65	99.07	0.93
0.074	1.68	0.83	99.90	0.10
residuo	0.20	0.10	100.00	0.00
Peso totale	201.42			

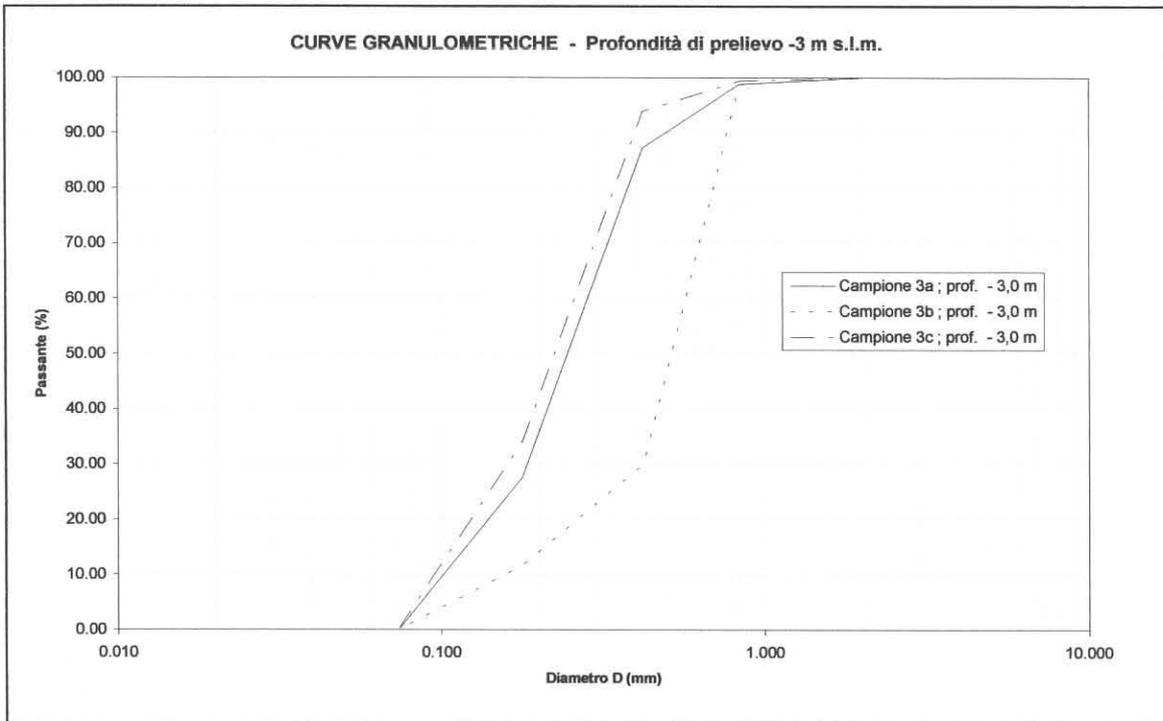
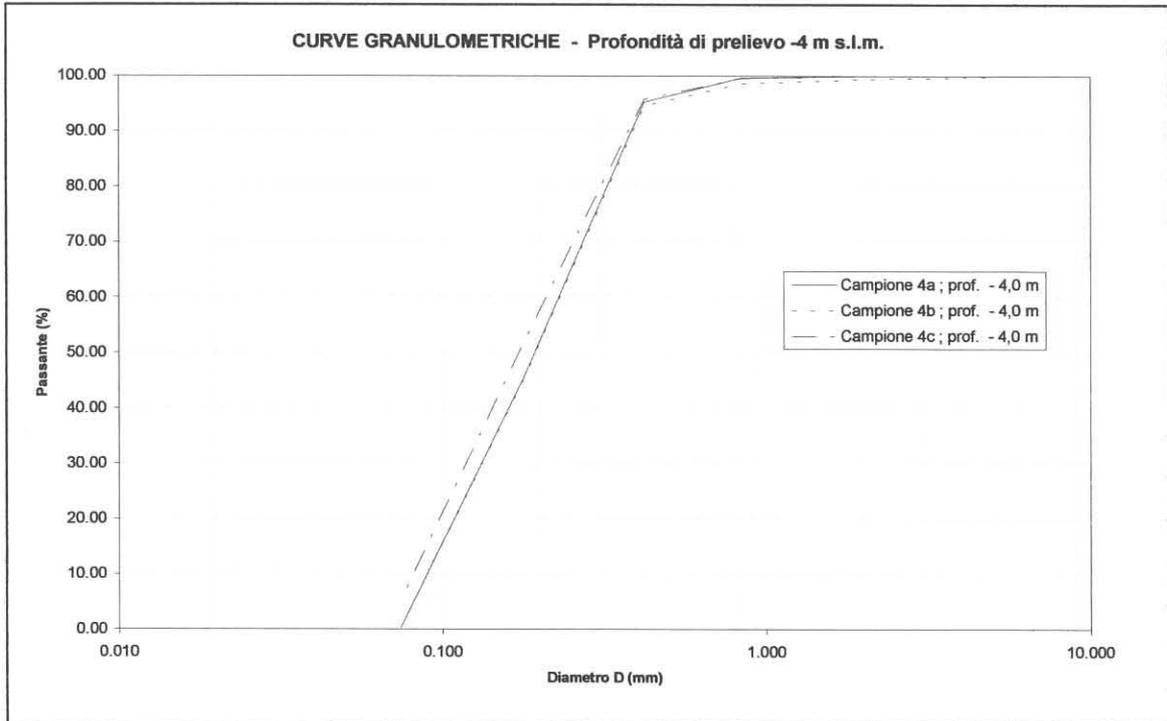
	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.431	1.21
P ₁₆	0.460	1.12
P ₃₀	0.526	0.93
P ₅₀	0.621	0.69
P ₆₀	0.669	0.58
P ₈₄	0.783	0.35
U	1.550	0.48
C	0.960	1.218
M	0.621	0.720

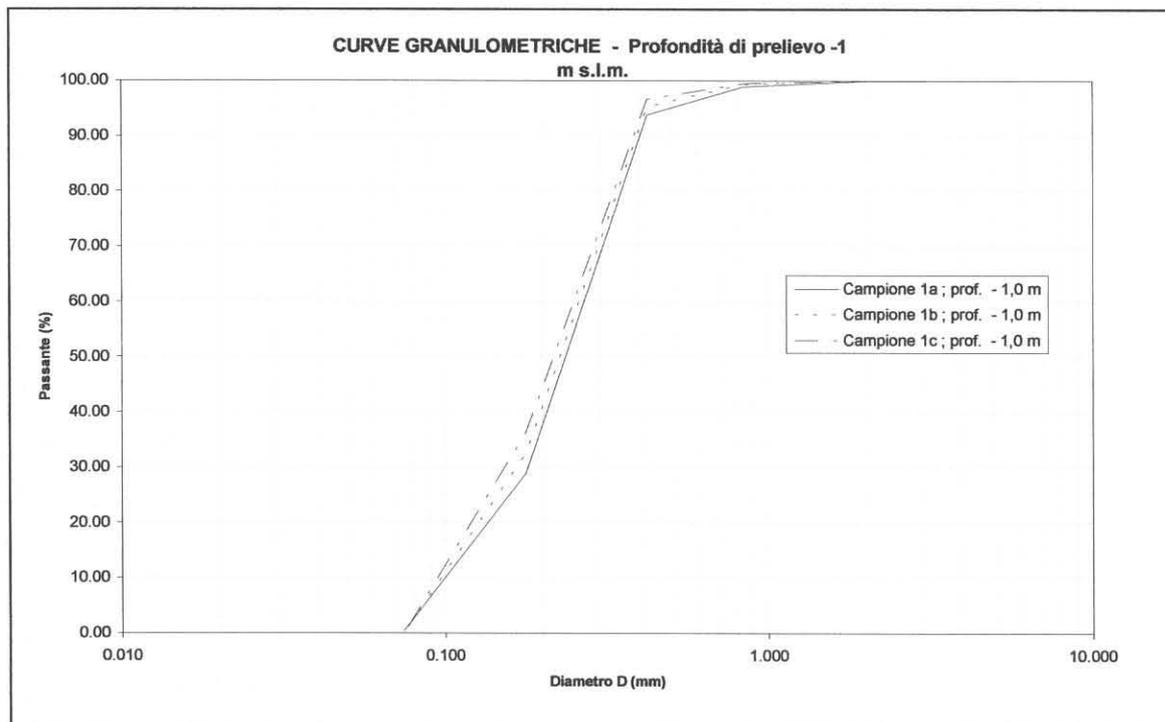
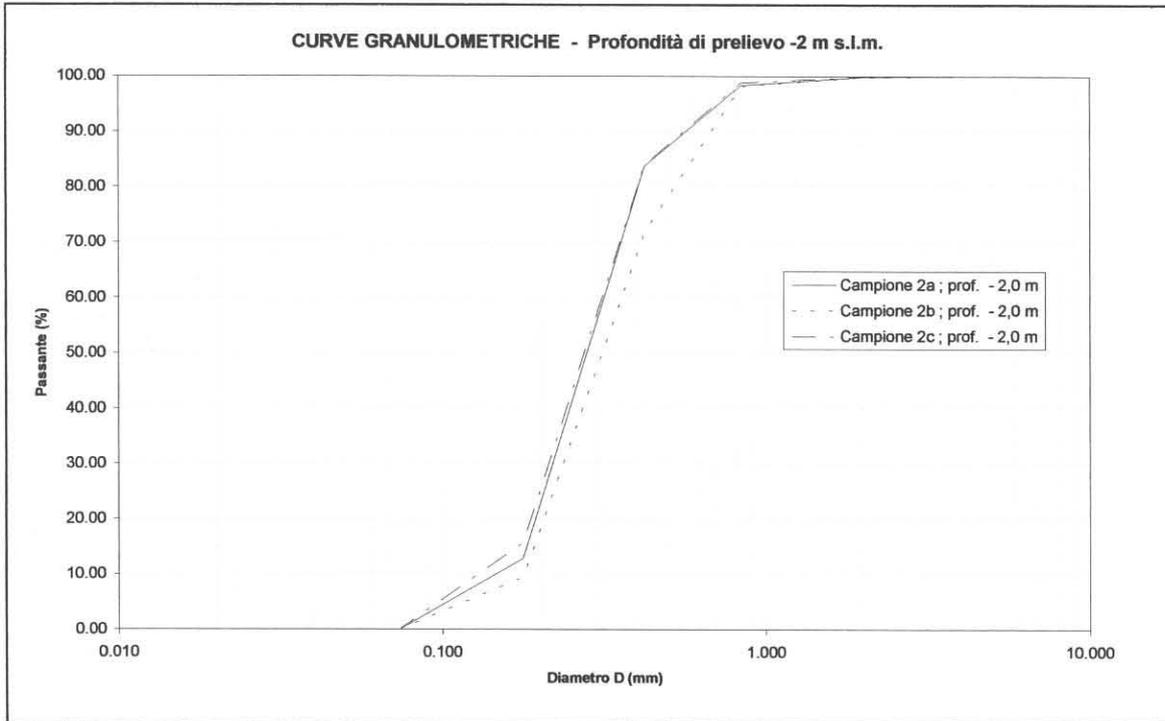
Campione 3 ; prof. 0,0 m

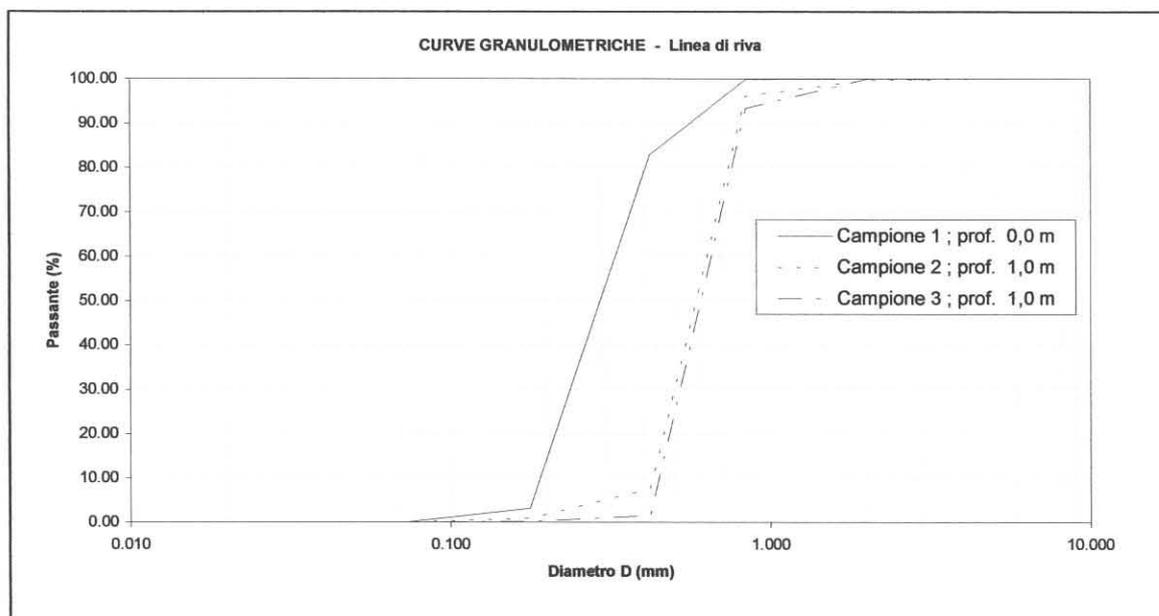
Diametro (mm)	Peso Netto trattenuto	% Parziale trattenuto	% Totale trattenuto	% Totale passante
4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
2.000	0.15	0.07	0.07	99.93
0.840	13.19	6.57	6.64	93.36
0.420	184.23	91.73	98.37	1.63
0.177	2.89	1.44	99.81	0.19
0.074	0.10	0.05	99.86	0.14
residuo	0.29	0.14	100.00	0.00
Peso totale	200.85			

	Diametri (mm)	Unità ϕ
P ₁₀	0.458	1.13
P ₁₆	0.486	1.04
P ₃₀	0.550	0.86
P ₅₀	0.641	0.64
P ₆₀	0.687	0.54
P ₈₄	0.797	0.33
U	1.500	0.48
C	0.960	1.222
M	0.641	0.670









Prendendo in considerazione le singole curve granulometriche si può notare come le dimensioni dei granuli siano generalmente abbastanza omogenee pertanto la matrice detritica che costituisce la spiaggia in esame rientra tra la sabbia media e le sabbie fini:

- i sedimenti più grossolani ($D_{50} = 600 \div 650 \mu\text{m}$) sono quelli prelevati lungo la spiaggia emersa;
- i più fini, con code di materiale più sottile ($D_{50} = 180 \div 230 \mu\text{m}$), si hanno per la maggiore profondità di prelievo dei campioni.

Per un'analisi più completa dei dati granulometrici si rimanda alla specifica relazione redatta dal laboratorio di analisi ed allegata alla presente relazione.

5. Analisi con metodo empirico dell'influenza delle nuove opere portuali sulla spiaggia limitrofa

L'analisi dettagliata delle registrazioni ondamiche ed il trasferimento di queste sottocosta al sito in esame (vd. studio meteomarinario), ha consentito di derivare utili indicazioni qualitative e quantitative sulle caratteristiche del clima di moto ondoso responsabile dei fenomeni evolutivi della "spiaggia aranci" posta sottoflutto al porto di S. Foca.

Sulla base dei risultati dello studio meteomarinario appare evidente che:

- i maggiori contributi energetici associati al moto ondoso si hanno nella stagione invernale ed autunnale con un picco delle direzioni risultanti analogo (circa 20 °N);
- i contributi della stagione estiva e primaverile (20 °N) sono di minore intensità;
- la direzione media della risultante energetica annuale è di circa 25°N nello stato attuale e di 29.4°N in quello di progetto.
- Nello stato di progetto vi è una generale attenuazione del flusso di energia sia in termini annuali che stagionali rispetto allo stato attuale; ne deriva una diminuzione sia dell'altezza d'onda morfologica sia della durata dello stato di mare con $H_s > 0.5$ m.

Il clima d'onda è caratterizzato cioè da stati di mare prevalenti da nord-nord-est che possono essere validamente rappresentati in funzione di un'unica onda di modellazione la cui direzione è pressochè ortogonale all'orientamento medio della linea di riva di "spiaggia aranci". La realizzazione del prolungamento della diga di nord-ovest del porto determinerà un'azione di "schermo" rispetto agli stati di mare provenienti da nord con una conseguente attenuazione della risultante del moto ondoso che modella il litorale associata ad una rotazione (al massimo 5°) in senso orario della direzione. Come conseguenza diretta la linea di riva tenderà a modellarsi sotto l'azione del moto ondoso ruotando in senso orario assumendo un orientamento pressochè ortogonale alla direttrice di 30° N. Considerato lo sviluppo longitudinale di circa 200 m della spiaggia in esame a lungo termine la rotazione della linea di riva, nell'ipotesi che si mantenga inalterato il bilancio solido litoraneo, comporterà un'avanzamento massimo di 8 m all'estremità nord-ovest della spiaggia e per contro si registrerà un arretramento massimo di 8 m in corrispondenza dell'altro estremo.

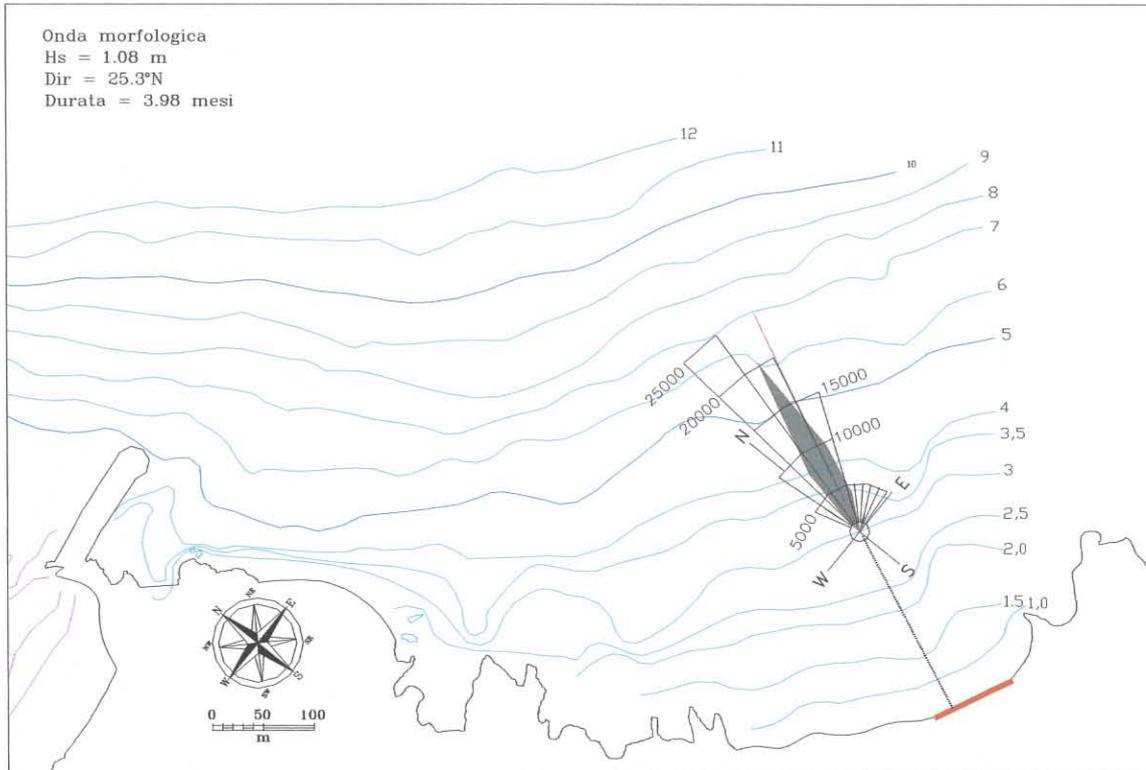


Fig. 4 – Onda morfologica risultante per la “spiaggia arancia” con l’attuale configurazione portuale

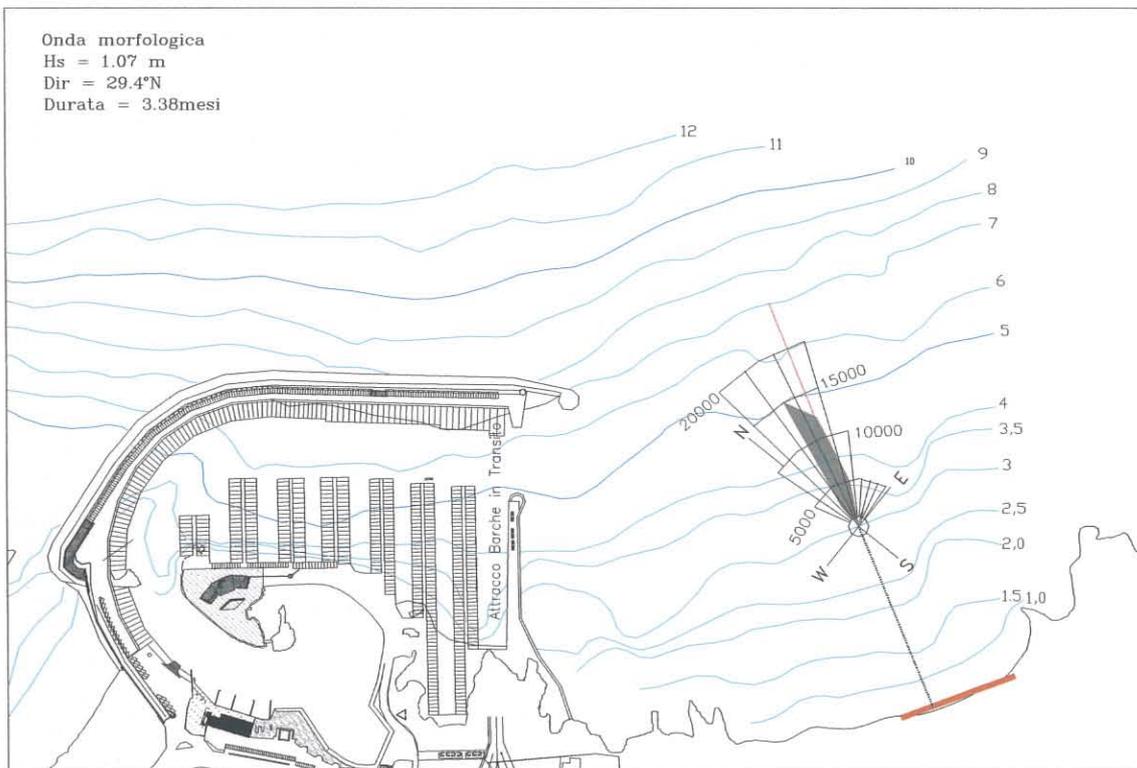


Fig. 5 – Onda morfologica risultante per la “spiaggia arancia” con la nuova configurazione portuale

6. Analisi dell'influenza delle nuove opere portuali sulla spiaggia limitrofa con modello numerico ad una linea

A conclusione del presente studio è stato utilizzato un sofisticato modello numerico per la simulazione dell'evoluzione della linea di riva al fine di verificare e quantificare le ripercussioni eventualmente esercitate dalle nuove opere portuali sulla limitrofa "spiaggia aranci". A garanzia di una rispondenza delle simulazioni numeriche alla realtà evolutiva del sito in esame, è stata posta particolare attenzione alle fasi di modellazione condotte per la validazione e taratura del modello.

E' stato impiegato il modello numerico di spiaggia del tipo ONE-LINE («ad una linea») denominato ARIES (sviluppato dalla MODIMAR in collaborazione con i laboratori dell'ENEL-HYDRO); consente di simulare le variazioni della fascia costiera indotte dall'azione del moto ondoso, tramite la modellazione delle modifiche planimetriche, nel tempo, della sola linea di riva.

Il modello trae la sua origine dai principi teorici degli studi di dinamica costiera condotti da Pelnard-Considére ⁽⁸⁾ e può essere applicato ad aree costiere, come quella in esame, ove le fenomenologie di morfodinamica rispecchiano le seguenti ipotesi:

- il litorale presenta un profilo di equilibrio, rispetto al piano trasversale alla linea di riva, che mantiene la sua forma muovendosi parallelamente a se stesso, al manifestarsi sia di fenomeni di erosione sia di accrescimento della fascia costiera;
- il trasporto solido litoraneo è indotto essenzialmente dall'azione delle correnti connesse alle onde di superficie, mentre può ritenersi trascurabile l'effetto delle correnti di marea o di correnti collegate all'azione diretta del vento;
- la componente longitudinale del trasporto solido litoraneo rimane confinata entro una fascia costiera («fascia attiva») ed è predominante a lungo termine rispetto alla componente trasversale;
- la portata Q_L del flusso solido longitudinale è funzione dell'angolo di incidenza delle onde frangenti lungo il litorale e del contenuto energetico ad esse associato (essenzialmente funzione dell'altezza d'onda al frangimento).

6.1. Definizione delle condizioni al contorno

Nelle precedenti fasi dello studio, propedeutiche all'applicazione del modello numerico di spiaggia, l'analisi dell'evoluzione della linea di battigia in tempi storici ha mostrato che

⁸ «Essai de theorie de l'evolution des formes de rivages en plages de sable et de galets» 4th Journées de l'Hydraulique, Les Energies de la Mer, Question III, Rapport No.1, 1956.

l'evoluzione di tutta la falcata in esame è strettamente connessa al morfotipo cosiddetto a pocket beach con una stretta fascia di spiaggia più direttamente sottoposta all'azione del moto ondoso confinata a tergo da un cordone dunale costantemente alimentato e modellato dall'azione eolica.

Nella discretizzazione del tratto di costa in esame, si è fatto riferimento al materiale cartografico fornito dai progettisti considerando una porzione di litorale, lunga circa 350 m, che comprende oltre alla spiaggia aranci anche le formazioni rocciose laterali. Il sistema di riferimento ha origine in corrispondenza della falesia posta a sud-est del porto di s.Foca ed asse delle ascisse orientato secondo la direttrice 301° - 121° N.

Si è assunta quale linea di riva iniziale quella del 1995; questa è stata discretizzata con sezioni ad interasse costante di 5 m per un totale di 70 sezioni. Sulla base delle informazioni derivate dalle caratteristiche morfologiche del sito sono state imposte le condizioni di estremi fissi, abbinata alla conformazione di linea di riva inerodibile, per simulare le caratteristiche delle falesie e verificando al termine delle prime elaborazioni di taratura i valori della portata solida che effettivamente possono oltrepassare il promontorio roccioso.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei sedimenti che costituiscono la fascia costiera, in prima approssimazione, con riferimento alle numerose analisi sedimentologiche condotte lungo la fascia costiera nell'ambito del presente studio, per la densità del materiale sommerso si è considerato un valore di 1.15 g/cm^3 mentre per il diametro medio D_{50} si è assunto un valore di 0.25 mm rappresentativo della fascia attiva.

L'ulteriore parametro richiesto per la schematizzazione della fascia costiera nel modello numerico è la larghezza della fascia costiera (emersa e sommersa rispetto al l.m.m.) che risulta coinvolta dal flusso solido litoraneo. I limiti di questa sono definiti in funzione della cosiddetta «profondità di chiusura» D_c al largo (oltre la quale sono trascurabili le modifiche del profilo trasversale imputabili all'azione del moto ondoso ed ai fenomeni di trasporto solido a lungo termine). A tal scopo si è fatto riferimento allo studio meteomarinico assumendo $D_c=7.0$ m. A questa grandezza deve essere aggiunta la cosiddetta altezza di «swash» ovvero di risalita «attiva» dell'onda assunta variabile tra +0.8 e +1.5 m s.l.m.m. sulla scorta di immagini fotografiche della spiaggia e dei calcoli relativi alla variazione del livello marino.

Un altro fattore di importanza fondamentale per un'attendibile applicazione del modello matematico di spiaggia è legato alla determinazione accurata del regime di moto ondoso, cioè della distribuzione media annuale delle caratteristiche del moto ondoso che interessano il litorale in esame. Come già evidenziato nello studio meteomarinico, la disponibilità di dati affidabili (misure ondometriche

direzionali) ha suggerito la schematizzazione degli stati di mare che «modellano» il litorale in eventi «equivalenti», in termini di contenuto energetico, assumendo una risultante media annuale del flusso energetico. Sempre nell'ambito dello studio meteomarinario si è verificato che l'onda di modellazione che contraddistingue la "spiaggia aranci" subirà una variazione a seguito del prolungamento della diga di sopraflutto del porto pertanto le caratteristiche delle onde equivalenti utilizzate quali «forzanti» dal modello ARIES sono riassunte nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE DELLE ONDE EQUIVALENTI				
Scenario di riferimento	Direzione (°N)	Altezza (m)	Periodo (s)	Durata (mesi)
Attuale configurazione portuale	25°	1.08	5.60	3.98
Nuova configurazione portuale	29.4°	1.07	5.50	3.38

Il regime del moto ondoso così schematizzato è stato considerato rappresentativo delle condizioni alla profondità di -3 m s.l.m.; il modello ARIES consente di simulare il fenomeno di propagazione del moto ondoso da questa profondità di riferimento «al largo» sino ad individuare le condizioni di frangimento lungo la fascia costiera tenendo conto sia dei fenomeni di rifrazione e shoaling che della diffrazione esercitata da eventuali opere foranee.

6.2. Risultati della fase di taratura e validazione del modello

L'insieme delle informazioni raccolte ha portato alla definizione del primo file di input ove sono stati riportati solo i dati relativi alla conformazione della linea di riva riferita al 1995.

Un primo ciclo di simulazioni è stato condotto per validare l'uso del modello al sito verificando la congruenza delle condizioni al contorno definite preliminarmente quali: il regime del moto ondoso sotto costa; la distribuzione litoranea dei sedimenti; l'estensione della fascia litoranea attiva rispetto ai fenomeni di trasporto solido. Le simulazioni sono state condotte nell'ipotesi cautelativa di apporti solidi nulli.

Dopo ripetuti «test» effettuati al fine di ricercare i valori più idonei di alcuni parametri di taratura (sostanzialmente i coefficienti K_1 e K_2 presenti nella formula per il calcolo del trasporto solido associato al moto ondoso frangente) si è riscontrato che comunque la linea di riva simulata al termine del ciclo (1995-2000) tendeva a disporsi in una posizione più avanzata rispetto a quella rilevata nel 2000. Questi primi risultati delle simulazioni associati alle considerazioni di carattere

morfologico desunte nelle precedenti fasi dello studio hanno suggerito la necessità di dover considerare anche un fattore trasversale di “fuga” dei sedimenti dalla pocket beach simulata (legato alla presenza non solo di correnti di “rip” ma ad altri fattori quali la deflazione eolica e la dispersione indotta dal marcato uso antropico della spiaggia. E’ stata condotta quindi una seconda serie di simulazioni tarando la componente trasversale di perdita dei sedimenti pari ad un quantitativo di $1000 \text{ m}^3/\text{anno}$ piuttosto elevato se rapportato alle limitate dimensioni della spiaggia in esame. Al termine di questa seconda serie di simulazioni i risultati ottenuti sono stati ritenuti pienamente paragonabili con l’evoluzione della linea di riva registrata negli ultimi anni. In questa serie di simulazioni si è verificata anche l’assenza di eventuali problemi di instabilità numerica. Le linee di riva simulate (fig. 6) relative al periodo 1995-2000 sono state confrontate con quelle derivate dalla cartografia reperita nelle precedenti fasi di studio.

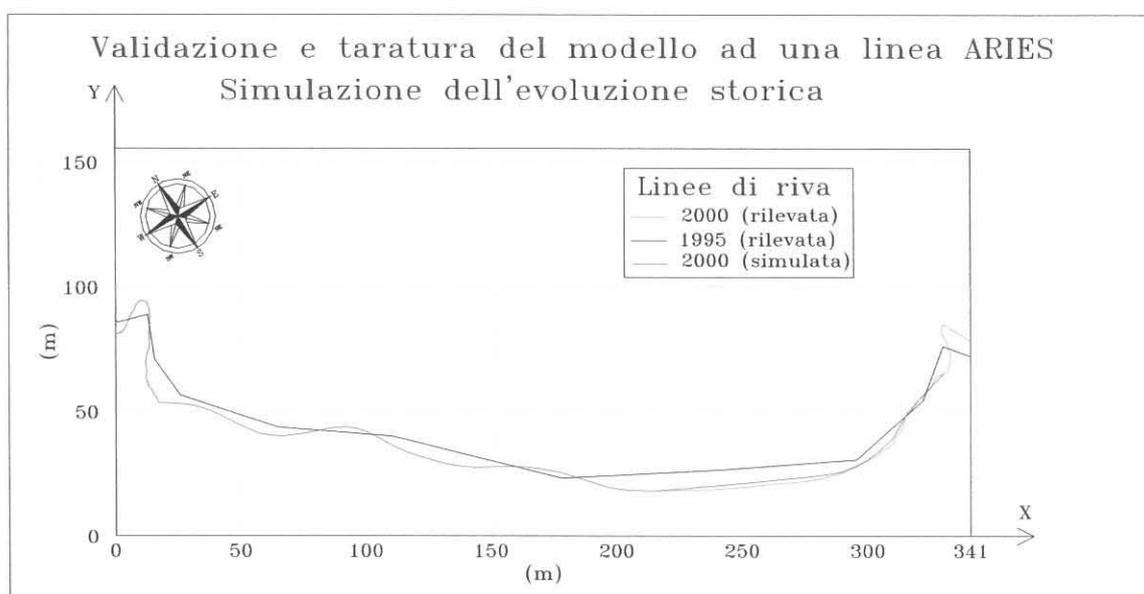


Fig. 6 – Validazione e taratura del modello sulla base dell’evoluzione storica della linea di riva

I risultati ottenuti hanno confermato la piena affidabilità del modello per il sito in esame: mediamente le variazioni tra la linea di riva reale (rilevata nel settembre del 2000) e la corrispondente linea di riva simulata sono pari a -0.05 m con uno scarto quadratico di circa 0.10 m e differenze massime, dell’ordine di 0.15 m . Si sottolinea che l’evoluzione così investigata è relativa a condizioni medie annuali del moto ondoso incidente il sito in esame; ovviamente, uno scostamento in alcune stagioni degli eventi reali da quello medio cui fa riferimento il modello (soprattutto in termini di direzione) potrebbe condizionare il trend evolutivo. Nel caso in esame, l’ottimo livello di riscontro tra la linea di riva simulata, riferendosi ad un clima medio di moto

ondoso, e quella reale del passato consente di poter ipotizzare una discreta stabilità del clima meteomarinario anche nel corso degli anni futuri.

Ricostruita in maniera soddisfacente l'evoluzione della linea di riva relativa al decennio scorso, si è passati alla successiva fase di simulazione investigando l'evoluzione che si potrebbe verificare nel prossimo decennio in presenza delle nuove opere portuali.

6.3. Previsione dell'evoluzione litoranea futura in presenza delle nuove opere portuali

Individuato il trend evolutivo attuale mediante la precedente fase di calibrazione, il modello di spiaggia è stato utilizzato simulando l'evoluzione futura della linea di riva per valutare l'influenza delle nuove opere portuali nei prossimi 10 anni.

E' stata condotta una prima simulazione, relativa all'intervallo 2000-2010, al fine di valutare l'attuale trend evolutivo e nello stesso tempo riprodurre uno scenario futuro di confronto per le successive elaborazioni. In questo caso si osserva (fig. 7) una generale tendenza all'arretramento con valori massimi anche dell'ordine dei 10÷12 m localizzati sull'asse mediano della falcata sabbiosa.

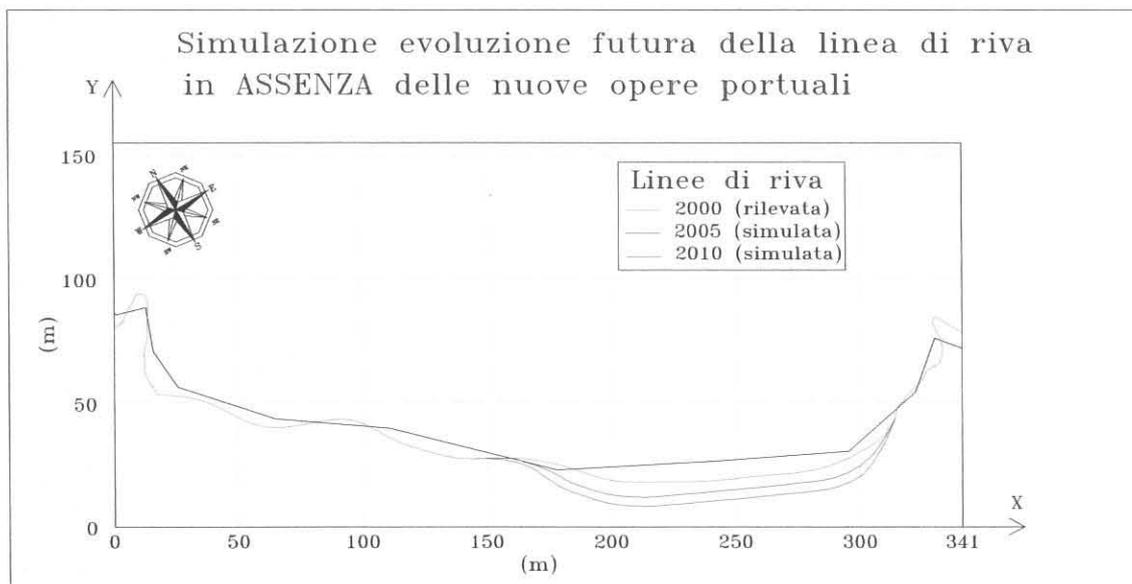


Fig. 7 – Simulazione dell'evoluzione futura in assenza delle nuove opere portuali

È ovvio che tale scenario di regressione della linea di riva deve considerarsi comunque virtuale perché considerata già l'attuale ridotta ampiezza della spiaggia, ulteriori erosioni interesserebbero l'apparato dunale introducendo un fattore di incertezza nella previsione decennale per la cui analisi

esaustiva andrebbero condotte nei prossimi anni campagne di monitoraggio al fine di poter tarare correttamente con il modello ARIES anche questi fenomeni.

L'ultima simulazione è stata condotta considerando che la presenza delle nuove opere portuali determinerà una variazione della risultante del moto ondoso incidente la "spiaggia aranci". I risultati (fig. 8) evidenziano che in presenza delle opere portuali permane la generale tendenza all'arretramento della linea di riva ma la differente inclinazione ed intensità della risultate energetica associata al moto ondoso comportano regressioni massime della linea di riva inferiori a quelle riscontrabili mantenendo inalterato l'attuale stato di fatto.

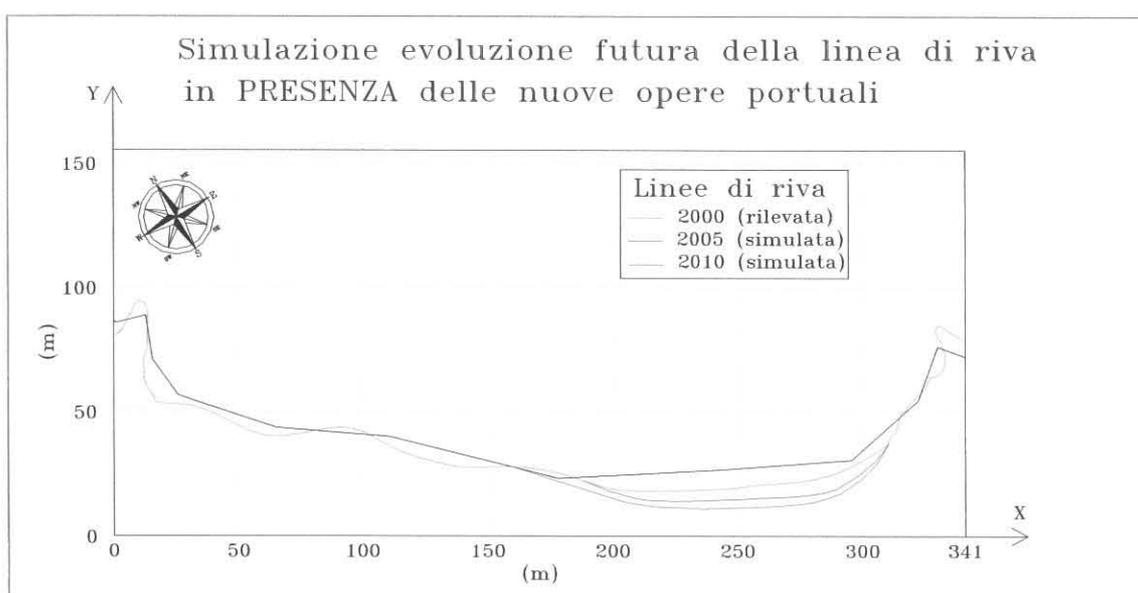


Fig. 8 – Simulazione dell'evoluzione futura in presenza delle nuove opere portuali

Oltre a riscontrare valori di regressione relativa della linea di riva al massimo pari a 8 m si osserva che la variazione della direzione risultante del moto ondoso comporterebbe una conseguente rotazione della linea di riva a beneficio del tratto di spiaggia posto a nord-ovest ove sono presenti strutture fisse che nello scenario simulato in precedenza verrebbero sicuramente coinvolte dai fenomeni di erosione del litorale.

7. Conclusioni

Il presente studio di dinamica costiera è stato finalizzato alla verifica delle eventuali ripercussioni sulle spiagge limitrofe al porto di S. Foca a seguito dell'attuazione della nuova conformazione portuale che prevede il prolungamento della diga di nord-ovest. A tal riguardo sono stati condotti una serie di studi di settore al fine di individuare i tratti di litorale sabbioso che effettivamente possono "risentire" dell'esecuzione delle nuove opere portuali. L'insieme degli studi conoscitivi corredati di indagini e rilievi condotti in sito hanno confermato che per le caratteristiche d'insieme del litorale ove si inserisce il porto in esame l'influenza di questo è limitata alla sola pocket beach detta "spiaggia aranci" posta qualche centinaio di metri a sud-est del porto. Per poter valutare in modo oggettivo l'effettiva influenza delle nuove opere portuali sull'attuale dinamica evolutiva di questa spiaggia (contraddistinta dal progressivo arretramento della linea di riva e smantellamento dell'apparato dunale retrostante) oltre ad applicare un metodo empirico basato sulla caratterizzazione della differente esposizione al moto ondoso della spiaggia in presenza delle nuove opere portuali è stato applicato il modello numerico di spiaggia ARIES. La spiaggia in esame attualmente è interessata da fenomeni di erosione che, seppure lenti, tendono a minacciarne nel prossimo decennio la sua stabilità. Le prime simulazioni condotte al fine di tarare e validare il modello al sito in esame hanno confermato che l'attuale tendenza evolutiva è contraddistinta da una progressiva "depauperazione" della matrice sabbiosa imputabile anche al marcato uso turistico-balneare cui è destinata "spiaggia aranci". La simulazione dell'evoluzione futura in assenza di qualsiasi nuova opera portuale a mostrato che nei prossimi dieci anni si potranno registrare erosioni dell'ordine di 10 m che porterebbero anche allo smantellamento dell'apparato dunale. Le simulazioni condotte evidenziano che la realizzazione delle nuove opere portuali determineranno sostanzialmente un diverso orientamento della linea di riva esercitando anche un certo ridosso nei confronti delle mareggiate più intense provenienti da maestrale e grecale che attualmente contribuiscono alla progressiva erosione della spiaggia.