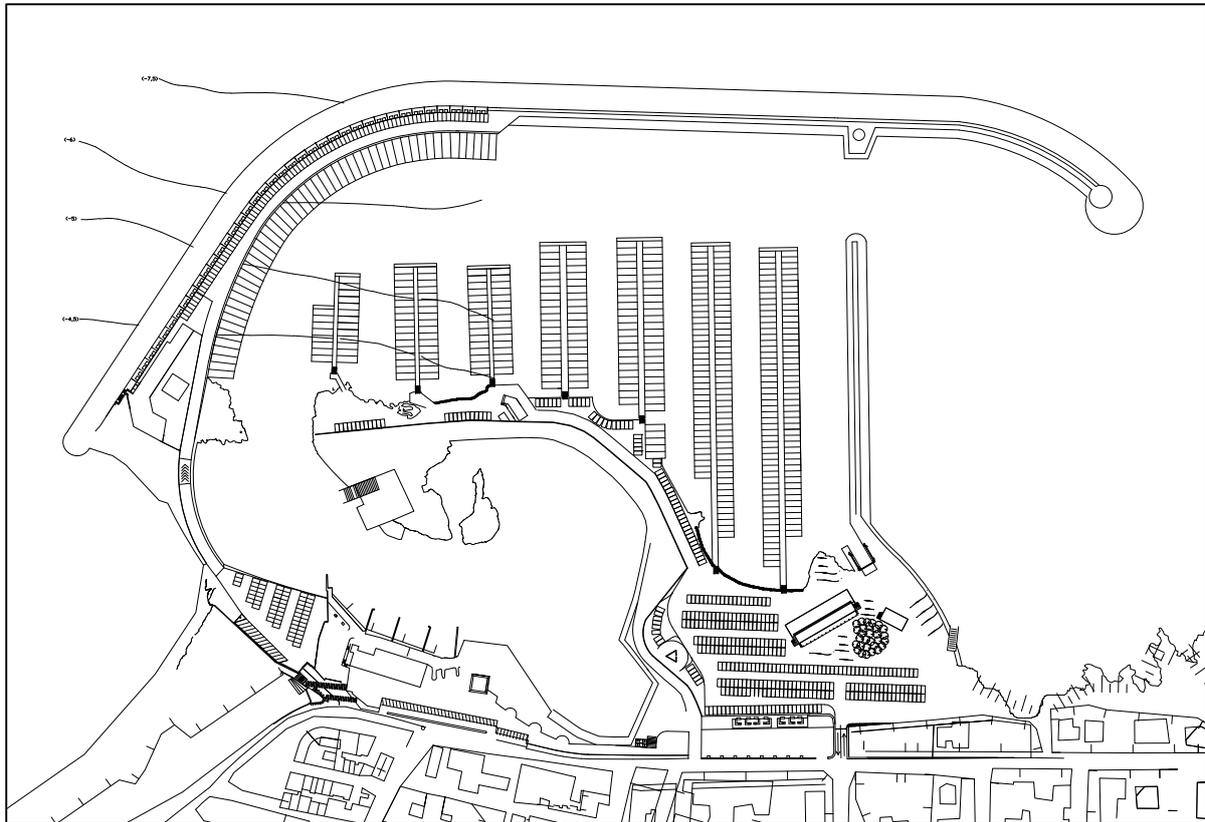


REGIONE PUGLIA

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



RELAZIONE INSABBIAMENTO REV OTT

PROGETTISTI

Ing. Antonio Candido

Ing. Donato Candido

Ing. Luigi Del Grosso

Ing. Franco Gallo



SETTEMBRE 2018

INT.TAV. 21

Rev.

PREMESSA

In assenza di un modello matematico per la verifica dei possibili fenomeni di insabbiamento nella struttura portuale di progetto, si è fatto riferimento agli studi ed elaborazioni già disponibili, per effettuare una ragionevole ed attendibile valutazione delle possibilità di ingresso di trasporti solidi in detta struttura.

A tale scopo si è tenuto conto dell'influenza dei seguenti fattori:

- le correnti marine;
- i caratteri morfologici costieri;
- il moto ondoso e la sua incidenza sull'agitazione interna del bacino portuale di progetto;
- le ripercussioni sulle spiagge limitrofe.

Si è altresì fatto riferimento al Piano Regionale delle Coste, ed alle valutazioni nello stesso contenute.

LE CORRENTI

L'Adriatico è un bacino a caratteristiche continentali nettamente marcate per cui si verificano ampie escursioni annuali nei valori termici interni.

Sulla base delle peculiarità batimetriche, idrologiche e climatiche, l'Adriatico viene suddiviso in tre zone: Adriatico settentrionale, Adriatico centrale e Adriatico meridionale. La parte settentrionale ha fondali poco profondi e condizioni climatiche che esasperano il carattere di continentalità del bacino: in inverno il vento dominante è quello freddo di nord-est; l'estate è segnata invece da un regime secco sub-tropicale. Le sue acque sono inoltre largamente influenzate, specie in estate, dagli apporti fluviali i quali conferiscono, in questo periodo, i minimi di salinità.



Suddivisione dell'Adriatico sulla base di peculiarità batimetriche, idrologiche e climatiche

L'Adriatico centrale ha profondità maggiori, intorno ai 200 mt; il limite di Pelagosa che lo separa dalla parte meridionale del bacino è importante perché regione di transito per le masse d'acqua provenienti da nord e da sud, un po' come il Canale d'Otranto.

L'Adriatico meridionale presenta le maggiori profondità (sino a 1.200 mt) e comunica con il Mediterraneo orientale attraverso il Canale d'Otranto.

Nella distribuzione verticale delle caratteristiche di temperatura, salinità e sistema di circolazione, nell'Adriatico vengono distinti tre strati:

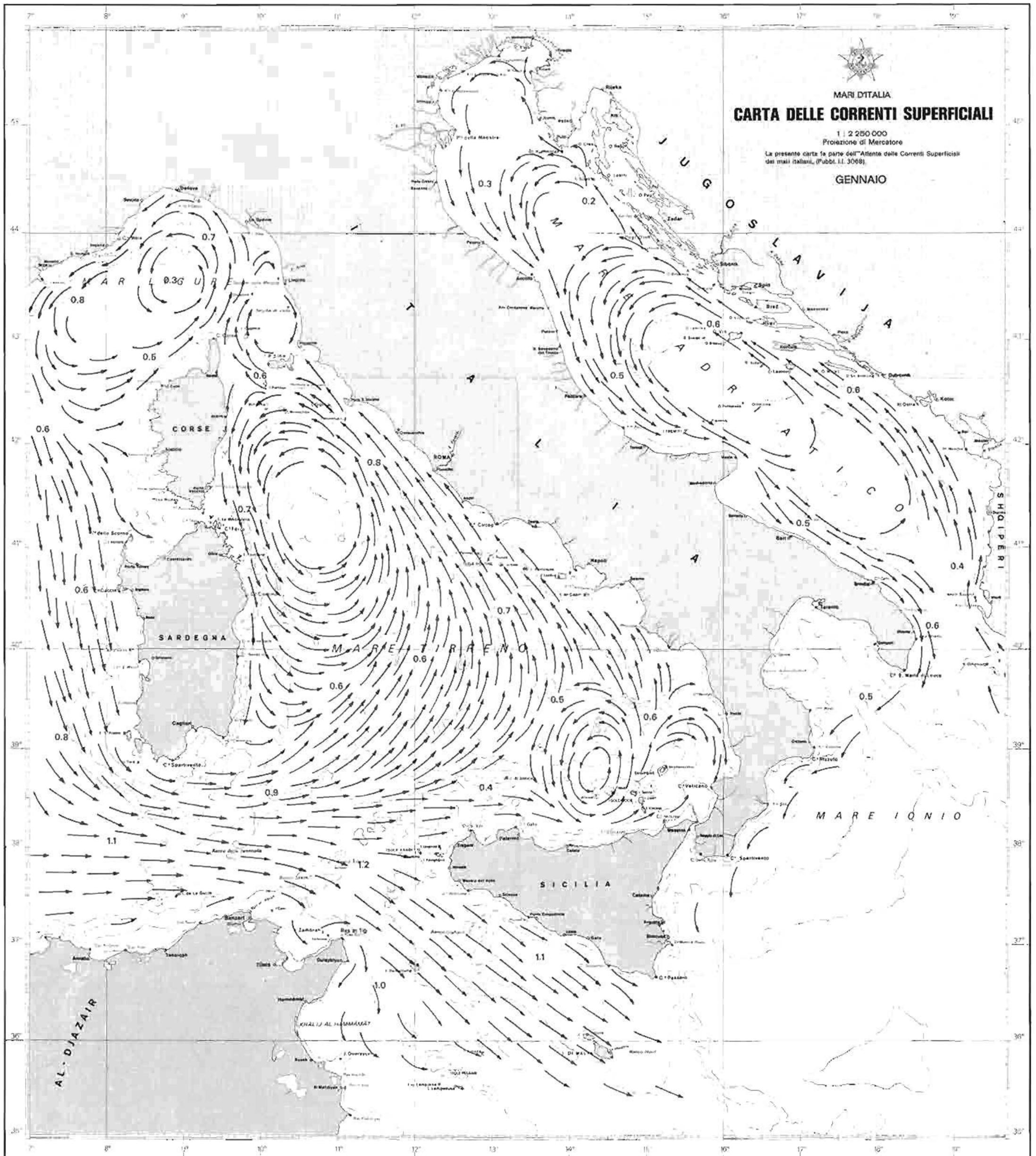
- a) Strato superficiale: spesso circa 40 mt, è caratterizzato da ampie oscillazioni dei valori di temperatura e salinità. Queste variazioni si manifestano in modo differenziato movimentando masse d'acqua in migrazione per densità differenti, e condizionano anche gli scambi con le acque del Mediterraneo orientale per cui in inverno domina la corrente entrante nell'Adriatico mentre in estate domina quella uscente;
- b) Strato intermedio: spessore dai 40 ai 150 mt nell'Adriatico centrale e fino ai 400 ÷ 500 mt in quello meridionale. L'influenza mediterranea molto diffusa fa sì che questo strato presenti la massima salinità. Lo strato intermedio presenta la sua massima estensione in estate, mentre si identifica con quello superficiale in inverno;
- c) Strato profondo. Si forma (ma non ogni anno) in inverno nell'Adriatico settentrionale e, fluendo verso sud, si mescola in corrispondenza del Canale d'Otranto.

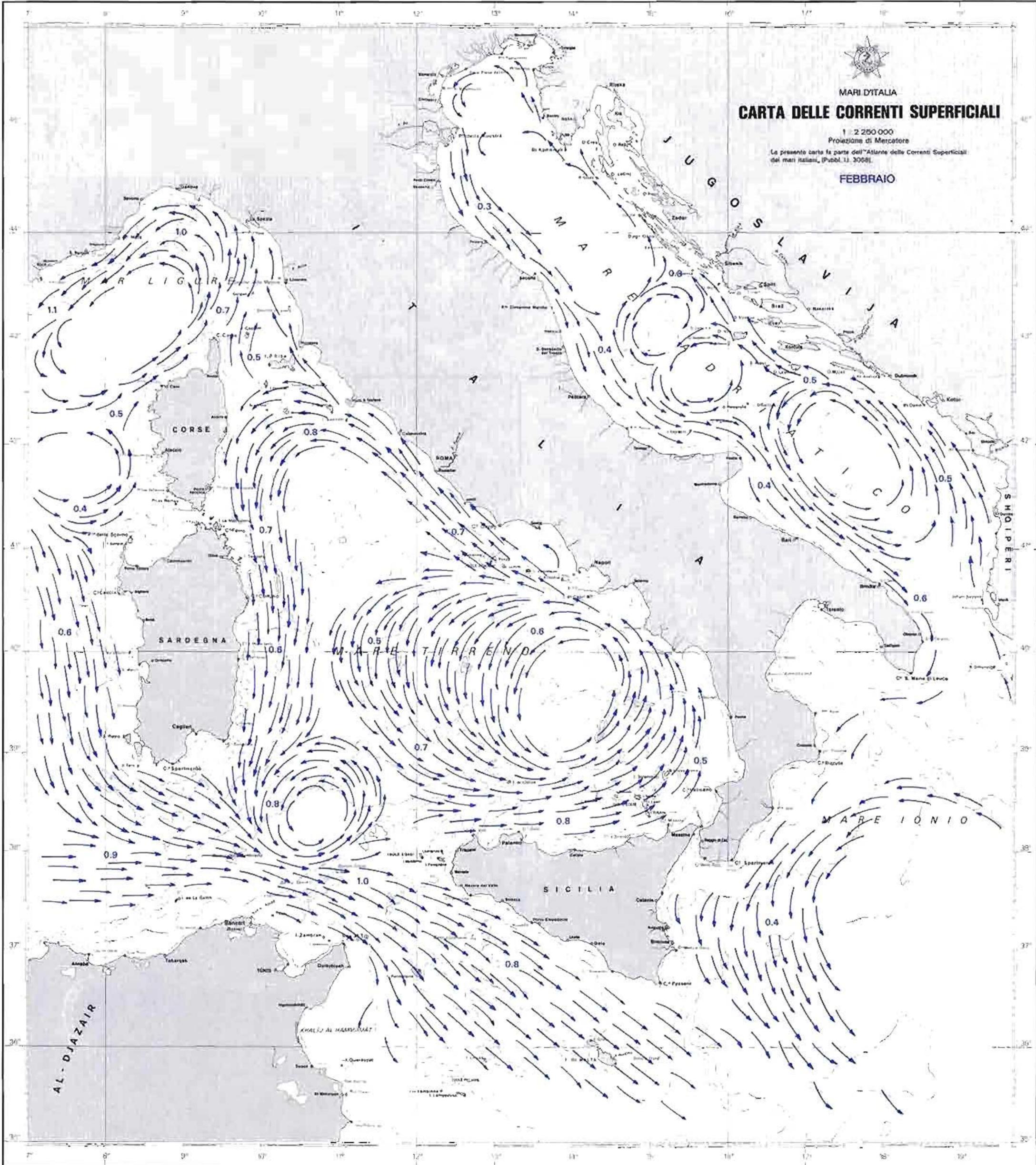
Temperatura, salinità e dunque densità delle acque (nel loro mutuo variare nel corso delle stagioni), l'azione del vento e gli scambi d'acqua con il Mediterraneo orientale, sono le variabili che contribuiscono all'instaurarsi di un sistema ciclonico di circolazione generale.

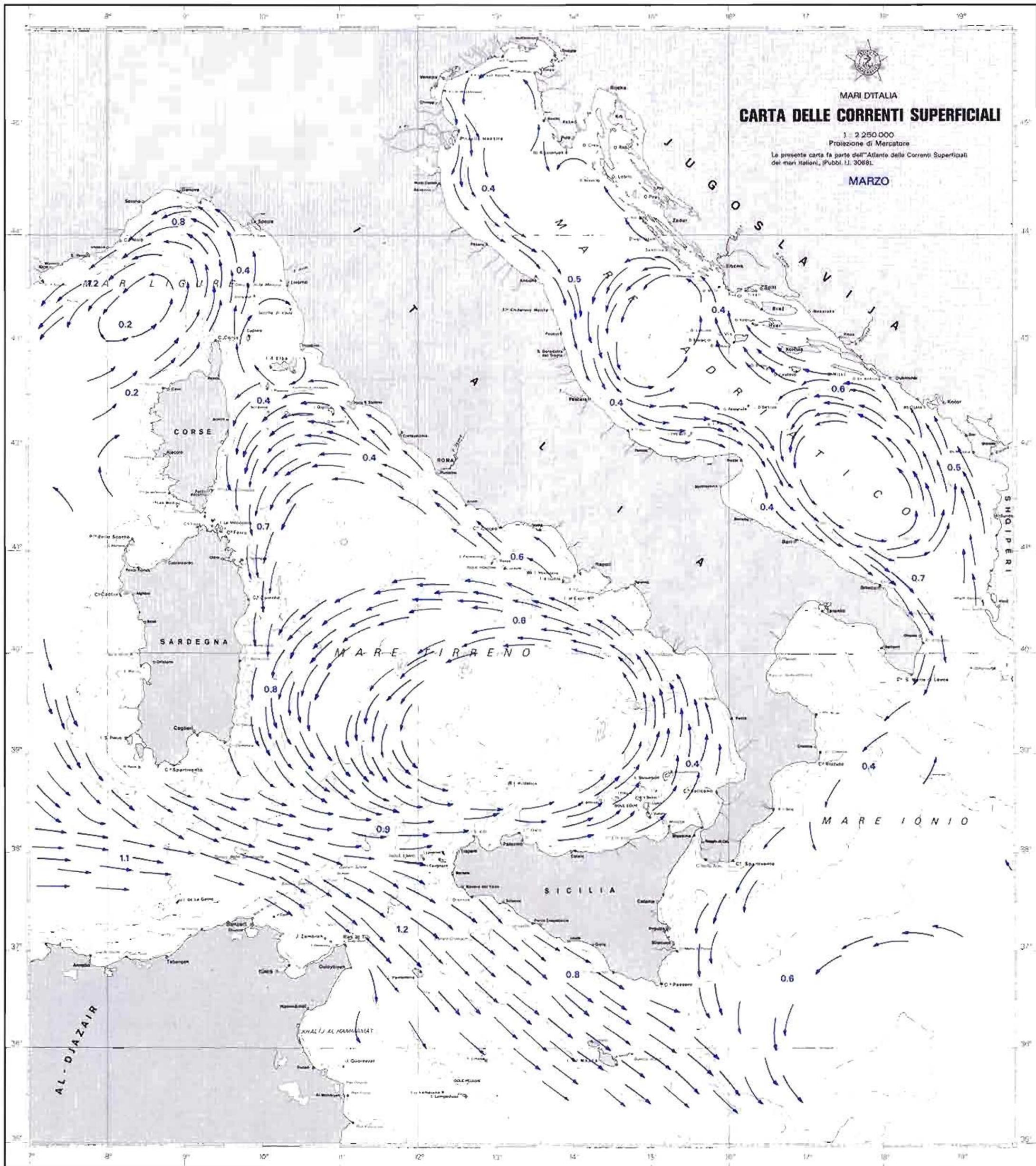
Una delle caratteristiche principali del Mare Adriatico è rappresentata dalla presenza di due differenti masse d'acqua di cui quella maggiormente salata è presente nell'Adriatico meridionale. Il gradiente di salinità instaura sistemi ciclonici di circolazione generale sicchè in estate, quando il divario tra i due tipi di acqua è massimo, la corrente superficiale presente nel settore meridionale risulta molto intensa. In inverno, la corrente più caratteristica e intensa è quella che risale lungo la costa iugoslava. Nelle stagioni primavera ed autunno le intensità delle correnti in entrata ed in uscita sono di entità comparabili.

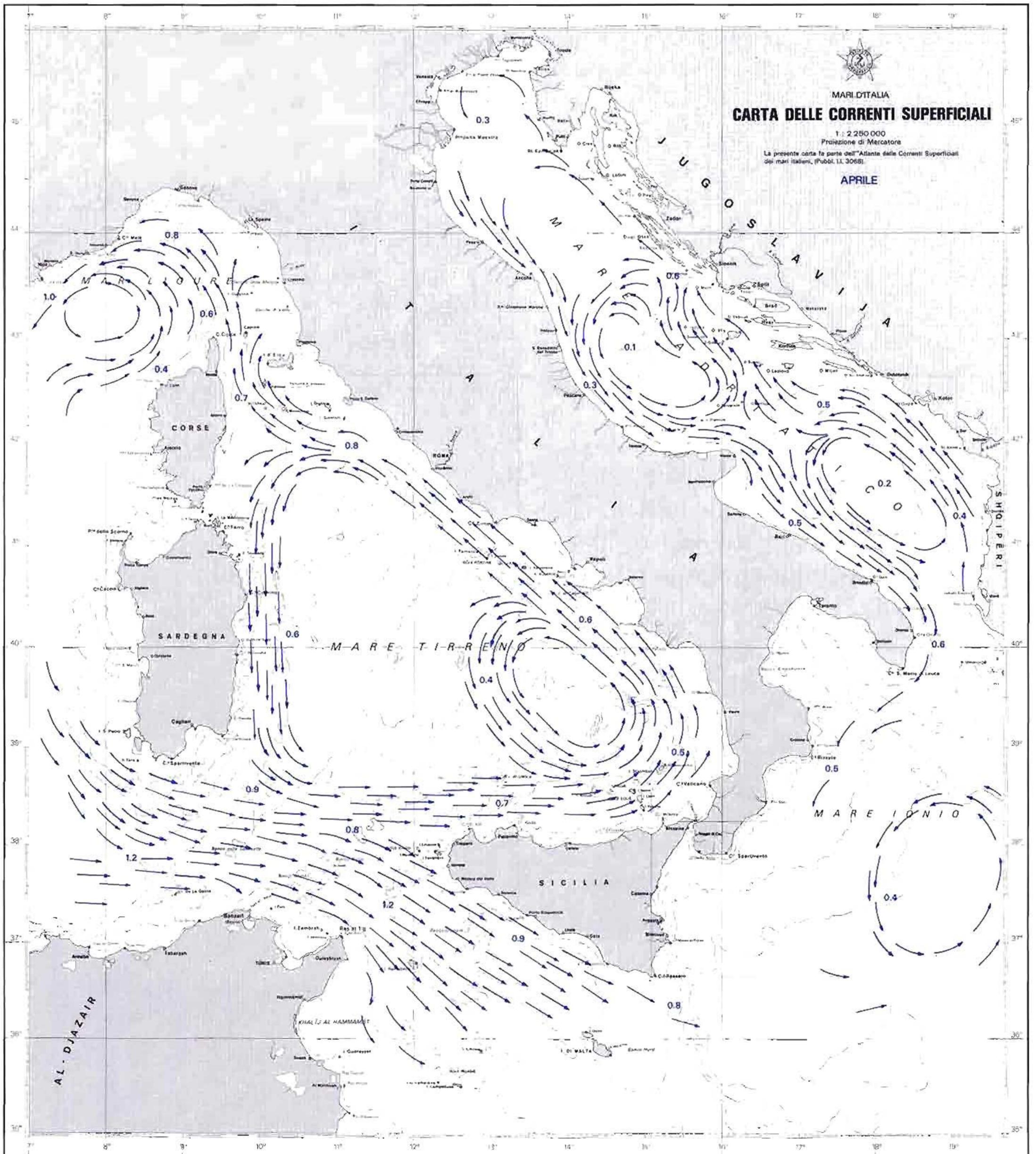
Le linee di corrente entro l'Adriatico formano sostanzialmente due circuiti ciclonici principali di cui uno nella parte meridionale e l'altro in quella centro-settentrionale, separati tra di loro dalla soglia di Pelagosa.

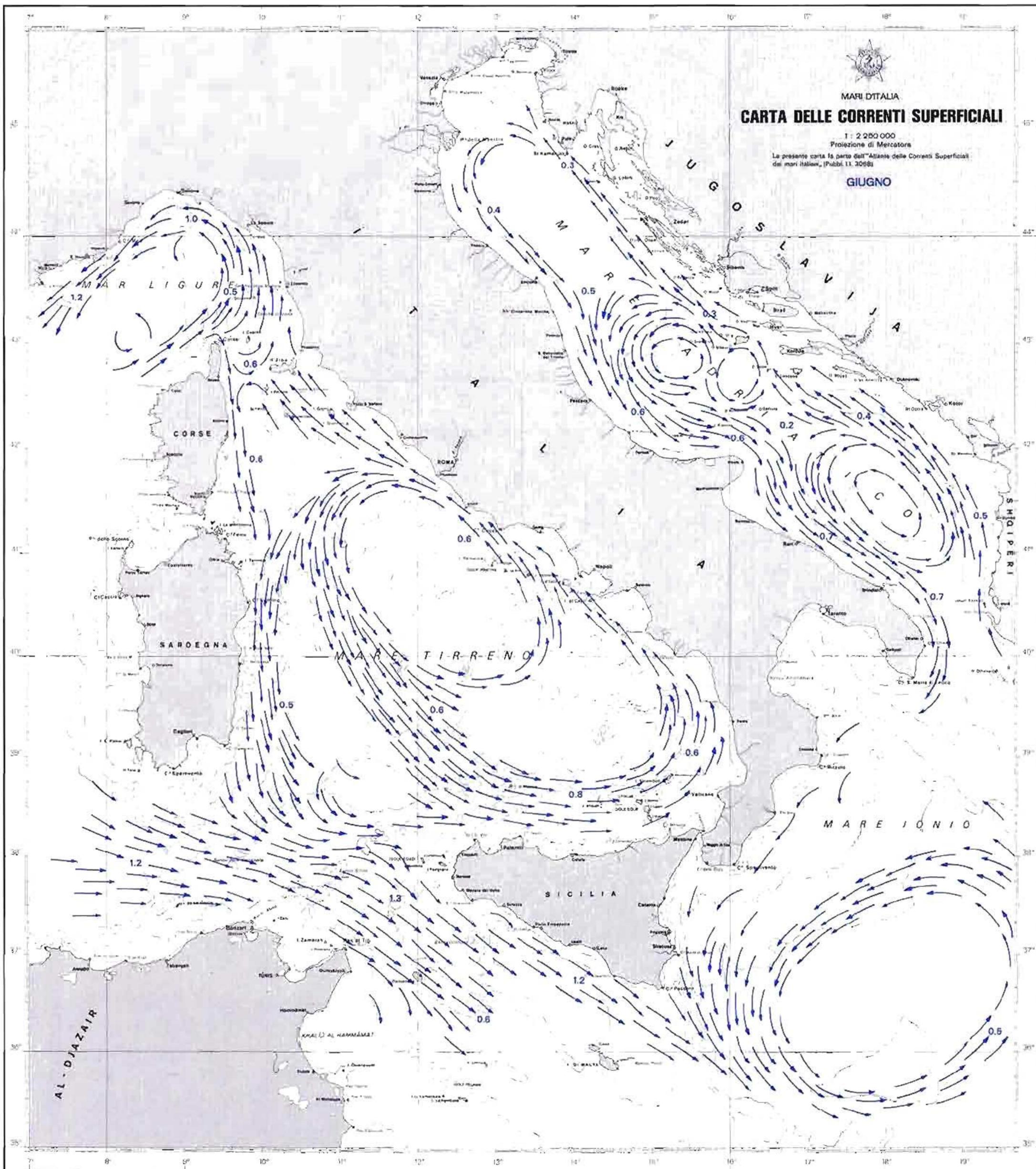
Le carte correntometriche (figure seguenti) riprese dall'Atlante delle correnti superficiali dei mari d'Italia, edito dall'Istituto Idrografico della Marina (1982), riassumono le caratteristiche correntometriche superficiali. Esse sono il risultato di un'elaborazione ed integrazione di dati e misure effettuate da ricercatori ed Enti pubblici e privati negli ultimi 50 anni e rappresentano, quindi, la fonte più attendibile in merito, non essendo stati prodotti studi specifici relativi al tratto costiero prospiciente l'area oggetto di studio.

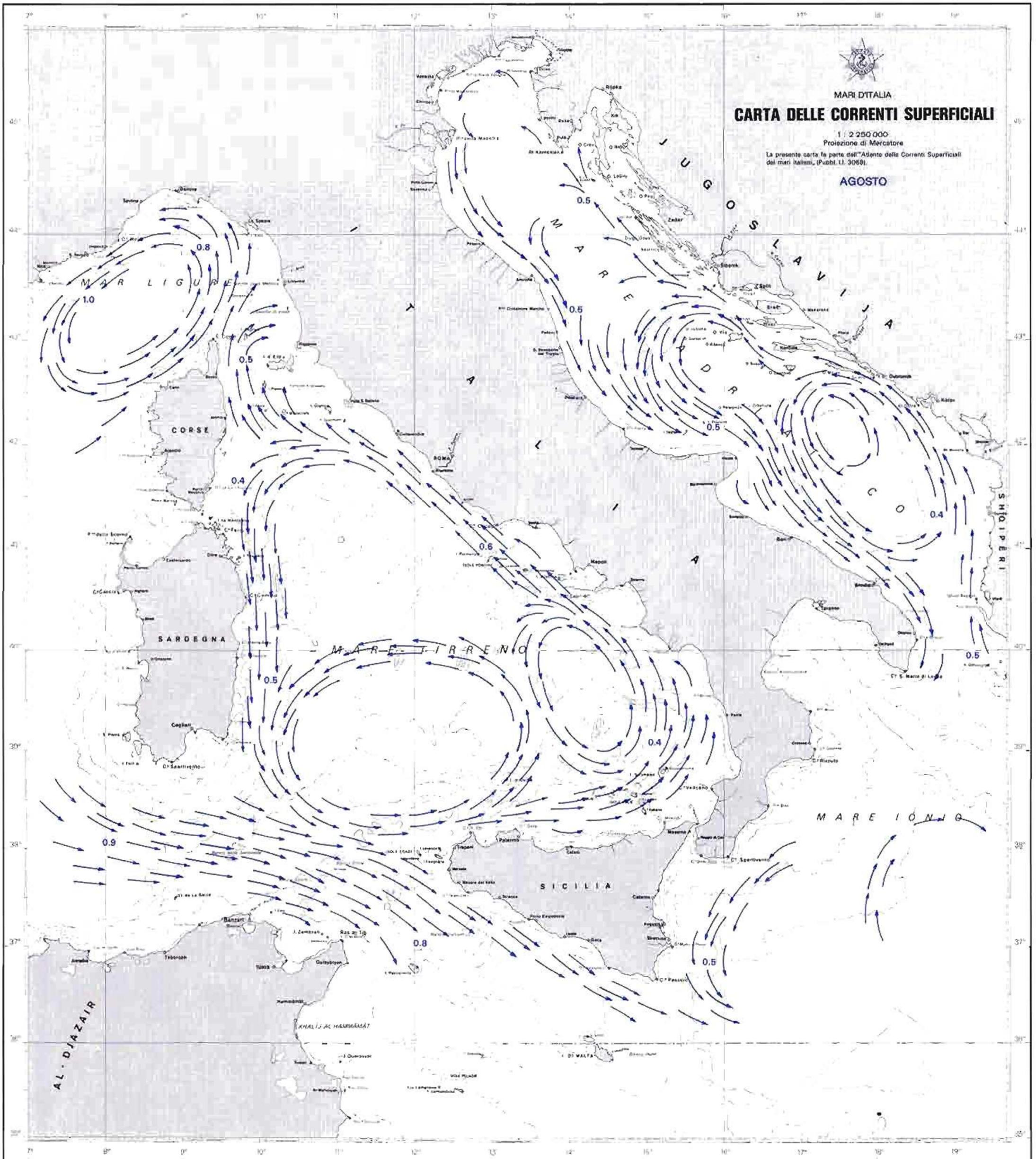




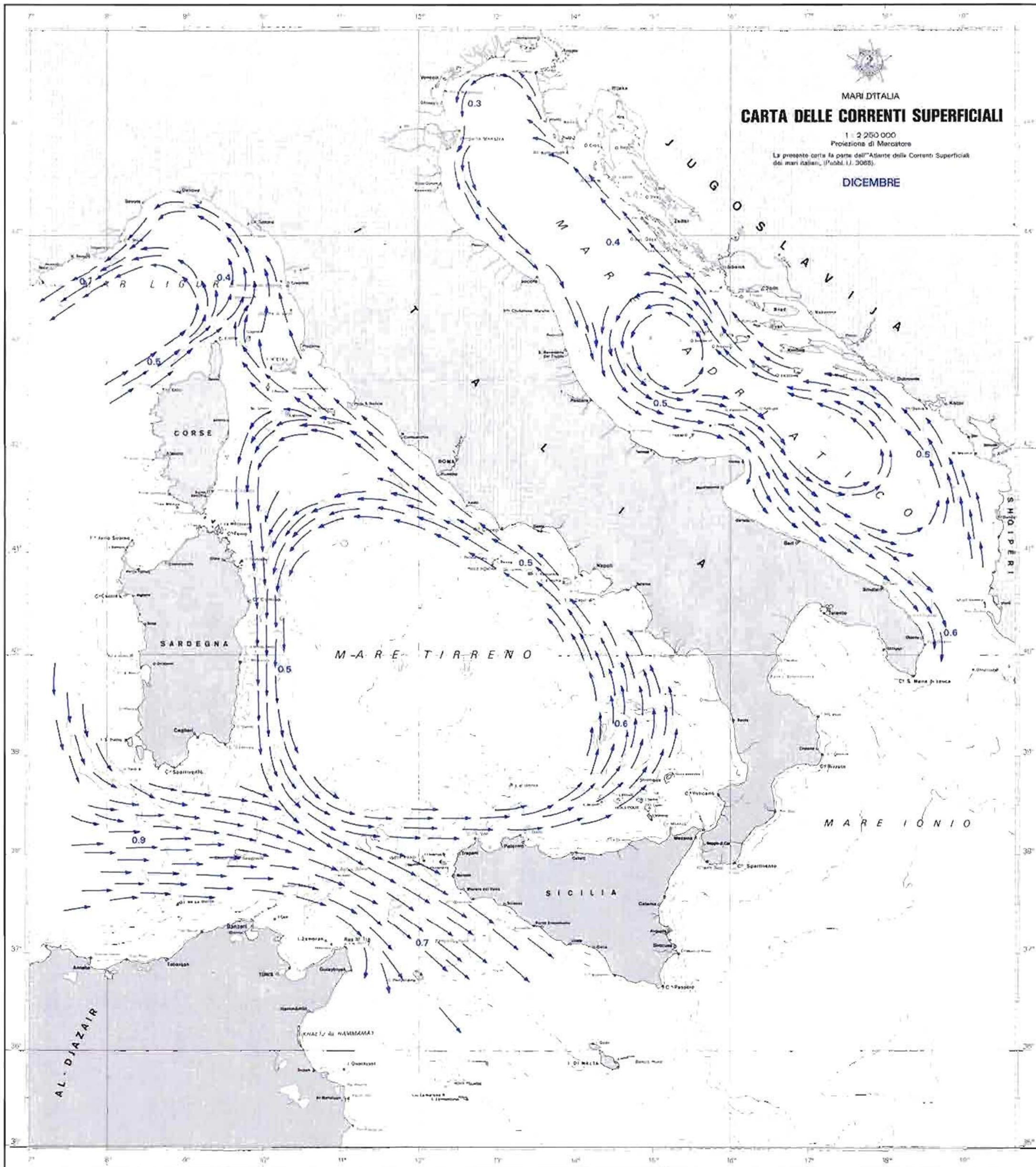












Attraverso l'analisi delle carte correntometriche mensili, si osserva che il tratto costiero adriatico pugliese risulta interessato durante tutto l'anno da una corrente dominante, orientata secondo la direttrice Nord-Sud, che viaggia parallelamente alla linea di costa. Le velocità raggiunte dalle acque superficiali sono mediamente comprese nel corso dell'anno fra i 10 e i 30 cm/s, evidenziando i valori più elevati nel periodo primaverile-estivo, com'è possibile osservare dalla rappresentazione cartografica relativa, ad esempio, al mese di giugno.

I movimenti correntometrici superficiali autunno-invernali, sembrano essere invece caratterizzati da velocità relativamente più basse, intorno ai 20 cm/s, come si rileva dalla carta relativa al mese di dicembre. A dette correnti si sovrappongono le correnti cicliche di marea, di modesta intensità, tanto da non essere in grado di produrre inversione del flusso. La corrente costiera risulta fortemente intensificata dai venti provenienti dai quadranti settentrionali sicchè essa può raggiungere velocità fino a 1,5 m/s.

Preme qui evidenziare che l'andamento del molo foraneo è parallelo alla corrente discendente, sicchè accompagna il movimento delle sabbie, scongiurando un'inversione di rotta. L'imboccatura del porto è situata dalla parte opposta rispetto alla direzione di provenienza della corrente, e la sua conformazione, per esigenze di protezione del bacino portuale, è tale da non consentire l'ingresso di materiale in movimento per effetto delle correnti.

CARATTERI MORFOLOGICI COSTIERI

La costa è caratterizzata da una scarpata di altezza variabile (compresa tra 5 e 10 m) ad andamento frastagliato e con piccole anse, alla base delle quali si rinvengono fasce di spiaggia e prodotti grossolani (pietre oscillanti e massi traballanti) derivanti dall'azione erosiva marina.

Il fenomeno è dovuto al moto ondoso che, sollevando le particelle sabbiose e scagliandole contro la roccia, provoca una sorte di erosione, con conseguente formazione di cavità e grotte. Le fessure con componente orizzontale che si rinvengono a livello mare corrispondono a zone in cui la roccia è costituita da materiale più erodibile (sabbie sciolte e poco cementate). Una volta che gli strati inclinati vengono erosi al piede tendono a scivolare verso mare in corrispondenza dei giunti di stratificazione. La presenza di litoclasti verticali facilita i crolli ed il frastagliamento della costa.

Le rocce affioranti presentano caratteri di permeabilità variabili in senso verticale, in funzione della maggiore o minore percentuale sabbiosa presente nei singoli strati, ma nel loro insieme sono da considerarsi praticamente impermeabili.

La panchina sottomarina, costituita in prevalenza da formazioni calcarenitiche, è rivestita da sabbie derivate dall'azione abrasiva delle ondazioni, il cui banco è di scarsa profondità.

Proprio la circostanza che qui siamo in presenza di un unico molo, posizionato dal lato di provenienza dei sedimenti longshore, quella cioè di direzione delle burrasche di vento e quindi delle mareggiate e delle condizioni di massimo mare (tutte condizioni queste che comportano massime energie del moto ondoso lungo riva), fa sì che il molo foraneo finisca per costituire una vera e propria scogliera frangiflutto e quindi un elemento di smorzamento dell'energia del moto ondoso di competenza del tratto di costa posto immediatamente a sud delle opere che si andranno a realizzare. In corrispondenza di questo tratto (Lido degli Aranci), vista la sua condizione di sottoflutto rispetto al molo radicato alla terraferma, sono dunque prevedibili fenomeni di rinascimento, non attesi in assenza dell'opera a realizzarsi, la quale verrebbe dunque a costituire un argine all'erosione di detta spiaggia.

Dunque, l'influenza delle opere sullo stato dei luoghi è senza dubbio sensibile per cui avremo aree che già presentano fenomeni di ripascimento che saranno esaltati in quanto posizionate sopraflutto rispetto al molo foraneo e tratti invece in fase erosiva (Lido degli Aranci) che tenderanno ad invertire questa loro tendenza.

Il trasporto solido sarà comunque di lieve entità essendo i fondali di natura rocciosa e, laddove sabbiosi, privi di humus ed a composizione calcareo silicea.

MOTO ONDOSO ED INCIDENZA SULL'AGITAZIONE INTERNA

In sede di presentazione del progetto di che trattasi, la MODIMAR srl produsse con data 11/05/2007 apposita *Relazione di Verifica del grado di agitazione interna residua*, basata sui risultati dello Studio meteomarinò già condotto dalla medesima società.

Tale Verifica fu condotta su due soluzioni progettuali proposte, ed infine sulla Soluzione 1 bis, che è la soluzione poi adottata in via definitiva. Di detta Relazione si riportano di seguito le conclusioni:

Le configurazioni progettuali proposte nelle Soluzioni 1 e 2 comportano, con tutti gli stati di mare simulati, condizioni di agitazione residua all'interno dello specchio acqueo portuale accettabili per tutti gli stati di mare considerati.

L'adozione di caratteristiche antiriflettenti per un tratto della banchina del molo di sopraflutto nella Soluzione 1, ha dimostrato che le condizioni dell'agitazione migliorano sensibilmente rispetto alla configurazione di partenza in quanto nella maggior parte della nuova area portuale i valori del coefficiente di diffrazione risultano al massimo pari al 10% del valore dell'altezza d'onda incidente. Ciò significa, come affermato nel precedente studio, che essendo la massima altezza d'onda prevedibile all'imboccatura (pari a circa 5,0 m per la presenza di fondali limitati), si osserva che ad un coefficiente di diffrazione di 0,1 corrisponde un'altezza d'onda di 0,50 m, valore abbastanza elevato per le imbarcazioni ospitate, ma che può considerarsi accettabile per la bassa frequenza di accadimento di tali eventi.

Inoltre la minore curvatura dell'opera di difesa di sopraflutto consente manovre di ingresso/uscita dal porto più agevoli rispetto a quelle che si dovrebbero intraprendere nel caso si adottasse la conformazione del molo proposta nella Soluzione 2, con valori di oscillazioni residue del tutto simili.

Infine gli stati di mare caratterizzati dalla direzione di provenienza 110 °N hanno dimostrato una maggiore capacità di penetrazione all'interno del bacino portuale, come era prevedibile attendersi, a causa della loro maggiore ortogonalità di incidenza rispetto all'imboccatura portuale, ma non destano particolari preoccupazione in quanto si tratta di stati di mare caratterizzati (vedi studio meteo-marino) da eventi poco intensi associati ad una bassa frequenza di accadimento.

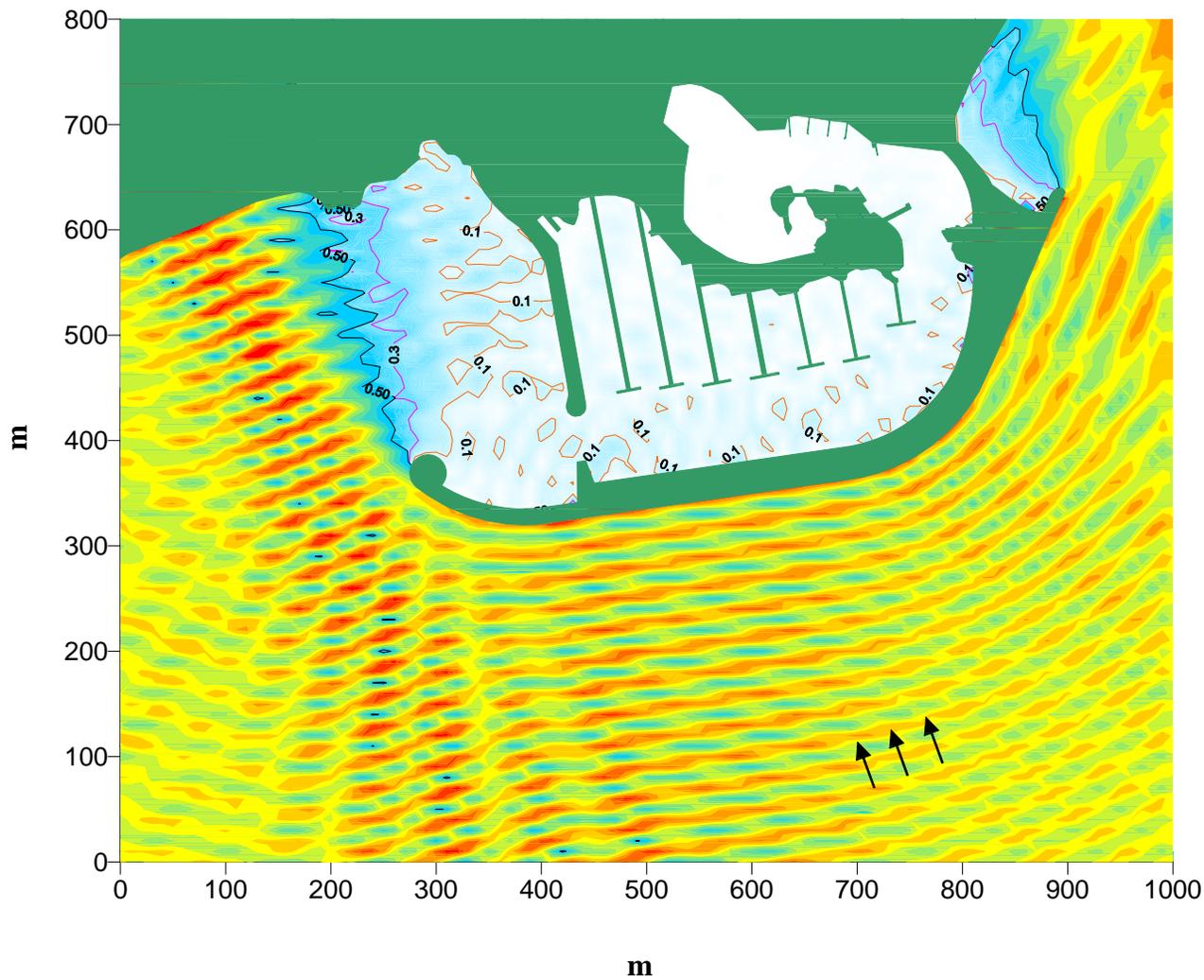
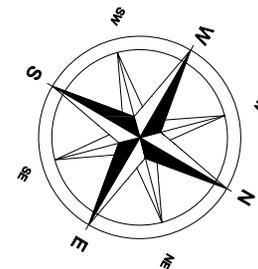
Si deduce quindi che la Soluzione 1 bis garantisce alle imbarcazioni ormeggiate un buon rifugio con ogni condizione di moto ondoso, anche nelle aree immediatamente retrostanti l'imboccatura portuale ed agevoli manovre da parte delle imbarcazioni da dipòrto per entrare ed uscire dal porto.

Di detta Soluzione 1 bis sono qui riportate le tavole di verifica dell'agitazione interna, elaborate col modello matematico VEGA, per 6 diverse condizioni di incidenza dell'onda, e precisamente per ondate da 40°N, da 90°N e da 110°N. Per ogni ondatazione il modello è stato sviluppato nelle due ipotesi di periodo dell'onda di 7,0 sec e di 9,0 sec.

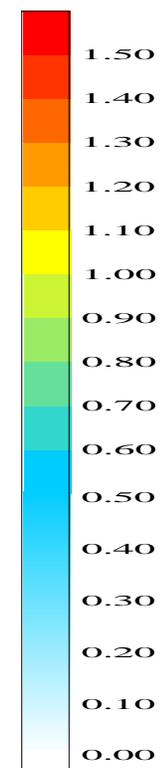
Dalle conclusioni su riportate, e dalle tavole grafiche allegate, si evince che non vi è penetrazione dell'onda all'interno del bacino, ma solo situazioni di agitazione interna da onda diffratta, di bassa frequenza di accadimento, e riferibili essenzialmente alle ondate da 110°N.

Comune di MELENDUGNO : Porto di SAN FOCA - Configurazione 1 bis

Modello matematico VEGA : agitazione ondosa interna



Altezza d'onda relativa



Periodo $T = 7,0$ s

Direzione Dir = 40° N

File = SF1b_D40_T7.SRF

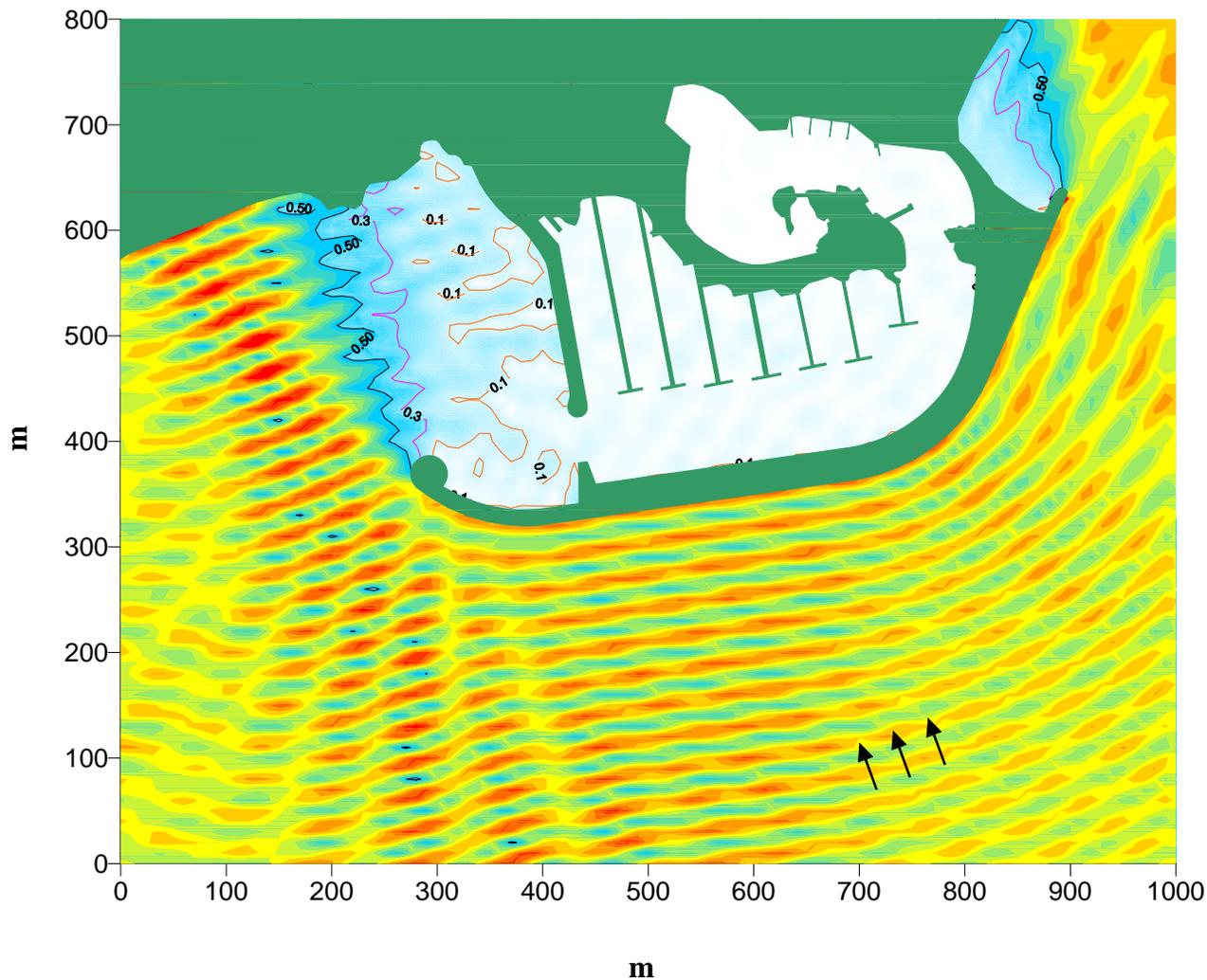
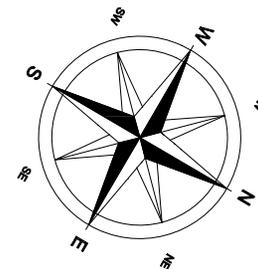


Via Monte Zebio 40
00195 ROMA

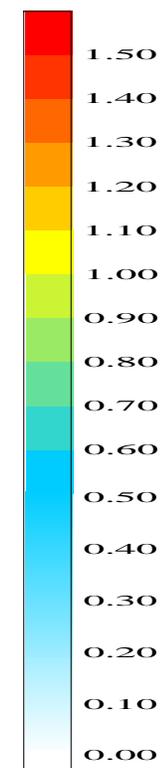
Figura 16

Comune di MELENDUGNO : Porto di SAN FOCA - Configurazione 1 bis

Modello matematico VEGA : agitazione ondosa interna



Altezza d'onda relativa



Periodo $T = 9,0$ s

Direzione Dir = 40° N

File = SF1b_D40_T9.SRF

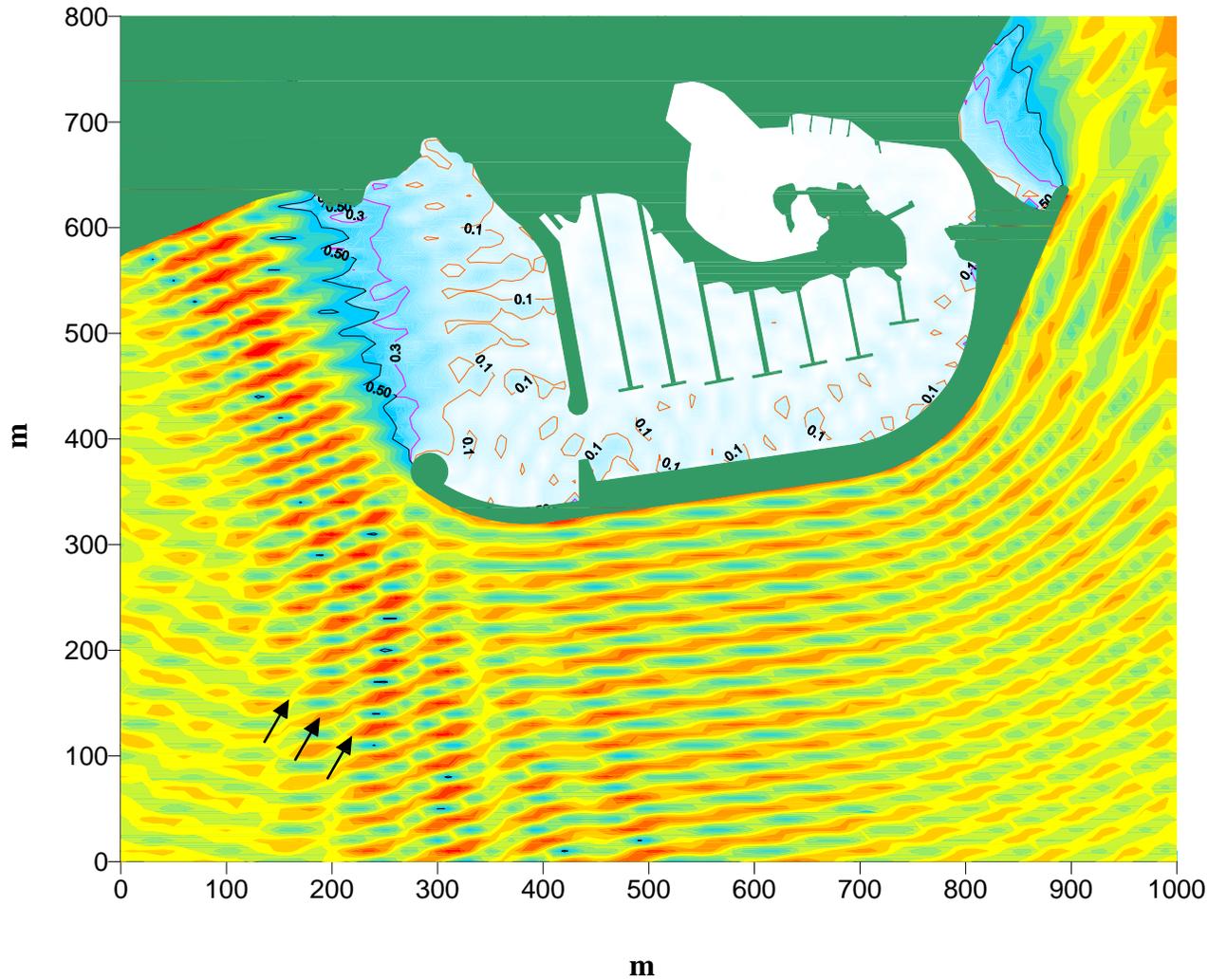
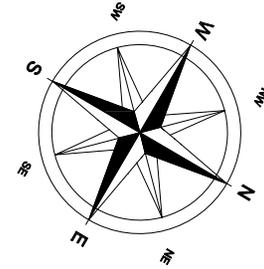


Via Monte Zebio 40
00195 ROMA

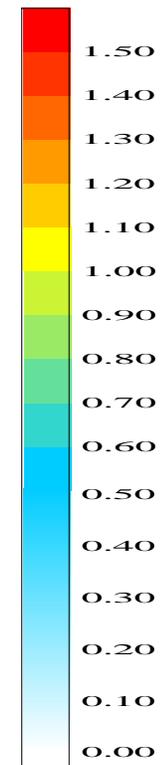
Figura 17

Comune di MELENDUGNO : Porto di SAN FOCA - Configurazione 1 bis

Modello matematico VEGA : agitazione ondosa interna



Altezza d'onda relativa



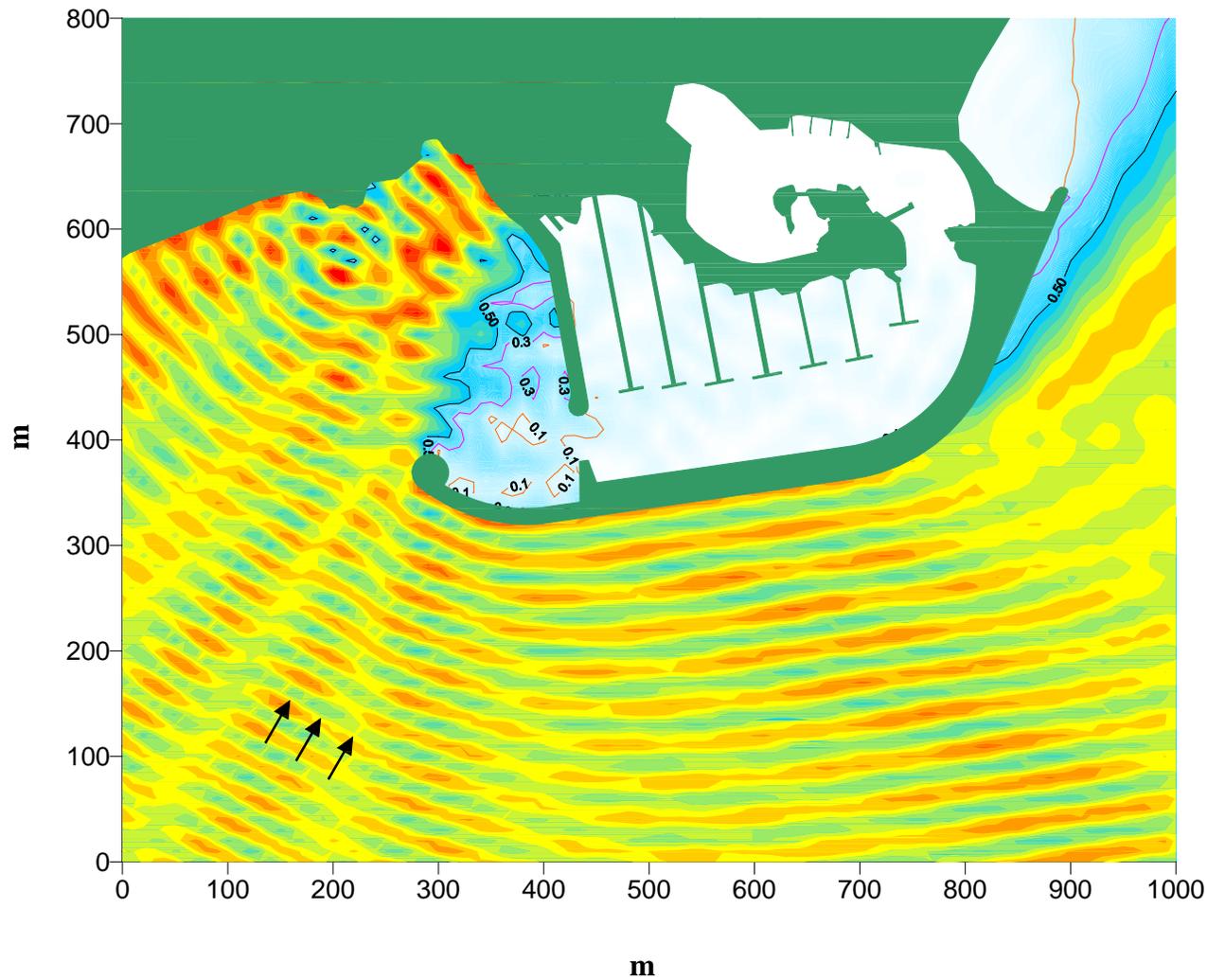
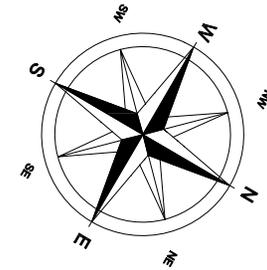
Via Monte Zebio 40
00195 ROMA

Figura 18

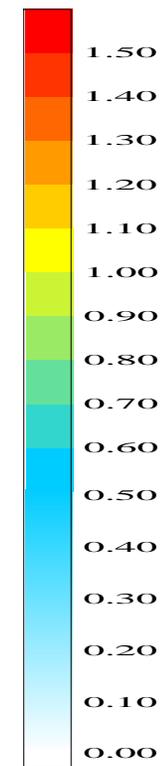
Periodo $T = 7,0$ s
Direzione Dir = 90° N
File = SF1b_D90_T7.SRF

Comune di MELENDUGNO : Porto di SAN FOCA - Configurazione 1 bis

Modello matematico VEGA : agitazione ondosa interna



Altezza d'onda relativa



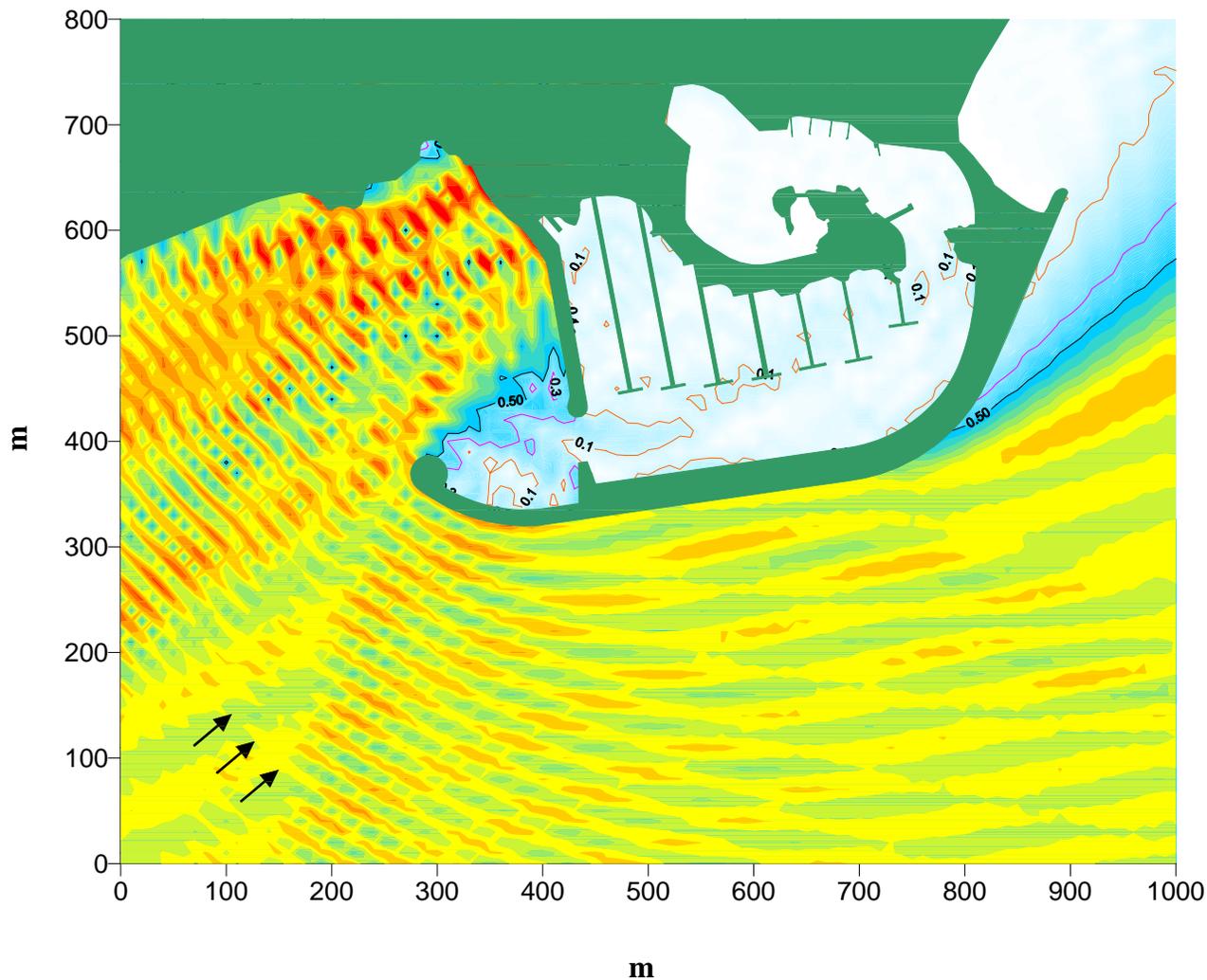
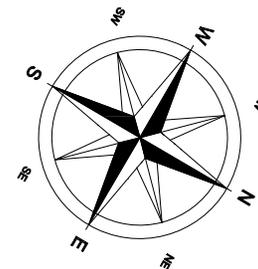
Via Monte Zebio 40
00195 ROMA

Figura 19

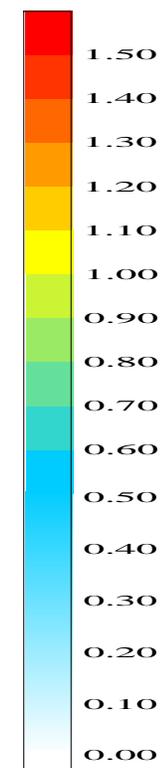
Periodo $T = 9,0$ s
Direzione Dir = 90° N
File = SF1b_D90_T9.SRF

Comune di MELENDUGNO : Porto di SAN FOCA - Configurazione 1 bis

Modello matematico VEGA : agitazione ondosa interna



Altezza d'onda relativa



Periodo $T = 7,0$ s

Direzione Dir = 110° N

File = SF1b_D110_T7.SRF

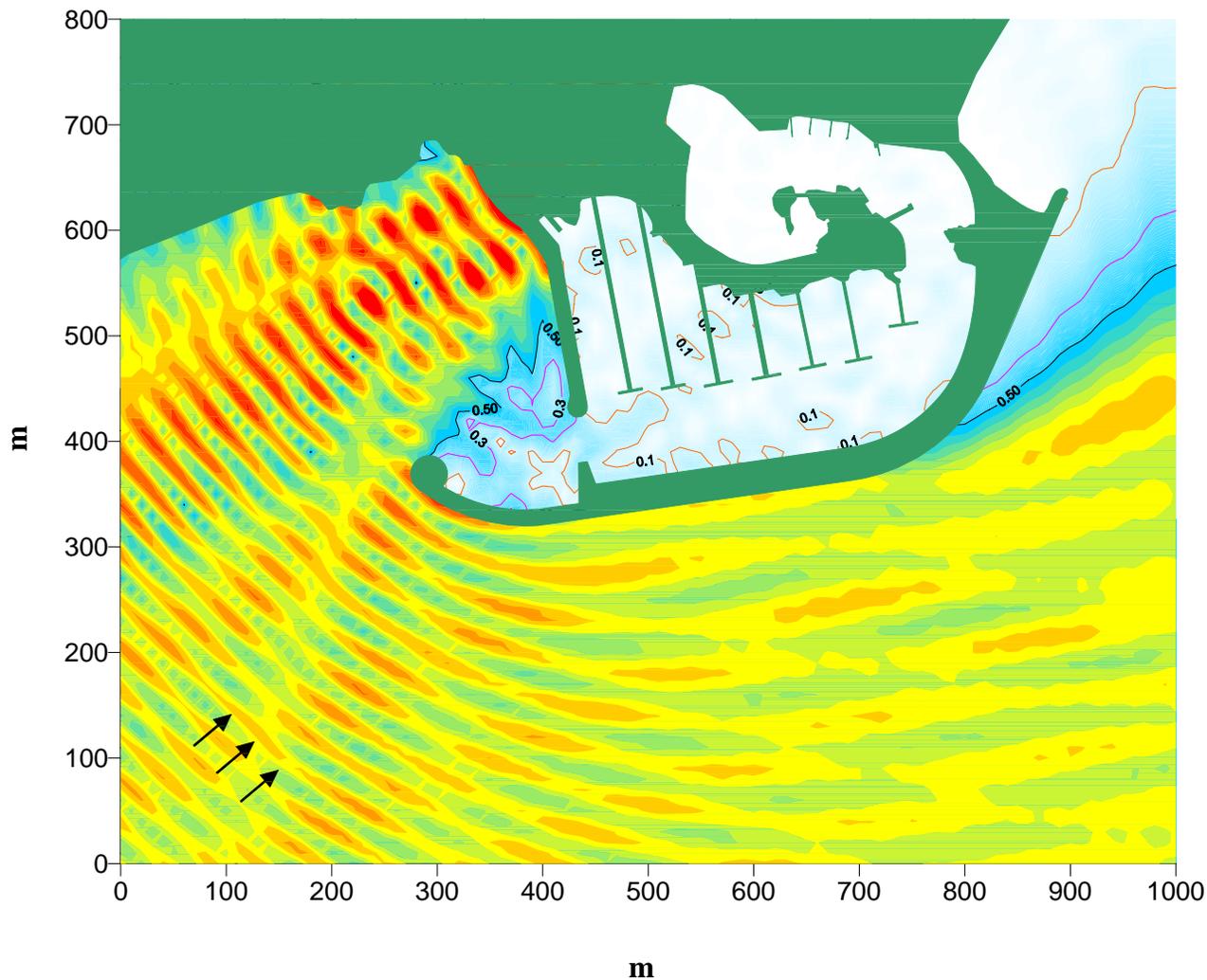
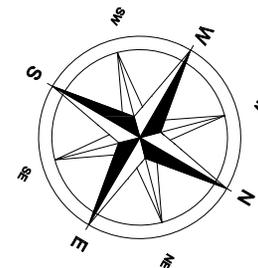


Via Monte Zebio 40
00195 ROMA

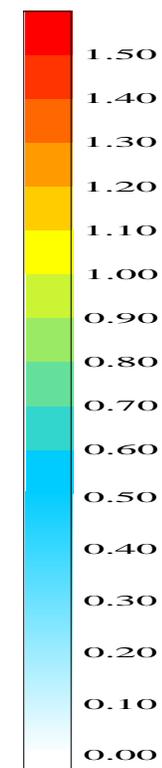
Figura 20

Comune di MELENDUGNO : Porto di SAN FOCA - Configurazione 1 bis

Modello matematico VEGA : agitazione ondosa interna



Altezza d'onda relativa



Periodo $T = 9,0$ s

Direzione Dir = 110° N

File = SF1b_D110_T9.SRF



Via Monte Zebio 40
00195 ROMA

Figura 21

RIPERCUSSIONI SULLE SPIAGGE LIMITROFE

In sede di prima presentazione del Progetto generale (dicembre 2000), la MODIMAR srl aveva curato lo Studio meteomarinario, producendo altresì apposita **Relazione di Valutazione delle ripercussioni sulle spiagge limitrofe** che, sia pur riferita ad una configurazione dell'opera foranea lievemente diversa da quella poi adottata, è comunque significativa degli effetti indotti dall'opera portuale. Se ne riportano di seguito le 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 ha 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.

E' dunque evidente che il trasporto solido si muoverà lungo l'opera foranea, per depositarsi in parte lungo Spiaggia degli Aranci, posta a sud del bacino portuale.

Ed in realtà la struttura portuale esistente, sia pur minore di quella proposta, ha già prodotto effetti positivi su tale spiaggia, tant'è che essa non presenta più l'erosione temuta ma fenomeni di ripascimento, sia pur non eclatanti quanto quelli della Spiaggia delle Fontanelle, a nord del porto.

IL PIANO REGIONALE DELLE COSTE

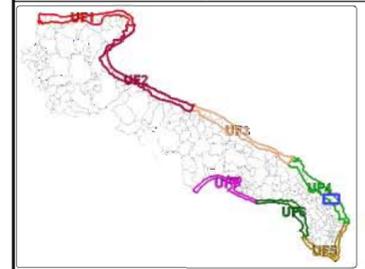
Ad ulteriore conferma degli effetti positivi dell'opera esistente, si riportano di seguito alcune Tavole tratte dal Piano Regionale delle Coste della Regione Puglia.

Le Tavole di che trattasi, riguardanti il territorio di Melendugno, a cavallo dell'opera portuale esistente e di progetto, riportano il n.43.

Nella Tav. n.43 della serie "*Evoluzione costa sabbiosa*", si rileva che la costa sabbiosa a nord del porto (Spiaggia delle Fontanelle) è "*in avanzamento*", mentre la costa sabbiosa a sud (Spiaggia degli Aranci) non è caratterizzata da avanzamenti o arretramenti, e dunque è stabile.

Nella Tav. n.43 della serie "*Analisi criticità-sensibilità*", si rileva che entrambe le spiagge sono connotate quali tratti di costa a *media sensibilità* e *bassa criticità*.

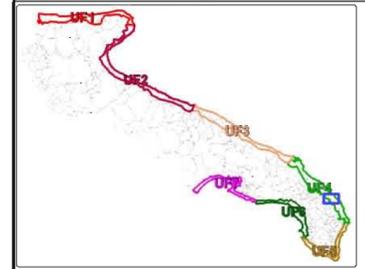
E' il caso di evidenziare che il Piano delle Coste risale al 2009, e dunque rileva evidentemente gli effetti su dette spiagge prodotti dall'opera marittima esistente, realizzata nel 2001. E' evidente che la soluzione di progetto, con il prolungamento del molo foraneo esistente, non potrà che confermare il trend attuale per dette spiagge, semmai con incremento dell'apporto sulla Spiaggia degli Aranci.



Evoluzione costa sabbiosa

-  **COMUNI**
-  Tendenze evolutive storiche della costa 1950-2003
-  Linea di riva in arretramento
-  Linea di riva in avanzamento
-  **Tendenza evolutiva recente 1992-2005 (10m)**
-  Arretramento
-  Avanzamento
-  Opere di difesa
-  foce armata
-  opere longitudinali aderenti
-  opere longitudinali distaccate
-  opere longitudinali distaccate con tomboli
-  opere miste
-  opere trasversali
-  porto
-  terrapieni con gabbionate al nucleo
-  terrapieni senza gabbionate
-  **Cordone dunale**
-  Cementato
-  In erosione
-  In formazione
-  Stabile

Terraitaly™ - it2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano
 © Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. - Parma



Analisi : Criticità - Sensibilità

- | | |
|---|---------------------------------|
| Sensibilità | |
|  | Alta |
|  | Media |
|  | Bassa |
| Criticità | |
|  | Alta |
|  | Media |
|  | Bassa |
|  | Limite Territoriale Zona Studio |
|  | Limit Amministrativi |

Terraitaly™-it2000 ortofoto digitale a colori dell'intero territorio italiano
 © Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A. - Parma

Elaborato da:
 Dipartimento di Architettura e
 Urbanistica
 Dipartimento di Ingegneria delle Acque
 e di Chimica
 (Politecnico di Bari)



CONCLUSIONI

Da tutto quanto su esposto è dunque possibile trarre le seguenti conclusioni:

- a) il trasporto solido è di quantità contenuta, in dipendenza dei caratteri morfologici dell'area;
- b) il trasporto per effetto delle correnti avviene lungo la direttrice nord-sud, parallela all'opera foranea di progetto, e non interessa l'imboccatura del bacino portuale;
- c) il deposito di sabbia riguarda già da tempo le spiagge a nord e sud dell'opera (spiaggia delle Fontanelle e lido degli Aranci), che dunque beneficiano dell'opera marittima, la quale non solo le protegge dall'erosione, ma ne favorisce il ripascimento;
- d) per effetto della sua conformazione e della posizione dell'imboccatura, il bacino portuale risente in maniera estremamente contenuta e riflessa degli effetti del moto ondoso, e solo per particolari e non frequenti direzioni di provenienza del vento, sicchè la modestissima entità di agitazione interna esclude che possa verificarsi trasporto per effetto di mareggiate;
- e) il porto esistente (realizzato nel 2001) sta già dispiegando i suoi effetti di protezione dall'erosione e di ripascimento delle due spiagge a nord e sud dello stesso. L'opera di progetto, per le sue caratteristiche, non potrà che favorire ulteriormente il deposito di sabbia su detti lidi.