

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	22 (2000)	5-37	Udine, 30.XI.2000	ISSN: 0391-5859
---	-----------	------	-------------------	-----------------

R. MAROCCO

LE SPIAGGE DI GRADO: SITUAZIONE ATTUALE, TENDENZE EVOLUTIVE ED IPOTESI D'INTERVENTO PER IL RISANAMENTO DEGLI ARENILI*

GRADO LITTORALS: PRESENT SITUATION, EVOLUTIONARY TRENDS AND HYPOTHESIS OF BEACH RESTORATION

Riassunto breve - Dopo aver analizzato la situazione attuale, la variazione stagionale delle spiagge e la tendenza evolutiva dell'intero paraggio che si estende dal Canale di Grado al Banco della Mula di Muggia, vengono prospettate alcune soluzioni per migliorare le condizioni del litorale gradese, con riferimento specifico alla Spiaggia Principale gestita dall'Azienda di Promozione Turistica di Grado e Aquileia.

Parole chiave: Spiagge, Tendenze evolutive, Variazioni stagionali, Ipotesi d'intervento, Grado, Alto Adriatico.

Abstract - *By means of the analysis of the present situation, the beaches seasonal variations and evolutionary trends of Grado coastal area, some solutions are herein presented aimed to the improvement of the littorals. Specific attention is given to the main beach administrated by the Agency for Tourist Promotion of Grado and Aquileia.*

Key words: *Beaches, Evolutionary trends, Seasonal variation, Beach restoration, Grado, Northern Adriatic Sea.*

1. Premessa

La spiaggia di levante di Grado, una delle località balneari più antiche e rinomate dell'Alto Adriatico, soffre da anni di un depauperamento del materasso sabbioso e di un progressivo impaludamento dei fondali antistanti, soprattutto nel suo settore più orientale. Queste situazioni, anche se non sono tali da pregiudicare l'esercizio turistico-balneare della spiaggia, stanno destando una forte preoccupazione per le conseguenze che potrebbero determinare in un prossimo futuro.

All'estremità occidentale dell'isola, la spiaggia di ponente (detta anche popolare o, ironicamente, "Costa Azzurra") si trova in una situazione quasi opposta o complementare alla

*Lavoro eseguito con il contributo finanziario del Programma MURST 60 % (Cartografia tematica del Friuli-Venezia Giulia e regioni finitime).



Fig. 1 - Litorale di Grado: inquadramento geografico. (Foto aeree 306-7 della strisciata 18/6/84 delle Regioni Veneto e Friuli-Venezia Giulia. Concessione n°28 del 20/9/85. Autorizzazione ad uso illimitato.)
- Air-photo of Grado Lagoon and location of the study area.

precedente. L'arenile è in forte avanzamento e l'accumulo di sabbia ha quasi completamente colmato l'ansa formata dalle dighe. Inoltre, gli scanni di questa spiaggia hanno superato la testata del molo orientale del canale di Grado, andando ad occludere la via d'accesso dal mare all'isola.

La necessità di definire le tendenze evolutive a medio e a lungo termine del litorale e di individuare le cause che sono alla base di questo disequilibrio ambientale ha portato alla promozione di una ricerca specifica sulle spiagge di Grado allo scopo di perseguire, in un breve lasso di tempo, i seguenti obiettivi:

- completare le conoscenze acquisite sulla caratterizzazione marittimo-costiera, morfologica e sedimentologica della spiaggia di levante (Spiaggia Principale) di Grado (vedi BRAMBATI, 1987);
- mettere sotto controllo con rilievi topografici, batimetrici e sedimentologici stagionali un tratto campione di questa spiaggia al fine di verificare alcune tendenze evolutive a breve termine ipotizzate da studi precedenti;
- fornire proposte d'intervento atte al recupero ambientale e all'ampliamento dell'arenile.

2. Breve descrizione del litorale gradese

Il litorale interessato da questa ricerca si estende per 4 km circa dalla bocca del Porto di Grado alla Rotta (fig. 1). Presenta una forma articolata comprendente da occidentale ad oriente tre tratti di costa: la Spiaggia Popolare (o "Costa Azzurra"), l'arco della diga - murazzo che difende il nucleo storico dell'isola, e, infine, la spiaggia recintata (Spiaggia Principale gestita dall'Azienda di Promozione Turistica di Grado e Aquileia). Nel dettaglio la Spiaggia Popolare ha un'estensione massima (in battigia) di circa 700 metri e un'orientazione ESE-WSW. L'arenile è contenuto ad Ovest dalla diga di levante del Porto di Grado e, ad Est, dalla diga - murazzo austriaca. La Spiaggia Principale chiude ad oriente il litorale della città e si estende fino alla Rotta per circa 2,5 km, con orientazione prossima ad Est-Ovest. Questa spiaggia è vincolata da una serie di pennelli e contenuta sul retro da un muretto che corre lungo la strada litorale (con un rapporto di protezione RP, espresso dalla lunghezza complessiva dei manufatti di difesa rispetto alla lunghezza della spiaggia, pari a 1,57). Verso mare, a circa metà della sua estensione, l'arenile interferisce con le propaggini occidentali del Banco della Mula di Muggia, che si estende, imponente e semi sommerso, all'estremità orientale del paraggio.

Lungo il litorale i fondali sono molto bassi e assumono pendenze variabili da 0,3 a 0,8% (calcolate fino alla batimetrica -5 m), con inclinazioni minori in corrispondenza dell'estremità orientale (Banco della Mula di Muggia) e occidentale (delta sommerso della bocca lagunare di Grado) del paraggio e maggiori al centro. Sono sabbiosi e privi di vegetazione marina fino alla

profondità di 2,5-3,0 m, dove si ubicano complessi sistemi di barre e truogoli, mentre sono ricoperti da una rigogliosa prateria di fanerogame marine (genere *Cymodocea*) dai 3 fino ai 6 metri di profondità. In questa zona della spiaggia sottomarina i sedimenti sabbiosi sono parzialmente sostituiti o mescolati con sedimenti più fini (BRAMBATI et al., 1982; BRAMBATI, 1987). Le sabbie sono essenzialmente carbonatiche (con calcite che predomina sulla dolomite) e con uno spettro di minerali pesanti contraddistinto dalla presenza significativa di picotite e granato e in subordine, zircone, augite e rutilo (GAZZI et al., 1973; BARDELLA et al., 1986).

Lungo tutto il litorale, ma in particolare modo di fronte alla diga - murazzo di Grado si rinvencono a profondità diverse numerosi resti e siti archeologici che comprendono antiche dighe, presunte chiese e costruzioni romane (ancora in fase di studio), che testimoniano la maggior estensione dell'abitato di Grado in epoca storica (DE GRASSI, 1952).

3. Evoluzione storica del litorale

La ricca produzione cartografica del territorio di Grado in epoca storica permette un'analisi approfondita delle trasformazioni del litorale almeno a partire dal 1700 fino all'inizio della cartografia moderna. Magistrale sotto questo punto di vista è la prima tavola di un grande disegno in più fogli delle coste venete eseguito da Francesco Grisellini (1740) (LAGO, 1989), seguita dalla carta dell'esercito napoleonico del 1805-06 (FORAMITTI, 1994) e, infine, quella della Mappa corografica del Litorale Austriaco del 1830 (Archivio di Stato di Trieste). Dall'analisi di queste rappresentazioni (fig. 2) si evince che all'inizio del 1700 il litorale di Grado aveva una continuità dall'antica bocca lagunare di Primero, con un cordone ben consolidato e rafforzato dai rilievi dunali (fig. 2a). All'inizio del 1800 l'area costiera mostra una profonda erosione (documentata anche da notizie storiche: MAROCCO, 1998) e il cordone lagunare si assottiglia sempre più tra Grado e i rilievi della Rotta (toponimo attuale d'evidente significato). L'erosione prosegue nel 1830 quando si assiste allo sfondamento del cordone litorale in coincidenza del gomito del canale dei Moreri che trova uno sbocco autonomo in mare (fig. 2b).

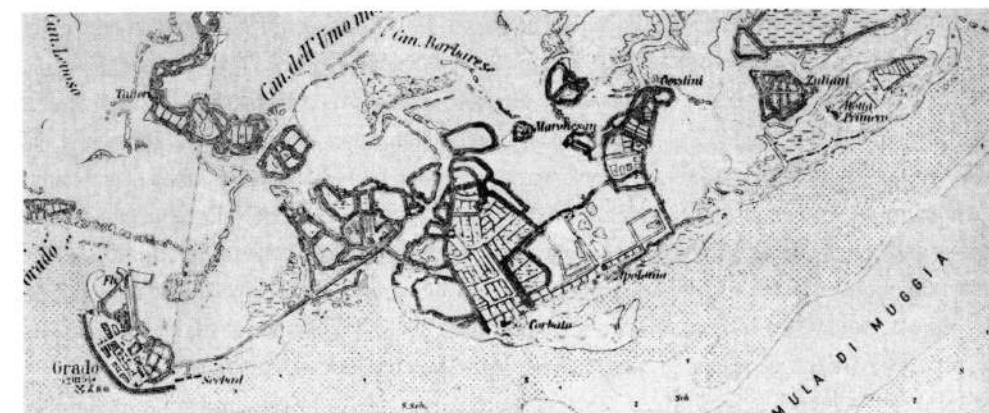
Nel periodo che segue, fino al 1896-97, quando la situazione del litorale viene fotografata dai rilievi molto accurati dell'Istituto Geografico Militare Austriaco (fig. 2c), continua l'arretramento del litorale, ormai smembrato, con valori variabili da 80 metri ad Ovest e, progressivamente, fino a 160 metri circa ad Est. Va ricordato che in questo periodo nasce la prima forma d'utilizzo balneare della spiaggia di Grado e, nel frattempo, si realizza dopo diverse peripezie il primo lotto della diga - murazzo (1860) a difesa dell'abitato, poi prolungata in direzione NW ed Est fino a raggiungere la configurazione planimetrica attuale nel 1885. Nel frattempo si inizia l'opera di chiusura del tratto di laguna invasa dal mare con l'esecuzio-



a) 1740. Particolare della Tavola Idrografica della Laguna e Mar Adriatico (Tavola Prima) di Francesco Grisellini tratta dal volume di L. Lago "Theatrum adriae. Dalle Alpi all'Adriatico nella cartografia del passato", Editoriale Associati - Ed. Lint, autorizzazione alla riproduzione in data 22.01.2001.



b) 1830. Particolare della Carta Corografica del Litorale Austriaco, Fogli 19 e 20, nulla osta alla pubblicazione dell'Archivio di Stato di Trieste n. 362/X.1 in data 19.01.2001.



c) 1896-'97. Particolare della Tavolettta 1:25.000 dell'IGM Austriaco (23 Colonne VIII Section NO, Görz und Gradisca 5750/2,4 e 5751/1-4).

Fig. 2 - Evoluzione storica del litorale gradese.
- Secular evolution of the Grado coast.

ne del lungo argine dei Moreri che andava a sbarrare le bocche del vecchio canale (1875) e a delimitare gran parte dei territori lagunari, ora marini, a NE dell'isola.

4. Evoluzione del litorale dal 1915 al 1985

Nella prima carta del territorio da parte dell'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.), eseguita nel 1915 con aggiornamenti del 1917 (fig. 3), non si osservano rilevanti variazioni del litorale dagli ultimi rilievi austriaci. Si coglie, invece, una non certo lieve variazione dei fondali determinata dall'avanzata di circa 200 metri verso Ovest della batimetrica -2 m che doveva delimitare l'imponente Banco della Mula di Muggia (non rappresentato in carta). Si registra, inoltre, a confronto con i rilievi austriaci precedenti (1896-97), la formazione di nuovi banchi di sabbia tra i due lembi dello smembrato cordone litorale che vanno ad occludere la vecchia "fosa" del canale dei Moreri. Nel 1906-08 l'Amministrazione Comunale decide di costruire due moli o "gettate in pietra ruvida" alle due estremità della diga - murazzo di cui solo quella di ponente risulta visibile (anche se con dimensioni esagerate) nella carta dell'I.G.M. del 1915. Mancano in questo rilievo cartografico i primi due pennelli su pali (lunghezza m 180) posti a difesa dell'arenile dopo la disastrosa mareggiata del 1910 e ben visibili in una Mappa di Grado del 1914.

Nei rilievi cartografici eseguiti dall'I.G.M. nel 1938 (fig. 3), ricompare il Banco della Mula di Muggia in posizione decisamente variata rispetto al 1896-97. Il banco semi sommerso manifesta uno spostamento verso Ovest di circa 600 metri nella parte apicale e di circa 200 metri nella lingua che si allunga verso la Sacca. La spiaggia di Grado si amplia verso levante con un nuovo tratto (lungo circa 950 metri a partire dal III pennello e con larghezza media di 50 metri) che si protende "a mo' di sperone verso la Rotta" (DE GRASSI & DE GRASSI, 1957). Il progetto di prolungamento della spiaggia venne realizzato in parte nel 1926 (primi 400 o 600 metri, secondo DE GRASSI & DE GRASSI, 1957). Nel 1935-38 il "Genio Civile prolungò ulteriormente la strada argine-lungomare sino alla Rotta, difendendone l'unghia con gettata di pietra e munendola pure di pennelli" (DE GRASSI & DE GRASSI, 1957). L'arenile venne creato attraverso rifluimenti di sabbie dai fondali sabbiosi antistanti. Nel contempo ad Ovest di Grado la foce del Porto Canale (Fosa) viene delimitata da una diga di levante dalla gittata di circa 1200 metri e d'altezza di circa m 2,6. Questa opera, eseguita dal Magistrato alle Acque di Venezia per la regolamentazione idraulica della laguna, ebbe inizio nel 1927-28 e fu ultimata nel 1934. Nel frattempo l'abitato dell'isola di Grado continua la sua espansione con una progressiva e tenace azione di colmata dei territori lagunari circostanti.

Dal 1938 al 1949 (fig. 3) si registra il completamento del collegamento della spiaggia di Grado con la Rotta ad opera del Governo Militare Alleato. Il materasso sabbioso della spiaggia fu prelevato dagli scanni antistanti. Secondo una stima il materiale sabbioso utilizzato doveva aggirarsi, per tutta la nuova spiaggia, attorno ai 90.000 mc (DE GRASSI & DE GRASSI,

1957). I rilievi dell'I.G.M. di quel periodo non aggiornano la posizione e l'estensione del Banco della Mula di Muggia che mantiene la configurazione del 1938. Anche i rilievi immediatamente successivi del 1952 eseguiti dal Magistrato alle Acque di Venezia (DORIGO, 1965) non modificano la posizione e la configurazione del Banco semi sommerso, lasciando alcuni dubbi sulla progressiva traslazione verso Ovest dello stesso. La raffigurazione del territorio in questa carta mostra comunque molte imprecisioni.

Nel periodo postbellico fino ai giorni nostri si realizza la fase esplosiva dello sviluppo urbanistico della città di Grado e del potenziamento delle strutture ricettive e balneari del litorale.

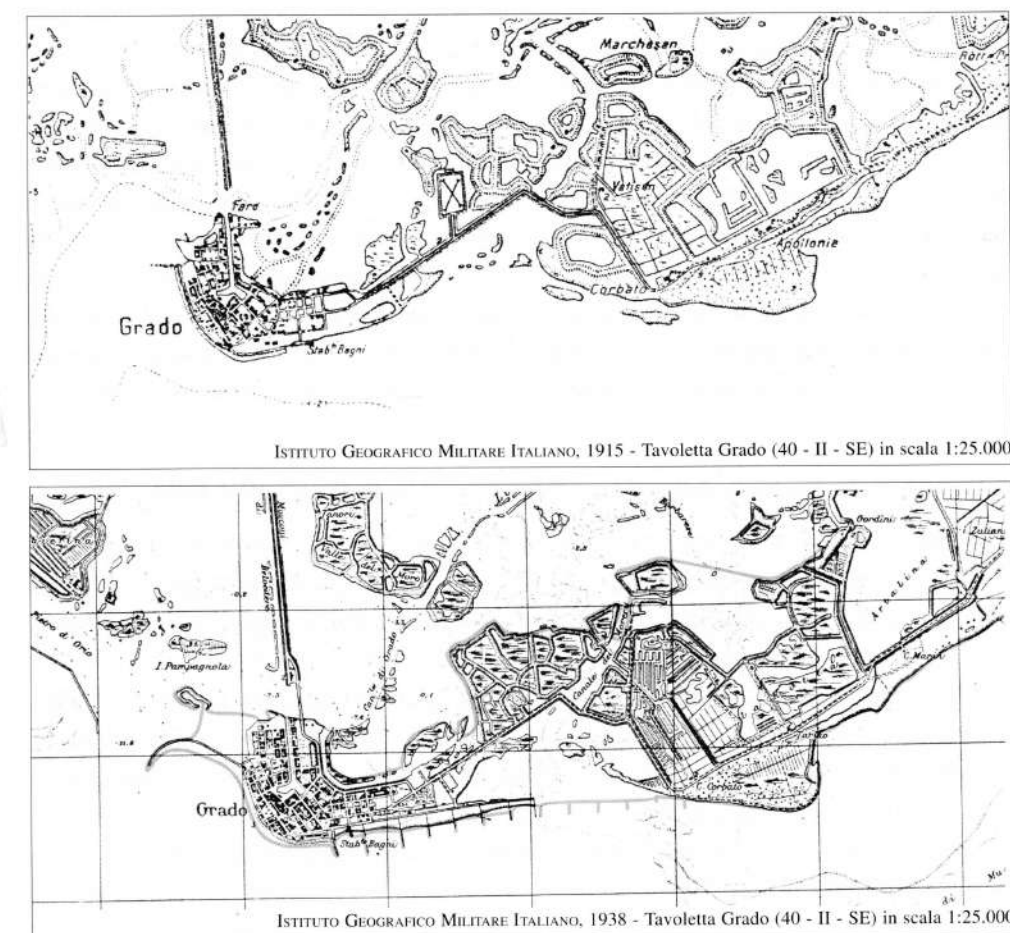


Fig. 3 - Evoluzione del litorale gradese dal 1915 al 1938; in grigio il territorio nel 1949.
- Evolution of the Grado coast from 1915 to 1938; the grey line represents the territory in 1949.

Dai rilievi topografici e batimetrici eseguiti nel 1973-75 dall'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Trieste (BRAMBATI et al., 1982), dallo Studio Volta e dalla Regione Friuli-Venezia Giulia (1978) e da BRAMBATI (1987) emerge che mentre la linea di riva della spiaggia risulta abbastanza stabile, il Banco della Mula di Muggia, nel suo complesso, manifesta un vistoso arretramento ed allungamento verso Ovest e verso Est delle sue ali, fino ad interagire con la parte orientale della spiaggia ad occidente e ad allinearsi alla Bocca di Primero ad oriente. Complessivamente lo spostamento verso Ovest del Banco può essere stimato di circa 1 km (dal 1896-97 al 1985) nella cresta della zona sommitale, e di circa la metà, in quella dell'appendice di ponente. L'arretramento medio è stato di circa 400-500 metri. Risultato pertanto che mentre l'apice semi sommerso del Banco migra verso Ovest con tassi decrescenti dal 1896 al 1985 (rispettivamente 14 metri/anno dal 1896-97 al 1938 contro 8 m/anno dal 1938 al 1985) il protendimento della cresta della freccia del Banco verso la spiaggia di Grado prosegue inesorabilmente con tenori di 5 m/anno con una tendenza all'aumento (anche se contenuto) in questi ultimi anni (6 m/anno dal 1938 al 1985). Se si considerano invece le barre che si diramano dal complesso sabbioso (ben visibili dalle ripetute riprese aerofotogrammetriche della zona), emerge che ormai quasi la metà della spiaggia orientale di Grado viene sormontata, al largo dei pennelli, dagli scanni alimentati dal Banco della Mula. In altri termini si assiste ad una saldatura della spiaggia occidentale al Banco che si realizza con una nuova linea di riva che riprende la configurazione che aveva prima dello sfondamento del Canale dei Moreri. In questa situazione la parte più orientale della spiaggia progressivamente assume caratteri tipici di un litorale protetto, che evolve verso un ambiente protolagunare.

5. Variazioni planimetriche della spiaggia Popolare e di quella Principale dal 1938 al 1985

a) Spiaggia Popolare

Dal confronto dei rilievi planimetrici eseguiti in più anni emerge che dall'atto della costruzione della diga foranea di levante (1934) la spiaggia si è sempre accresciuta con valori di crescita areale e lineare evidenziati in fig. 4 a.

Oggi il rapido insabbiamento dell'arco sembra essersi concluso e la spiaggia emersa tende a stabilizzarsi in funzione della lunghezza del molo guardiano, mentre quella sommersa e in particolare le barre longitudinali, sorpassano la testata della diga di levante, andando ad occludere il canale d'entrata del Porto di Grado.

Da una stima volumetrica la quantità di sabbia imprigionata tra le dighe risulta non inferiore ai 180.000 mc.

b) Spiaggia Principale

Per la spiaggia di levante di Grado si hanno a disposizione una serie di rilievi planimetrici

molto accurati eseguiti in più riprese (1938 e 1952) dal Magistrato alle Acque di Venezia (DORIGO, 1965) e, successivamente, dalla REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA (1978) e da BRAMBATI (1987). Si ricorda che l'intera spiaggia non è "completamente" naturale. Solo una piccola parte (il nucleo occidentale, oggi area V.I.P.) è tale e risale ad epoca storica. Il resto è venuto a costituirsi in più riprese (tra il 1926 e il 1947) attraverso la costruzione della strada - argine di congiungimento alla Rotta e ai successivi ripascimenti con sabbie attinte dagli scanni antistanti (fig. 4 b).

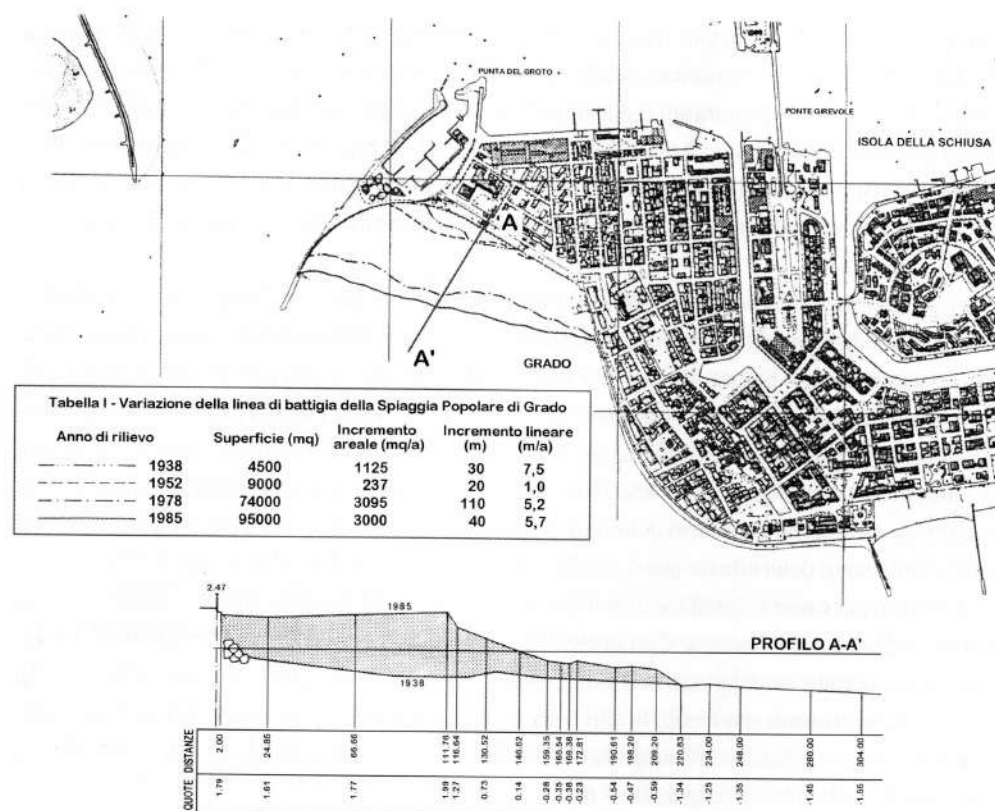
A commento dei valori riportati in tab. II si vuol ricordare che nei primi censimenti la superficie della spiaggia comprendeva anche l'estesa area emersa ubicata a ridosso della Rotta. La quasi totalità delle perdite di superficie dell'arenile registrate in quei periodi (dal 1938 al 1952) sono attribuibili alla variazione planimetrica di quel settore della spiaggia (dal IX al XIII pennello). Diversa situazione si prospetta, invece, a partire dal 1978. In questo caso le variazioni planimetriche dell'arenile sono distribuite abbastanza uniformemente lungo la spiaggia e si realizzano all'interno dei settori delimitati dalle opere trasversali. Queste perdite planimetriche dell'arenile sono determinate quasi sempre da aumenti in volume della spiaggia "alta" che si realizzano o per cause naturali (accumuli per mareggiate) o dal continuo rifluimento artificiale di sabbie dagli scanni antistanti. Ciononostante, soprattutto nel settore occidentale della spiaggia, queste perdite evidenziano una situazione d'erosione in atto che non viene bilanciata dai continui ripinguimenti stagionali. In altri termini in queste zone, seppur difese da lunghi pennelli, si registra un trasferimento di materiale dalla spiaggia emersa ai fondali posti al di là delle testate dei pennelli, su battenti d'acqua di 2-3 metri.

6. Rilievi batimetrici del litorale (anno 1975, 1978 e 1985)

Lungo il litorale di Grado sono stati effettuati, soprattutto in questi ultimi anni, una serie di profili batimetrici riportati in lavori citati in bibliografia (vedi BRAMBATI, CATANI & MAROCCO, 1982; BRAMBATI, CATANI, LENARDON & MAROCCO, 1982; CAROBENE, 1978; Atlante delle spiagge italiane del C.N.R., 1985 e poi REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1978; 1985 e BRAMBATI, 1987). Queste sezioni trasversali alla linea di riva evidenziano, quasi sempre un brusco cambiamento di pendenza che si realizza intorno alla profondità di 2,5-2,6 metri. Qui viene delimitata la zona a elevata dinamicità della spiaggia sottomarina da quella meno mobile e ricoperta da praterie di fanerogame marine che si estende al largo.

La ripetizione dei rilievi nel 1985 ha ulteriormente confermato le tendenze sottolineate e cioè che i litorali sono sottoposti ad un trasferimento di sabbia dalla fascia costiera verso il largo (BRAMBATI, 1987).

L'analisi dell'evoluzione storica dei fondali eseguita attraverso un confronto dei rilievi batimetrici dell'Istituto Idrografico della Marina Italiana (del 1927, aggiornati al 1957) con



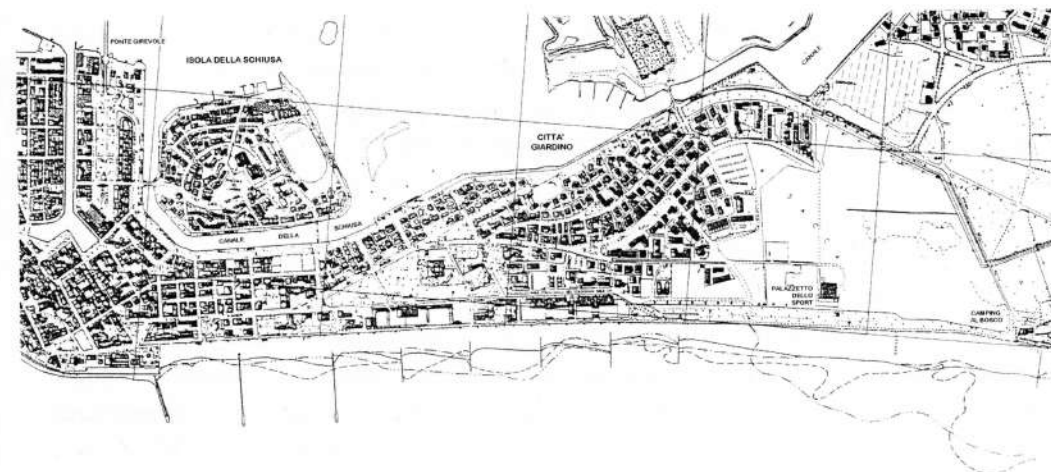
a - Spiaggia Popolare (tab. I e profilo A-A')

Fig. 4 - Variazioni planimetriche delle spiagge di Grado dal 1938 al 1985 (dai tipi della C.T.R. del Friuli-Venezia Giulia, aut. P.T./1259/2.100 in data 26.01.2001).

- *Shoreline changes of Grado Beach from 1938 to 1985.*

quelli del 1985 ha confermato la generale tendenza all'erosione dei fondali del litorale ad eccezione delle aree interessate dall'avanzata del Banco della Mula di Muggia (valori max di accrescimento > 3,5 m). Secondo BRAMBATI (1987), complessivamente l'area di Grado manifesta una perdita di circa 3.329.000 mc su una superficie di 7.340.000 mq (c.a. 0,45 mc/mq di media), mentre nell'area del Banco della Mula di Muggia si registra un aumento dei fondali pari a 2.547.000 mc su una superficie di 2.230.000 mq (c.a. 1,1 mc/mq di media) contro una perdita, appena più ad Est, di 663.250 mc su un'area di 680.000 mq (c.a. 0,9-1,0 mc/mq di media). Sempre secondo l'autore risulta una perdita di 1.445.250 mc su una superficie di 10.250.000 mq (c.a. 0,14 mc/mq di media).

Al fine di verificare la dinamica del litorale che esce da questo studio si sono messe a raffronto le batimetriche del 1985 con quelle eseguite nel 1938 dall'Ufficio Idrografico del



b - Spiaggia Principale di Grado (tab. II)

Magistrato alle Acque di Venezia (DORIGO, 1965). Da quest'ulteriore analisi (fig. 5):

- viene confermata la migrazione del Banco della Mula di Muggia verso Ovest che determina un aumento generalizzato dei fondali ad oriente del litorale;
- viene meglio definito il rapporto tra erosione ed accumulo che si realizza tra la Spiaggia Popolare e il delta sottomarino del Porto di Grado (Fosa);
- viene evidenziata una fascia di ripascimento o accumulo di sedimenti nei fondali che si ubicano attorno alla batimetrica -3 m. Questa zona di accumulo prende origine dal Banco della Mula e si protende fino all'abitato di Grado, senza confluire sul delta della Fosa. La presente situazione è stata ulteriormente accertata sulla base del confronto delle riprese aeree eseguite dal I.G.M. (anni 1954 e 1984). L'insabbiamento dell'area (evidenziato da colori chiari dei fondali) si avverte da riva fino alla profondità di m 3, dove inizia la prateria di *Cymodocea*. Situazione questa non riscontrabile nelle riprese del 1954.

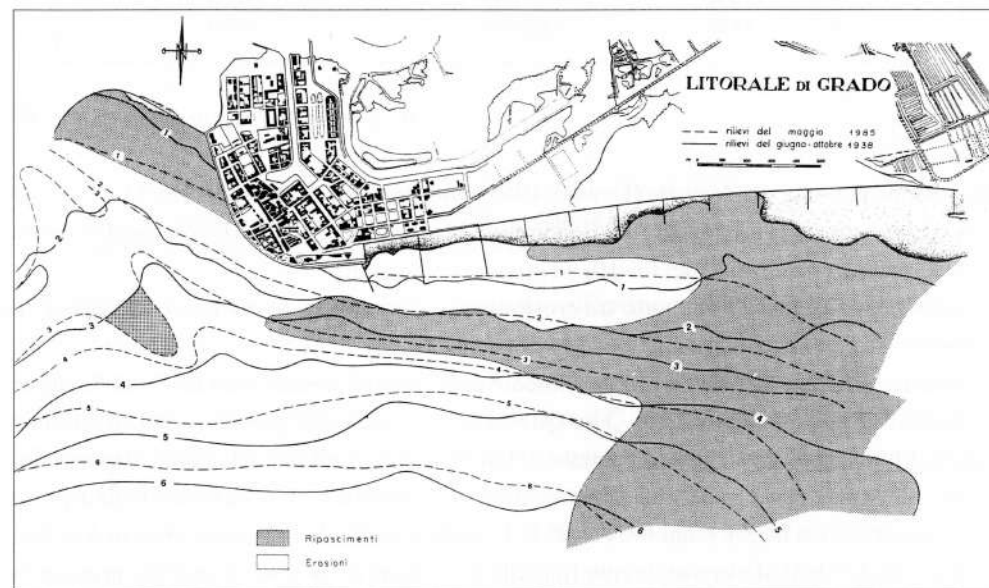
Sulla base di questi dati si deduce che i fondali del litorale gradese, dopo una prima erosione determinata dall'arretramento dell'intero sistema costiero, sono attualmente sogget-

ti ad un'alimentazione laterale determinata da sabbie provenienti dal Banco della Mula di Muggia. Queste sabbie hanno in parte colmato l'ammanto determinato dall'arretramento storico dei fondali alla profondità di m 3, nell'area più esterna della zona a barre e a truogoli, mentre, verso riva e verso mare permane la situazione erosiva.

7. Caratterizzazione morfologica della spiaggia emersa e intertidale

Seguendo il classico metodo descrittivo delle morfologie di un litorale (CAROBENE & BRAMBATI, 1975), gli arenili di Grado, tenuto conto del carattere artificiale o non completamente naturale delle spiagge e prendendo come campione di confronto il profilo naturale dei banchi di sabbia del cordone litorale della laguna, vengono descritti dai seguenti parametri:

- l'ampiezza della spiaggia emersa;
- l'ampiezza della spiaggia intertidale (posta praticamente tra la berma ordinaria e la profondità -0,5 m);
- Lse ovvero il limite superiore della spiaggia emersa;
- Cbo ovvero la cresta della berma ordinaria;



Dai tipi della C.T.R. del Friuli-Venezia Giulia, aut. P.T./1259/2.100 in data 26.01.2001.

Fig. 5 - Variazione dei fondali del litorale di Grado (1938-1985).
- Sea-bed elevation changes of the nearshore zone of Grado Beach during 1938-1985.

- Tbm ovvero il terrazzo di bassa marea o la parte sub orizzontale della spiaggia intertidale che si diparte dalla battigia verso il largo.

I rilievi eseguiti recentemente danno la possibilità di aggiornare le conoscenze sull'aspetto superficiale delle spiagge di Grado. I risultati di questo quadro riassuntivo dei caratteri morfologici delle spiagge vengono riportati in tab. III.

Da questi pochi, ma significativi dati, emerge, al di là delle sensibili variazioni delle quote della spiaggia emersa, una limitata estensione della parte emersa della spiaggia dell'A.P.T. a confronto soprattutto con quella della Costa Azzurra e dei valori medi delle spiagge da Grado a Lignano (m 65).

L'aspetto più evidente dell'arenile è l'incremento progressivo verso Est dell'ampiezza della spiaggia sottomarina. In corrispondenza del Banco della Mula questa assume valori che risultano da 3 a 6 volte superiori di quelli del tratto occidentale. Dalla tabella si può calcolare l'estensione della battigia che risulta dalla differenza dell'ampiezza della spiaggia intertidale con quella del terrazzo di bassa marea. Misure dirette dell'inclinazione della zona di battigia evidenziano valori oscillanti da 5° a 7°, leggermente più bassi di quelli delle spiagge dei Banchi d'Orio e dei Tratauri (7°-15°; BRAMBATI, 1974), ma in media con i valori delle spiagge da Monfalcone a Lignano (7,5°, CAROBENE, 1978). La pendenza della spiaggia emersa risulta essere pari a circa 2° (3%).

8. Caratteristiche meteorologiche del paraggio

Il litorale di Grado presenta un settore di traversia compreso tra 140° e 260° ed è soggetto ai venti foranei che provengono dal I, II, e, parzialmente, dal III Quadrante. Segnatamente è aperto ai mari di Ostro che riceve frontalmente e a quelli di Bora e di Scirocco che riceve da Levante in quanto rifratti in forma diversa rispettivamente dal Banco della Mula e dall'Istria. È interessato, inoltre, dai mari di Libeccio e della Brezza di Mare che riceve da Ponente. Durante l'anno il vento regnante e dominante è quello da ENE (36,1%) con frequenze massime in

Località	Spiaggia emersa		Spiaggia intertidale		Spiaggia A.P.T. Lse Cbo
	Quote (m)	Ampiezza (m)	Tbm (m)	Ampiezza (m)	
Valore massimo	1,96	0,79	72	267	285
Valore minimo	1,70	0,60	35	42	45
Valore medio	1,83	0,70	49	102	117
"Costa Azzurra"	1,79	0,73	130	52	68
Banco dei Tratauri	1,70	1,00	58	17	25

Tab. III - Caratteri geomorfologici descrittivi delle spiagge di Grado.
- Main geomorphological features of the Grado beaches.

ottobre, gennaio e marzo-aprile, al quale seguono con elevate frequenze quelli da Libeccio (15,1%), da Scirocco (11,3%) e da Ostro (6,2%) che spirano essenzialmente nel periodo maggio-giugno.

Secondo gli studi di STRAVISI (in stampa) la frequenza secolare della Bora (direzione NNE, NE, ENE, E) diminuisce progressivamente, anche se mantiene la regnanza, e aumentano i venti del II e III Quadrante (direzione SE, SSE, S, SSW, SW). Questa tendenza che delinea una variazione climatica in atto nella regione, modifica le strategie di difesa del litorale gradese che sono state concepite nel passato per far fronte essenzialmente ai mari orientali. Per il futuro si dovrà provvedere a non lasciare le spiagge sguarnite all'azione dei mari che incidono perpendicolarmente la costa (essenzialmente Scirocco, Ostro e Libeccio).

Le maree presentano massima ampiezza in sizigie (novilunio e plenilunio), con escursione media di cm 86 e minima in quadratura (primo e ultimo quarto), dove assumono carattere diurno e ampiezze medie di cm 22. La circolazione delle acque al largo del litorale è da Est verso Ovest. Le correnti di marea si invertono nel tempo e presentano un'intensità < di 10 cm/s (Stravisi, comunicazione personale).

Misure dirette sul moto ondoso paesano che durante una mareggiata di Scirocco sulla spiaggia dell'A.P.T. si sono registrate altezze d'onda di 1,45 m (max) e di 1,00 m (min), con lunghezze di 15 m e periodo 7 s (MAROCCO, 1972; tesi di laurea compendiate in BRAMBATI, 1974). Sempre dalle osservazioni dello scrivente risulta che con vento medio di Bora l'altezza d'onda è di circa 0,2-0,3 m, la lunghezza 10 m e il periodo di circa 6 s (in BRAMBATI et al., 1998).

Nel suo recente studio sui litorali della Regione, BRAMBATI (1987) stima l'entità del trasporto potenziale lungo riva attorno a 25-60.000 mc/anno verso Ovest. Questo valore rientra nella media del trasporto solido potenziale calcolato per le coste della Regione Emilia-Romagna (IDROSER, 1981). Si può valutare, invece, in 8-20.000 mc/anno sempre verso Ovest, il trasporto effettivo in quanto i valori teorici vanno in pratica diminuiti di 1/3 per riportarsi alle condizioni meteorologiche delle spiagge adriatiche (Brambati, comunicazione personale).

Le indagini svolte dallo stesso autore per definire l'incidenza del trasporto trasversale (offshore-inshore) che assume per la Spiaggia Principale particolare importanza, hanno dimostrato una prevalenza di trasporto onshore soprattutto per mare poco mosso (piccole onde con $h < 0,5$ m). Emerge chiaramente, pertanto, che con le mareggiate di Scirocco si realizza una prevalente asportazione della sabbia dagli scanni e dalla spiaggia emersa e una sedimentazione nella zona compresa tra i 2 e i 3 metri. Questi dati concordano con quanto appurato sulla base del confronto dei rilievi batimetrici ("storici" o a lungo termine) e cioè il trasferimento delle sabbie dalla fascia costiera alle profondità di m 3. Rimane da verificare se, una volta trasferite al largo, queste sabbie vengono restituite o meno alla spiaggia.

9. Le opere di difesa dell'arenile

La spiaggia Principale di Grado viene difesa da una serie di pennelli (12, per la precisione) impermeabili, di costruzione e dimensioni diverse. Queste opere si sono venute ad accumulare in un lasso di tempo di circa 90 anni e assolvevano a funzioni di stabilizzazione del litorale e a sbarramento del trasporto lungo riva di sabbie provenienti essenzialmente da Levante. I primi pennelli, più vecchi e ubicati nel tratto storico della spiaggia, sono stati costruiti o da pietrame di scogliera contenuto da un rivestimento di calcestruzzo (I pennello, lunghezza 80 metri) o da un nucleo di calcestruzzo a sezione trapezoidale che poggia su pali. Su questi ultimi pennelli è stata eseguita, recentemente (anni '50), una sopraelevazione di circa m 1 (II e III pennello, lunghezza m 180 ca.). Le opere di difesa più orientali sono state costruite su pali a gargame in cemento armato collegati da tavoloni dello stesso materiale. Le lunghezze di questi pennelli variano da 130 a 70 metri ca., con spaziature costantemente attorno ai 200 metri. Oltre a queste difese trasversali la spiaggia è delimitata da un muretto che corre lungo tutto l'arenile (ca. m 2400).

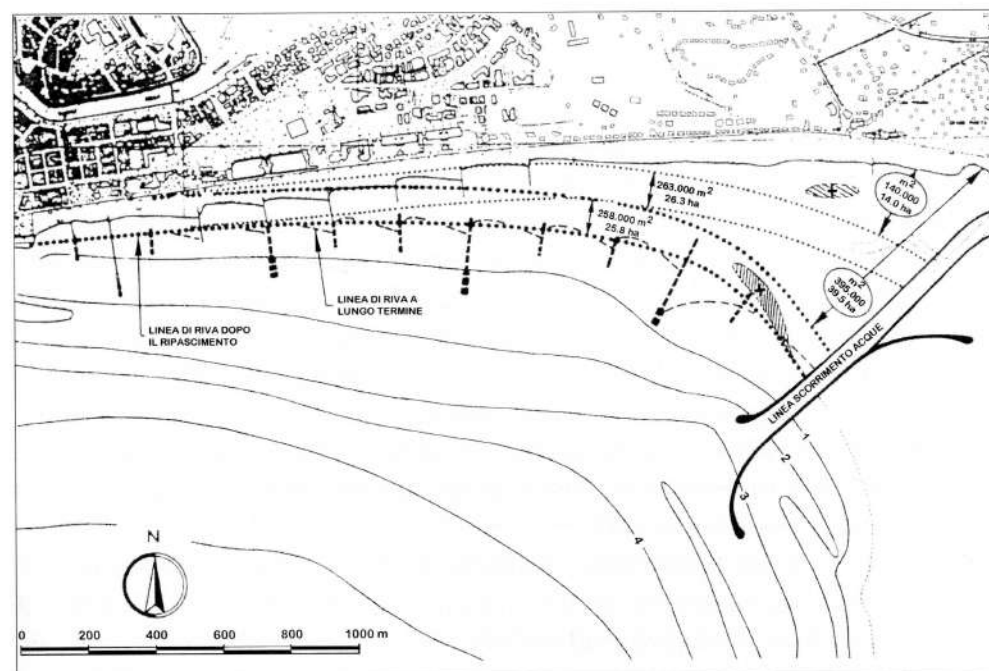
Complessivamente l'intero settore costiero gestito dall'A.P.T. di Grado e Aquileia presenta un rapporto estensione opere di difesa/sviluppo dell'arenile di 1,57, uno dei livelli più bassi delle spiagge italiane (rapporto variabile da 1,5-2,0). Ciononostante un insieme di indicatori ambientali (basse profondità, presenza di fango all'interno delle celle tra pennelli, ricchezza di malacofauna di ambiente protetto, ecc.) stanno ad indicare una condizione di stabilizzazione forzata ("ingessatura") che mal si addice ad una spiaggia che dovrebbe rappresentare l'ambiente litorale soggetto a variazioni naturali per antonomasia. Inoltre, il progressivo movimento del Banco della Mula di Muggia al largo dei pennelli orientali determina una formazione di un'area protolagunare (o di "lama") tra la battigia e gli scanni antistanti, determinando un disagio ai bagnanti che per raggiungere acque profonde devono percorrere centinaia di metri a piedi in acque basse.

Stante questa situazione e pur riconoscendo una discreta funzionalità del sistema (almeno per il passato), un futuro risanamento della spiaggia dovrà prevedere la creazione di una nuova linea di riva che si raccordi con il Banco della Mula di Muggia, secondo l'ipotesi di massima prospettata da BRAMBATI (1987, fig. 6).

10. Monitoraggio sulla Spiaggia Principale

Nel luglio del 1997, in condizioni di mare calmo e in assenza di vento, sono stati eseguiti 4 profili topo-batimetrici (5 G, 6 G, 7 G e 8 G di fig. 7 a) nel settore occidentale e centrale della Spiaggia Principale del A.P.T. di Grado e Aquileia.

Il confronto tra la situazione dell'arenile e dei fondali del 1985-1997 mette chiaramente in evidenza le variazioni planimetriche (tab. IV; fig. 7 b) e volumetriche (tab. V) avvenute in



Dai tipi della C.T.R. del Friuli-Venezia Giulia, aut. P.T./1259/2.100 in data 26.01.2001.

Fig. 6 - Ipotesi di intervento sulla Spiaggia Principale di Grado (da BRAMBATI, 1987).
- *Work plain on the Spiaggia Principale of Grado (after BRAMBATI, 1987).*

questo lasso di tempo sia nella parte emersa e intertidale della spiaggia che lungo la spiaggia sottomarina (fino alla batimetrica -5 m).

Si avvertono, innanzi tutto, cospicui asporti di sabbie su una vasta area posta a cavallo delle isobate -2, -3 m e precisamente, da -3 a -5 m e da -2 a -1 m circa di profondità. Queste perdite non vengono compensate dai locali accrescimenti dei fondali posti alle profondità di 2-3 m che si registrano in continuità dal Banco della Mula di Muggia al I pennello della spiaggia (fig. 7b). Vengono pertanto confermate e meglio definite le tendenze evolutive dei fondali messe in evidenza dall'analisi del litorale dal 1938 al 1985. Emerge, inoltre, nell'ambito di questo trend regionale, una tendenza alla compensazione delle perdite in volume o addirittura all'innalzamento dei fondali, registrabile nel tratto centrale dell'area indagata (sezz. 6 e 7 G), mentre alle estremità divengono pesanti le perdite. Questa tendenza viene resa ancora più evidente se si prendono in considerazione i rilievi del settore più orientale della spiaggia (Comune di Grado, indagini condotte nell'ambito del progetto di sistemazione idraulica dell'area di Punta Barbacale, Grado Pineta, 1997).

Dai profili di spiaggia sottomarina si evince in modo chiaro l'accentuarsi dell'andamento convesso dei fondali tra 2 e 3 metri, già riscontrato nelle indagini precedenti, ma registrabile

oggi in maniera palese anche in conseguenza dell'approfondimento dei fondali soprattutto alle maggiori batimetriche.

Sulla spiaggia emersa e intertidale, invece, si riscontra una tendenza all'aumento nella parte alta della spiaggia emersa (quella a ridosso del muretto di contenimento) e in quella intertidale (zona di battigia e terrazzo di bassa marea) a discapito della spiaggia intermedia. Spicca comunque il valore anomalo di incremento del materasso sabbioso in corrispondenza della sez 5 G (settore della prima entrata della spiaggia), soggetta annualmente a vistosi riporti di sabbie attinte dalle aree più orientali.

Complessivamente, in un tratto di spiaggia di ca. 1140 metri si sono verificate perdite volumetriche in corrispondenza del settore orientale della spiaggia non bilanciate dagli incrementi del settore occidentale (determinati soprattutto dai rifluimenti artificiali).

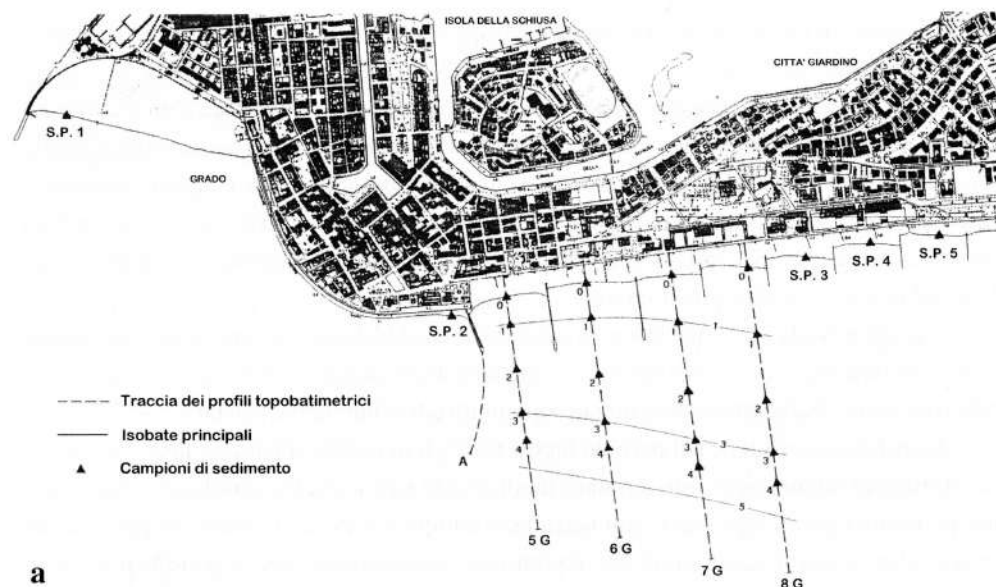
In un bilancio globale nel periodo luglio 1987 - luglio 1997 mentre la spiaggia emersa ed intertidale hanno registrato aumenti medi di 225 mc/a, quella sottomarina ha subito una perdita media di 796 mc/a, con un deficit complessivo di 571 mc/a. Si precisa che questi valori in perdita aumentano se si prendono in considerazione le sezioni più orientali della spiaggia (a ridosso del Banco della Mula di Muggia) arrivando a deficit medi stimabili attorno ai 1000 mc/a, che sono comunque di molto inferiori di quelli calcolati teoricamente (8-20.000 mc/a), anche se questi ultimi sono riferiti ad un tratto più ampio di litorale.

Profili	Spiaggia emersa ed Intertidale	Spiaggia sottomarina	Totale
5 G	+34,8	-21,3	+13,5
6 G	-4,3	+8,1	+3,8
7 G	-9,4	-3,2	-12,6
8 G	-6,2	-21,4	-27,6

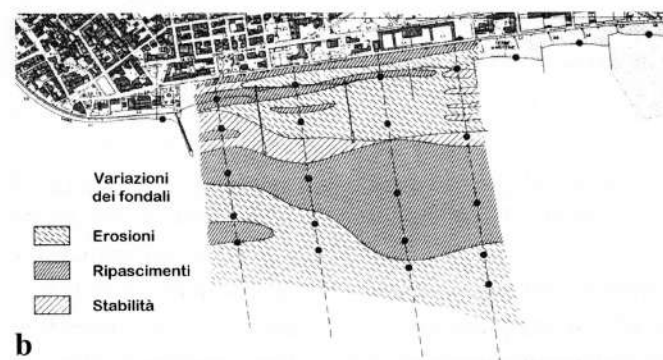
Tab. IV - Variazioni in mq registrate lungo i profili trasversali alla Spiaggia Principale di Grado dal maggio del 1985 al luglio 1997.
- *Planimetric variations (m²) of beach profiles of the Spiaggia Principale during May 1985-July 1997.*

Profili	Spiaggia emersa ed intertidale	Spiaggia sottomarina	Totale
5 G	+7650	-4700	+2950
6 G	-1000	+1900	+900
7 G	-2200	-750	-2950
8 G	-1750	-6000	-7750
Totale	+2700	-9550	-6850
Media (mc/a)	+225	-796	-571

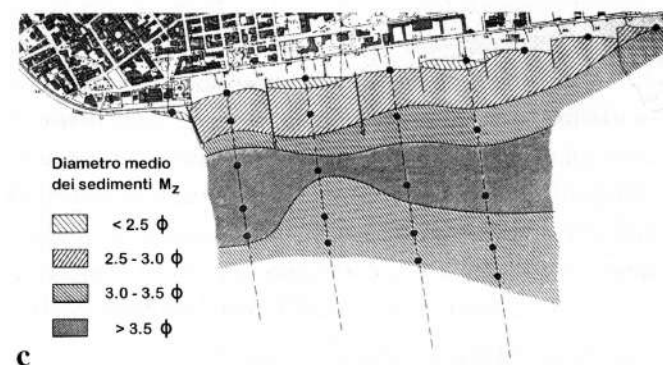
Tab. V - Variazioni volumetriche (in mc) lungo i 1140 m di spiaggia in esame.
- *Total volume variations (m³) of the 1140 m-long Spiaggia Principale beach.*



a



b



c

Dai tipi della C.T.R. del Friuli-Venezia Giulia, aut. P.T./1259/2.100 in data 26.01.2001.

Fig. 7 - Spiaggia Principale di Grado:
- Spiaggia Principale of Grado:
a) Traccia dei profili topo-batimetrici;
Location of the profiles and sampling stations;
b) Variazione dei fondali (1985-1997);
Sea-bed changes (1985-1997);
c) Distribuzione del diametro medio dei sedimenti.
Distribution of mean grain-size.

Contemporaneamente, sulla battigia della spiaggia e in corrispondenza alle profondità di 1, 2, 3 e 4 metri delle sezioni batimetriche, oltre che lungo le linee di riva ad Est e ad Ovest del tratto di spiaggia indagato, sono stati raccolti campioni di sedimento (fig. 7 a) su cui eseguire analisi granulometriche con il metodo sedigrafo-bilancia di sedimentazione. Per queste analisi i parametri statistici elementari dei sedimenti (diametro medio, classazione, asimmetria e appuntimento) sono stati calcolati con il metodo proposto da FOLK & WARD (1957). Il calcolo teorico della quantità di sabbia eventualmente necessario per il ripascimento della spiaggia è stato effettuato secondo le metodiche del COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER (1977). Nella fig. 7 c e nelle tabelle che seguono sono riassunti i principali risultati di queste analisi.

Viene ancora una volta palesata la tendenza alla diminuzione delle dimensioni medie e della classazione dei sedimenti procedendo dalla battigia verso il largo. Questa tendenza, che è una regola generale per i litorali, viene nell'area gradese mascherata dai valori granulometrici dei sedimenti posti alla profondità di -2 m, e, in parte, di -3 m. Qui, infatti, si rinvenivano elevate percentuali di silt (e relativamente di argilla) che determinano un peggioramento dei parametri tipici dei depositi di spiaggia. Anche l'analisi modale dei sedimenti mostra alle profondità prima indicate una bimodalità dei depositi determinata da una commistione di materiali siltosi (che si muovono e vengono depositi generalmente da una sospensione uniforme) e di sabbie medio-fini (deposte da una sospensione gradata originata dall'azione del moto ondoso).

A confronto della situazione antecedente, relativa all'anno 1985 (BRAMBATI, 1987), si avverte l'arrivo in spiaggia di sedimenti pelitico-siltosi. La distribuzione areale del diametro medio dei depositi della spiaggia sottomarina (fig. 7 c) analizzata al fine di definire meglio la presenza e, ipoteticamente, la provenienza di questi sedimenti mostra una continuità longitudinale di sedimenti fini alle profondità di 2-3 metri del tratto di spiaggia considerato. Un'analisi più dettagliata (distribuzione della frazione siltosa e della sua modalità) permette di riconoscere la presenza discontinua (a macchia di leopardo) di questi depositi provenienti da Est. Considerato il tipo di distribuzione e l'assenza di dati inerenti al litorale ad Ovest dell'area in analisi non si può escludere una provenienza di questi sedimenti anche da input da aree occidentali oppure dall'erosione della spiaggia intertidale adiacente (e questo soprattutto per i fondali antistanti al I pennello della spiaggia). Resta il fatto che questi sedimenti leggermente più fini di quelli ritenuti tipici dell'area trovano nell'ambito del litorale indagato le condizioni ambientali per sedimentare e per accumularsi. Non è dato sapere se questa presenza di materiali fini sia occasionale (determinata da particolari condizioni stagionali) o, invece, stabile nel tempo e, quindi, definitiva.

Mettendo ora in relazione gli accumuli e le perdite accertati sui fondali e i caratteri

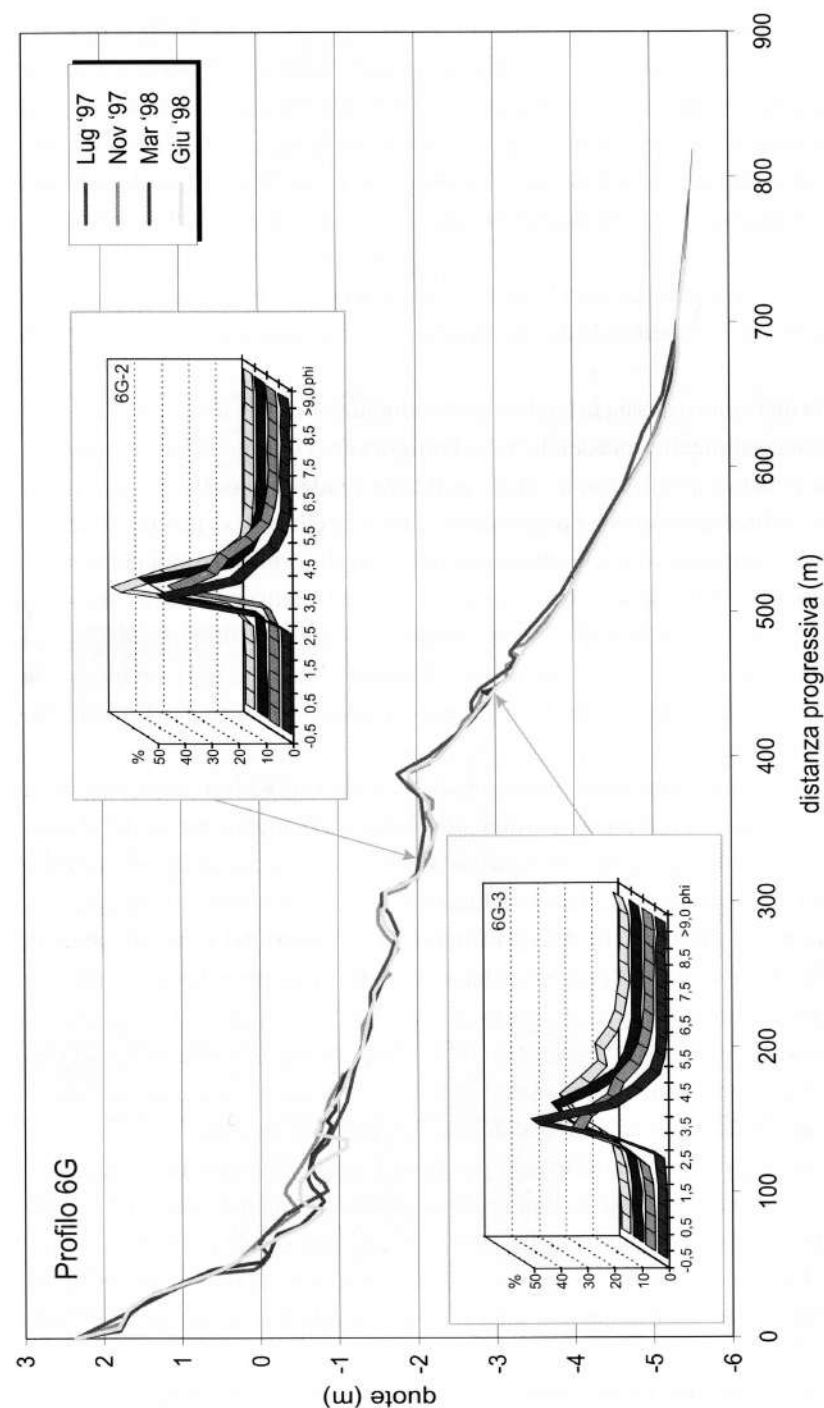


Fig. 8 - Spiaggia Principale di Grado. Variazioni stagionali del profilo di spiaggia e dei sedimenti nell'arco luglio 1997-giugno 1998.
- *Spiaggia Principale of Grado. Seasonal changes in beach profile and sediments during July 1997-June 1998.*

tessiture degli stessi, si arriva alla conclusione che i nuovi apporti di materiali al litorale sono determinati da sedimenti leggermente più fini di quelli rinvenuti negli antecedenti rilievi. In altri termini, si assiste ad una perdita in volume dei fondali che viene solo in minima parte bilanciata da nuovi arrivi di materiale che avviene essenzialmente alla profondità di 2-3 metri e che fa assumere al profilo di spiaggia una classica forma convessa. E i nuovi sedimenti sono leggermente più fini di quelli precedenti.

11. Variazioni della spiaggia su scala stagionale

Dopo le mareggiate di Scirocco e Libeccio del mese di ottobre del 1997, quelle di Bora del marzo del 1998 e dopo un periodo di calma del giugno 1998 sono stati ripetuti i rilievi topografici e batimetrici di due profili del tratto più occidentale della spiaggia. Contemporaneamente sono stati campionati i sedimenti del fondale marino posto alle profondità di 2-3 metri e, a completamento dell'indagine già eseguita nei mesi precedenti sono stati prelevati ulteriori campioni di sedimento in corrispondenza del Banco della Mula di Muggia e dell'imboccatura del Canale di Grado (Fosa).

a) Ripetizione dei rilievi topo-batimetrici

I rilievi, restituiti in fig. 8, evidenziano leggere modificazioni della morfologia dei fondali con limitate variazioni planimetriche lungo le sezioni di spiaggia. L'entità di queste variazioni rientra in buona parte nell'ambito dell'incertezza del sistema di rilievo adottato. La situazione registrata risulta, comunque, sensibilmente diversa da quella appurata dal confronto degli stessi profili su scala pluriennale. In sintesi, sulla base della ripetizione stagionale dei profili di spiaggia emerge:

- l'incidenza delle mareggiate nella modificazione del profilo di spiaggia. In particolare, le mareggiate di Scirocco e Bora del periodo invernale determinano un'erosione dei fondali

Campione	Diametro medio F	Classazione F	Sabbia %	Silt %	Argilla %
Battigia	2,5	0,44	99,8	0,2	/
-1 m	3,1	0,45	94,9	4,9	0,2
-2 m	3,8	0,78	71,5	27,0	1,5
-3 m	3,4	0,71	85,5	13,6	0,9
-4 m	3,2	1,16	83,7	14,3	2,0

Tab. VI - Valori medi dei parametri statistici e delle percentuali in sabbia, silt e argilla dei sedimenti distinti per profondità.

- *Grain-size statistics and sand-silt-clay contents of sediments (average values for different depths).*

della spiaggia sottomarina, una diversa distribuzione delle barre verso terra e un'erosione della spiaggia intertidale ed emersa;

- un ripascimento e parziale recupero di materiale durante il periodo estivo;
- una dinamicità della spiaggia nella zona che si estende dalla battigia fino alla profondità di circa 2 metri.

In termini di bilancio quantitativo annuale la spiaggia ha registrato un leggero deficit con perdite in periodo invernale che vengono solo in parte compensate da nuovi arrivi nel periodo estivo. Questa situazione risulta in contro tendenza rispetto al trend pluriennale che vede complessivamente il settore più occidentale della Spiaggia Principale (5 G e 6 G) in leggero aumento, mentre quello più orientale (7 G e 8 G) in perdita. E questo anche se quest'ultimo tratto di spiaggia beneficia dei contributi trasversali dei sedimenti provenienti dal Banco della Mula di Muggia.

b) Variazioni delle praterie di *Cymodocea*

I rilievi ecografici eseguiti lungo i profili della spiaggia campione nel luglio del 1997 mostrano chiaramente la presenza di un rigoglioso *Cymodoceto* che si sviluppa in modo discontinuo, con una configurazione a "macchia di leopardo", a partire dalle profondità di m 2,5 (5 G) e m 1,8 (6 G), fino, rispettivamente, a 3,5 e 3,2 metri per poi assumere un carattere continuo fino a circa -6 m. Nell'area di presenza discontinua di questa prateria marina si rileva

Profilo/tratto di spiaggia	Novembre 1997	Marzo 1998	Giugno 1998
5 G Spiaggia emersa ed intertidale	- 8,6	- 1,5	+ 4,8
Spiaggia sottomarina	- 83,7	+ 4,8	+ 48,3
Totale	- 92,3	+ 3,3	+ 53,1
6 G Spiaggia emersa ed intertidale	+ 8,8	- 2,5	+ 4,0
Spiaggia sottomarina	- 21,5	- 17,0	- 0,9
Totale	- 12,7	- 19,5	+ 3,1

Tab. VII- Variazioni planimetriche stagionali (in mq) dei profili di spiaggia 5 G e 6 G. I valori sono stati calcolati rispetto alla situazione precedente (a partire dal luglio 1997).

- Seasonal variations (m²) of 5 G and 6 G profiles (observations begin in July 1997).

Profilo	Anni	Spiaggia emersa ed intertidale	Spiaggia sottomarina	Totale
5 G	1985-97	+ 34,8	- 31,3	+ 13,5
5 G	1997-98	- 5,3	- 30,6	- 35,9
6 G	1985-97	- 4,3	+ 8,1	+ 3,8
6 G	1997-98	+ 10,3	- 39,4	- 29,1

Tab. VIII- Variazioni planimetriche (in mq) registrate su scala annuale e pluriennale lungo i profili di spiaggia 5 G e 6 G.

- Pluriannual and annual planimetric variations (m²) of 5 G and 6 G profiles of the Spiaggia Principale beach.

che ciuffi di vegetali si posizionano regolarmente al piede verso mare delle barre sabbiose e non sono mai presenti in cresta delle barre o lungo il loro versante verso spiaggia.

La ripetizione stagionale dei rilievi ha palesato che questi areali vegetali mantengono la loro posizione anche dopo le più violente mareggiate invernali, quando notevoli quantità di foglie vengono strappate e spiaggiate e quando, d'altro canto, si registrano sensibili approfondimenti dei fondali. Questa appurata stabilità della prateria di *Cymodocea* nel tempo, si realizza con una diminuzione della chioma della vegetazione sottomarina durante il periodo invernale e una ricrescita rigogliosa e regolare in periodo estivo.

In conclusione, la presenza della prateria sottomarina sui fondali antistanti la Spiaggia Principale, la profondità decrescente del suo limite interno (verso spiaggia) procedendo verso oriente, l'accertata stabilità della stessa in condizioni di ondatazione estreme registrate nell'anno, fanno ritenere che questi vegetali esercitino una notevole azione di smorzamento - filtro all'azione del moto ondoso (soprattutto con le chiome della prateria) e di ostacolo alla mobilitazione e all'erosione dei sedimenti al fondo (consolidamento dei fondali con i rizomi). Questi processi combinati, probabilmente, sono contemporaneamente la causa e l'effetto della relativa stabilità delle barre e delle contenute perdite di sedimento dai fondali registrate nell'area in esame. Si fa presente che nelle aree non vegetate dell'Alto Adriatico le barre sono notevolmente più mobili rispetto a quelle investigate dalla presente ricerca.

c) Variazione dei caratteri granulometrici della spiaggia sottomarina

Dalle analisi precedenti emerge che i sedimenti posti alle profondità di -2 e -3 metri sono quelli che maggiormente risentono delle modificazioni dei fondali a seguito dell'azione delle mareggiate. Nella tab. IX e nella fig. 8 vengono evidenziate le variazioni dei contenuti in sabbia, silt e argilla nei sedimenti registrate dopo le mareggiate e un periodo di calma in un lasso di tempo compreso fra luglio 1997 e giugno 1998.

Ne esce una leggera variazione dei contenuti dei componenti principali dei sedimenti

Profilo - Profondità	Luglio 1997			Novembre 1997			Marzo 1998			Giugno 1998		
	S	Si	A	S	Si	A	S	Si	A	S	Si	A
5G - 2 m	58,2	39,2	1,9	80,6	18,7	0,6	92,5	6,7	0,8	79,8	18,5	1,7
5G - 3 m	65,7	32,4	3,2	81,4	17,4	1,2	88,7	10,4	0,9	74,0	23,0	3,0
6G - 2 m	85,5	13,7	0,9	86,2	13,3	0,5	93,6	5,7	0,7	97,7	1,9	0,4
6G - 3 m	90,9	8,5	0,6	83,8	15,4	0,8	89,1	9,7	1,3	73,8	23,7	2,5

Tab. IX- Variazioni delle percentuali di sabbia (S), silt (Si) e argilla (A) dei sedimenti ubicati alle profondità di -2 e -3 m dal luglio 1997 al giugno 1998.

- Sand (S) - silt (Si) - clay (A) content variations occurred in the nearshore (-2 and -3 m) area during July 1997-June 1998.

(sabbia, silt e argilla) nei fondali del profilo di spiaggia 6 G che diviene macroscopica nel profilo 5 G. Qui si assiste, in entrambe le profondità indagate, ad un incremento progressivo dei tenori di sabbia (e un decremento complementare dei tenori di silt e argilla) da luglio a marzo, a cui segue un decremento nel periodo di giugno senza però ritornare ai valori della stagione precedente. Questa regola si riscontra solo parzialmente in corrispondenza del profilo 6 G (profondità -2 m) dove si assiste ad un crescendo continuo dei tenori di sabbia, mentre a -3 m la variazione del contenuto di sabbia nei sedimenti è relativamente modesta nel periodo luglio 97 - marzo 98 e mostra una diminuzione sensibile in giugno. Questi andamenti, seppure con le eccezioni prima definite, indicano che durante il periodo invernale i sedimenti posti a ridosso della spiaggia vengono privati della frazione dimensionale più fine. Il fondale, quindi, diviene più grossolano e si pone in equilibrio con le condizioni di ondazione tipiche di questo periodo. Situazione opposta si registra durante i mesi estivi. Sedimenti sempre più fini si depositano in vicinanza della linea di riva in conseguenza della condizioni più calme del mare che risente essenzialmente del regime di Brezza.

Nella sezione 5 G si registra nel mese di luglio e parzialmente novembre 1997 la tendenza dei sedimenti posti a profondità di -2 m ad assumere contenuti di sabbia minori e di silt maggiori rispetto alla profondità più elevata. Al momento non si può escludere che i valori "anomali" di silt riscontrati sotto riva dipendano dai rifluimenti che regolarmente vengono eseguiti lungo l'estremità occidentale della spiaggia nel periodo invernale - primaverile. Come si vedrà in seguito i materiali riversati su questo tratto di spiaggia sono più fini di quelli naturali e quindi instabili.

12. Considerazioni conclusive

La situazione attuale dei caratteri morfologici e sedimentologici della Spiaggia Principale di Grado, inquadrata nell'ambito del trend evolutivo del paraggio permette ora di delineare alcune linee guida generali da perseguire al fine di migliorare le condizioni dell'arenile.

- Sulla base dell'analisi storica e recente del litorale si è constatato che il tratto sottomarino della Spiaggia Principale è soggetto ad una alimentazione laterale di sabbie provenienti dal Banco della Mula di Muggia. Questi apporti interessano esclusivamente le profondità di 2 e 3 m mentre la parte rimanente registra un deficit di sedimenti valutato complessivamente, dal 1985 al 1987, attorno ai 571 mc/a. Questi nuovi apporti si accompagnano ad un sempre più vistoso protendimento della cresta e delle barre del Banco della Mula di Muggia verso Ovest. L'avanzamento della sua sommità semi sommersa viene stimato attorno ai 5 m/a, mentre il complesso sistema di barre che prende origine da esso presenta un tasso di avanzamento di difficile misurazione, ma

che è presumibilmente più elevato di quello della sua cresta. Ormai la situazione è tale che si assiste ad una saldatura degli scanni, alimentati dal Banco, al tratto centrale della spiaggia (ad Est del III pennello) secondo una direzione di provenienza ESE - WNW. Ciò comporta:

- una diversa orientazione della spiaggia reale rispetto a quella attuale che rimane progressivamente più arretrata rispetto alla prima procedendo verso Est;
- un progressivo deterioramento dell'arenile orientale della spiaggia (area compresa tra la linea di riva reale e quella attuale) che assume sempre più l'aspetto di una zona protetta simile ad un ambiente di "protolaguna" o di "lama".

- I rilievi batimetrici e topografici eseguiti con cadenza stagionale e dopo le perturbazioni marine più importanti dell'anno 1997-98 hanno evidenziato che il litorale è soggetto ad un ciclo erosivo invernale e ad uno di accrescimento estivo. Durante il ciclo invernale la spiaggia è condizionata dalla frequenza e dall'intensità delle mareggiate; viene sottoposta a prevalente erosione, con locali accrescimenti individuabili soprattutto lungo il suo tratto intertidale e determinati da movimenti delle barre. Durante il ciclo estivo, invece, risente delle condizioni di mare relativamente calmo ed è soggetta ad un generale ripascimento a compensazione parziale dell'erosione invernale. In estate, quindi, si registra la tendenza a riportare la situazione del litorale alle condizioni iniziali.

In termini di puro e semplice bilancio volumetrico dei materiali in gioco nell'arco del luglio 1997 - giugno 1998 l'incidenza del ciclo invernale è stata lievemente superiore a quella del ciclo estivo, determinando una leggera perdita di sedimenti. Si fa presente che l'area investigata (zona V.I.P.) è delimitata lateralmente da lunghi pennelli che ostacolano l'arrivo di nuovo materiale lungo riva sia da Est che da Ovest, mentre accentuano il trasporto perpendicolare (offshore - inshore).

Sotto il profilo sedimentologico si registra una regolare variazione ciclica dei sedimenti alle profondità di 2 e 3 metri con una spiccata tendenza all'aumento della frazione sabbiosa in periodo invernale e una leggera perdita a beneficio della frazione più fine in periodo estivo. Da notare che rifluimenti di sabbie più fini di quelle naturali possono essere la causa di "anomali" tenori di silt riscontrati alle profondità di 2 e 3 metri di fronte all'area V.I.P. della Spiaggia Principale.

13. Ipotesi di risanamento dell'arenile

Il degrado dell'arenile della Spiaggia Principale di Grado, la congenita carenza di sabbia nel tratto occidentale e la relativa abbondanza in quello orientale (zona intertidale), la presenza di fango tra i vecchi pennelli, l'approfondimento dei fondali marini e il progressivo avanzamento del Banco della Mula di Muggia verso Ovest rendono urgente l'esecuzione di

una serie di interventi finalizzati al recupero, ampliamento e alla stabilizzazione del litorale. La presenza a levante ed a ponente, a relativa breve distanza della spiaggia, di cave di sabbia passibili di utilizzazione a fine di ripascimenti artificiali dell'arenile rendono questa tipologia di intervento la più efficace ed appropriata per la particolare situazione in cui versa l'area costiera gradese. I fattori di valutazione che spingono verso questa soluzione sono essenzialmente legati, da un lato, alla possibilità di un mantenimento e di un potenziamento delle caratteristiche naturali, paesaggistiche e ricreative della spiaggia che sono state la specificità di questo arenile dell'Alto Adriatico e, dall'altro, alla necessità di equilibrare una situazione che si sta evolvendo in modo negativo per la Spiaggia Principale di Grado e contemporaneamente determina eccessivi accumuli di sabbie su alcuni tratti di litorale. Rimane superfluo sottolineare che qualsiasi intervento su questo arenile deve tenere dovutamente conto dei programmati lavori di miglioramento della circolazione delle acque e di recupero della spiaggia di Punta Barbacale ad Est e dei programmati lavori di scavo del canale di accesso al Porto di Grado ad Ovest che dovrebbero fornire circa 300.000 mc di materiali passibili di utilizzo per i dovuti ripascimenti.

Viene pertanto ribadita la necessità di un coordinamento degli interventi nell'ambito dell'unità fisiografica che si estende da Porto Primiero a Grado al fine di scongiurare l'eventualità che il miglioramento di una parte del litorale venga eseguito a parziale, temporaneo o duraturo discapito della rimanente. È auspicabile pertanto che qualsiasi intervento si voglia eseguire sulla Spiaggia Principale tenga conto anche della situazione attuale del Banco della Mula di Muggia e della sua spiaggia interna, di quella della Spiaggia Popolare e della condizione di continuo interrimento del canale del Porto di Grado (Fosa).

Per quanto attiene alla soluzione individuata ovvero al ripristino del materasso sabbioso dell'arenile della Spiaggia Principale attraverso il rifluimento artificiale di sabbie di dovuta granulometria si fa presente che questo metodo oltrechè essere uno dei rimedi oggi maggiormente adottati per la protezione e la ricostruzione degli arenili in gran parte del mondo (esempi eclatanti si trovano sui lidi di Venezia con 6.000.000 di mc di sabbia rifluita) è quello che offre la possibilità di ridisegnare l'intero paraggio con soluzioni che non travolgono l'aspetto naturale della costa e che possono essere effettuate in tempi relativamente brevi. E questo senza dover ricorrere alla costruzione di opere di difesa rigide (scogliere, pennelli, ecc) che hanno un funzionamento ottimale con determinate condizioni d'onda e possono risultare inadeguate o addirittura dannose in altre situazioni meteomarine. Oltretutto, queste opere rigide permangono quasi sempre per lungo tempo sul litorali determinando disagi alla balneazione e un pessimo impatto visivo sulla spiaggia. L'impiego di sabbie di opportuna granulometria da aggiungere a quelle di spiaggia a fini di difesa del litorale ottempera così ai requisiti di rispetto ambientale che dovrebbe essere l'elemento guida nella gestione degli spazi costieri deputati al ristoro, alla cura e alla balneazione.

Questo metodo offre anche alcuni vantaggi economici (in termini di spesa - beneficio) data la vicinanza di cave di prestito, rappresentate dal Banco della Mula di Muggia ad Est e dal sistema arenile della Spiaggia Popolare - delta inlet della Bocca lagunare di Grado ad Ovest.

Affinché questo metodo abbia successo abbisogna:

- di una quantità di sabbie di opportuna granulometria;
- di opere di contenimento del materasso sabbioso rifluito;
- di opportune difese stagionali per evitare l'erosione eolica;
- di integrazioni periodiche al fine di compensare le probabili perdite di materiale.

a) Calcolo dei possibili ripascimenti artificiali della spiaggia campione (Area V.I.P.)

Sulla base dei risultati dei dati granulometrici delle battigie e dei fondali antistanti la Spiaggia Principale si sono calcolati i fattori di riempimento e di ripascimento relativi al tratto più occidentale della Spiaggia (area V.I.P.) seguendo le metodiche del C.E.R.C. (1977). La bontà di quest'operazione può essere valutata in funzione di due fattori principali:

- il fattore di riempimento (R_A) che fornisce una stima del volume di materiale di riporto richiesto per produrre un volume unitario di deposito di spiaggia in equilibrio con le condizioni ambientali;
- il fattore di ripascimento (R_j) che indica il rapporto tra il tasso di perdita del materiale di riporto e quello del materiale naturale. In pratica determina la periodicità con cui dovranno essere effettuati i successivi versamenti di materiale di riporto affinché la linea di spiaggia rimanga stabilmente nella posizione desiderata.

Per valutare questa ipotesi preliminare di ripascimento artificiale della spiaggia si sono prese in considerazione le seguenti situazioni:

- caso 1, ipotesi di rifluimento con sabbie attinte dalla battigia della Spiaggia Popolare di Grado;
- caso 2, ipotesi di rifluimento con sabbie prelevate dalla battigia ubicata ad Est della zona V.I.P.;
- caso 3, ipotesi di rifluimento con sabbie ubicate sul Banco della Mula di Muggia (immediatamente a Sud dell'imboccatura al canale d'adduzione a Punta Barbacale);
- caso 4, ipotesi di rifluimento con sabbie prelevate dal canale di accesso al Porto di Grado (Fosa).

Caso 1 - Nel primo caso in discussione i sedimenti della battigia della Spiaggia Popolare sono più grossolani e meglio classati di quelli della battigia dell'area V.I.P.. In queste condizioni il fattore di riempimento ricade in una zona di stabilità (valore numerico ca. 1). Anche il fattore di ripascimento è favorevole a questa ipotesi d'intervento essendo il valore pari a 0.03. In altri termini basta uno sversamento di materiale per assicurarsi un materasso sabbioso relativamente stabile.

Caso 2 - Nel caso d'utilizzo di sabbia di battigia ricavata dai tratti di spiaggia più ad oriente

dell'area V.I.P. emerge che i sedimenti da riportare sono più fini e meno classati di quelli da sostituire. In queste condizioni i valori dei parametri considerati sono i seguenti:

$$R_A = 4,0 \text{ e } R_J = 3,0.$$

Il che significa che occorrono 4 m cubi di materiale di riporto perché rimanga 1 mc di sabbia sulla spiaggia e che con questa operazione ci si deve attendere un tasso d'erosione del nuovo materiale tre volte superiore di quello registrato dalla spiaggia naturale.

Caso 3 - Attingendo sabbie dal Banco della Mula di Muggia si ottengono valori dei fattori molto positivi poiché i sedimenti sono più grossi e meglio classati di quelli della Spiaggia Principale. Il fattore di riempimento palesa una stabilità teorica del sedimento da utilizzare a fine del ripascimento. Anche il fattore R_J indica valori inferiori all'unità (0,7).

Caso 4 - Le sabbie del canale d'accesso al Porto di Grado possono fornire ottimo materiale per la ricostruzione del materasso sabbioso e per l'ampliamento della Spiaggia Principale. Le sabbie della Fosa, anche se leggermente più fini di quelle del Banco della Mula di Muggia evidenziano un fattore di riempimento attestato su un valore di 1,02 e quello di ripascimento pari a 0,8.

Appurato che esistono le premesse teoriche per un ripascimento del tratto occidentale della Spiaggia Principale di Grado si è valutato in circa 30.000 mc la quantità di materiale necessario per portare la spiaggia emersa fino alla battigia di progetto (fig. 9). In questa prima fase d'intervento si consiglia di prelevare le sabbie necessarie dalla Spiaggia Popolare (Caso 1). Il trasporto del materiale da rifluire può essere eseguito via terra, ma anche via mare. Con questa ultima opzione si può utilizzare la diga foranea di Ponente del Canale di Grado e il I pennello della spiaggia come base d'appoggio per i natanti e per i mezzi di trasporto. Nell'ipotesi della necessità di un'escavazione di un canale temporaneo per accedere al I pennello, parte di questo materiale potrebbe essere utilizzato direttamente per il rifluimento.

b) Opere di contenimento del materasso sabbioso

Anche se teoricamente le sabbie rifluite dovrebbero trovarsi in condizioni di equilibrio dinamico sulla spiaggia e al fine di limitare le prevedibili perdite dell'arenile durante il ciclo invernale, sarebbe consigliabile munire la nuova spiaggia di un'appropriata opera protettiva che rimane soffolta nell'area di battigia. Tale opera avrebbe lo scopo di aumentare la permanenza dei materiali rifluti sulla spiaggia e, quindi, di ridurre la frequenza delle successive operazioni di ricarica. Le soluzioni tecniche attuali permettono tra l'altro anche l'uso di sacconi di sabbia aventi volumi unitari variabili (da 30 a 50 mc) e altezze da 0,8 a 1,6 metri. Questo tipo di protezione presenta indubbi vantaggi tra cui la facile reperibilità dei materiali, la struttura morbida (non rigida) dell'opera, la possibilità di riprodurre fedelmente la geometria del progetto. A queste si aggiunga anche che nell'eventualità di una loro rottura si avrà comunque una ricarica di sabbia sulla spiaggia. Sono però leggeri

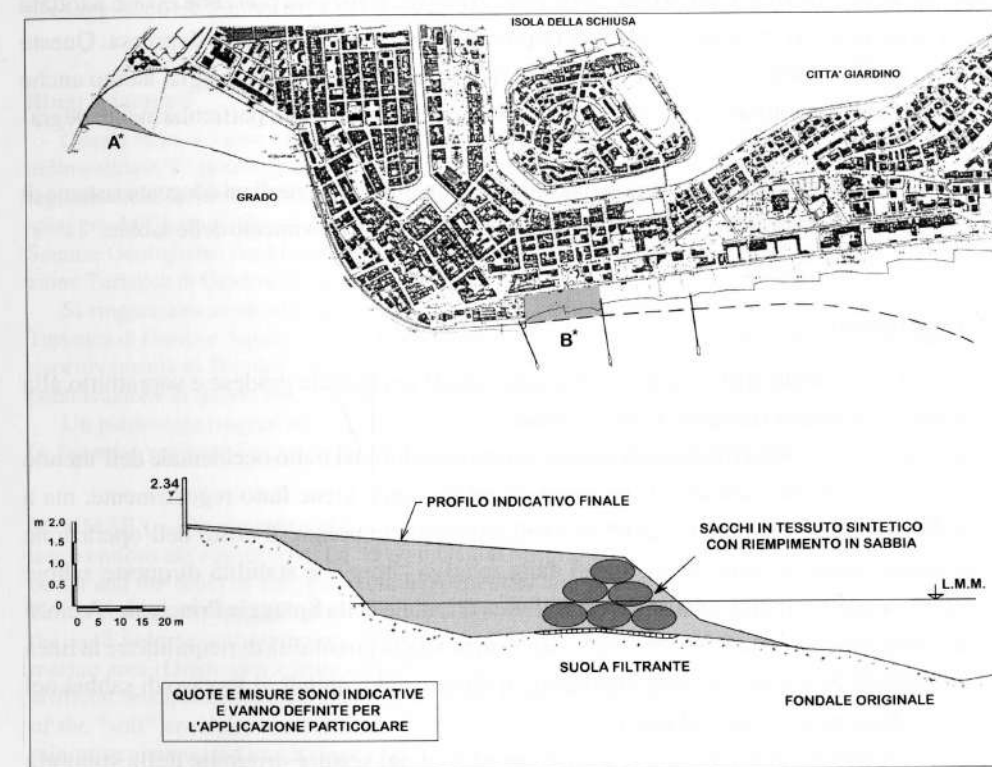
(rispetto ai massi), si possono rompere per fatti fortuiti e necessitano di una base predisposta (suola filtrante).

Con questi sacconi si può realizzare una barriera sepolta con quota costante del fronte spiaggia (indicativamente +1 m) e delimitata lateralmente dalle celle costituite dalle radici dei pennelli (fig. 9). In caso di instabilità di quest'opera di contenimento del materasso sabbioso si possono utilizzare strutture di rinforzo (per esempio palificazioni) da applicare nelle aree soggette a maggior sforzo.

Il rifluimento dovrà essere eseguito in modo da determinare il raccordo della nuova spiaggia con il terrazzo di bassa marea.

c) Opere di protezione della spiaggia dalla deflazione eolica

L'ampliamento della spiaggia nell'area V.I.P. e il mantenimento del materasso sabbioso



Dai tipi della C.T.R. del Friuli-Venezia Giulia, aut. P.T./1259/2.100 in data 26.01.2001.

Fig. 9 - Proposta di intervento per il ripascimento, l'ampliamento e il contenimento dell'arenile del reparto V.I.P. della Spiaggia Principale utilizzando le sabbie in eccesso della Spiaggia Popolare.
- Hypothesis of nourishment for the V.I.P. sector of the Spiaggia Principale; the excess sand from the Spiaggia Popolare could be used as borrow material.

nella restante area necessitano di un miglioramento delle difese dalla deflazione eolica fino ad oggi adottate dall'Azienda di Promozione Turistica. Fermo restando che il maggior agente di trasporto eolico del paraggio rimane la Bora che soffia leggermente di traverso rispetto allo sviluppo della spiaggia, si consiglia:

- durante il periodo invernale di munire la spiaggia emersa di staccionate aventi una maggiore porosità. Secondo la letteratura scientifica un valore di porosità del 40-50 % sarebbe ottimale;
- quando possibile alternare le staccionate con barriere arboree (tamerici) secondo il metodo tradizionalmente usato in Adriatico. Questa soluzione sembra particolarmente adatta nel settore orientale della spiaggia anche per togliere l'impatto visivo della rete di delimitazione della spiaggia a pagamento;
- di munire il tratto libero della spiaggia di sistemi di staccionate (a croce, in parallelo, ecc.) per favorire la formazione di dune artificiali. Analoga soluzione potrebbe essere adottata per la parte verso terra della Spiaggia Popolare che oggi è leggermente depressa. Queste dune, oltre a costituire un importante fonte di alimentazione della spiaggia, hanno anche la funzione di riabilitare lo spazio litorale che in quelle aree risulta particolarmente degradato.

Ad integrazione di queste opere si raccomanda la sperimentazione di un adeguato sistema di irrigazione a pioggia in alcuni tratti di spiaggia, al fine di inibire il movimento delle sabbie.

14. Conclusioni

Con riferimento specifico alla situazione attuale del litorale gradese e soprattutto alla Spiaggia Principale si consiglia a breve termine:

- di eseguire i necessari ripascimenti artificiali manutentori del tratto occidentale dell'arenile attingendo non alle sabbie del suo tratto orientale, come viene fatto regolarmente, ma a quelle situate all'estremità occidentale della Spiaggia Popolare. Il costo dell'operazione dovrebbe essere in parte compensato dalla relativa "bontà" e stabilità di queste sabbie rispetto a quelle più fini e mal classate dell'area orientale della Spiaggia Principale. A ciò si aggiunga anche il beneficio ambientale determinato dalla possibilità di riequilibrare la linea di riva della Spiaggia Popolare impedendo o diminuendo, quindi, il travaso di sabbie nel canale di accesso a Grado (Fosa);
- di programmare una serie di interventi coordinati nel settore orientale della spiaggia al fine di impostare progressivamente una linea di riva che si raccordi con quella naturale e con quella del Banco della Mula di Muggia, fissata dall'imboccatura del canale di adduzione a Punta Barbacale. Questa soluzione (che dovrà essere modulata nel tempo) dovrà prevedere il progressivo contenimento, la deviazione e l'utilizzazio-

ne delle sabbie provenienti dal Banco in direzione retrograda rispetto ai flussi d'alimentazione;

- di non intervenire sui pennelli attuali se non per una loro manutenzione ordinaria. Queste opere marittime possono essere utilizzate come setti stabilizzatori per un futuro ripascimento e ampliamento del materasso sabbioso di tutto l'arenile;
- di migliorare la protezione dell'arenile dalla deflazione eolica durante i mesi invernali.

In una fase successiva, si consiglia l'utilizzo delle sabbie provenienti dall'escavazione del canale d'ingresso a Grado ai fini del ripascimento e alla sistemazione definitiva del tratto occidentale della spiaggia in esame. La quantità e la qualità di materiale a disposizione (ipoteticamente, circa 300.000 mc) dovrebbe garantire per un certo numero di anni la stabilità dell'arenile. Solo dopo questi interventi si può pensare alla protezione definitiva della nuova spiaggia con opportuni accorgimenti che tengano sempre presente il valore ambientale, paesaggistico ed economico del paraggio.

Manoscritto pervenuto il 17.XI.1999.

Ringraziamenti

Questa ricerca viene sentitamente dedicata alla memoria di mio padre, Ciso Marocco, per anni indimenticato "Capospiaggia" di Grado. Devo a lui l'interesse per lo studio della dinamica dei litorali e, segnatamente, lo stimolo per cercare nuove soluzioni per migliorare le condizioni di degrado della amata spiaggia dell'Isola d'Oro. La presente ricerca è frutto di una collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste e l'Azienda di Promozione Turistica di Grado e Aquileia.

Si ringraziano sentitamente il dott. Alessandro Felluga, Presidente dell'Azienda di Promozione Turistica di Grado e Aquileia, il sig. Franco Lauto, la sig.ra Nirvana Lauto e l'ing. Graziano Stefanutti, rispettivamente ex Direttore, Direttore e Capo Ripartizione Tecnica dell'Azienda, per aver permesso la pubblicazione di questo lavoro e per la costante collaborazione dimostratami.

Un particolare ringraziamento infine ad A. Brambati che mi ha assegnato questo incarico e al dott. G. Fontolan per i consigli e i suggerimenti e per la lettura critica del manoscritto.

SUMMARY - The present situation and evolutionary trends of Grado littorals indicate that some interventions are required for the environmental restoration of the coastal area between the Levante beach and the Mula di Muggia bank. In particular, improvements for both the eastern and western Grado beaches (Spiaggia Popolare and Spiaggia Principale) are mainly required, in order to increase the sand volume and extension. The presence a big amount of suitable sand in the neighbouring marine area (Grado ebb - delta and Mula di Muggia bank) could allow the accomplishment of an artificial beach nourishment. This type of beach restoration method, widely used world wide because of the "soft" environmental impact, is here preferred to alternative hard interventions in order to minimise unexpected beach responses.

Bibliografia

BARDELLA C., FEDERICI P.C., MARCHESI C. & PASQUALIS A., 1986 - Dati granulometrici, mineralogici e proprietà termiche di alcuni campioni di sabbia. *Atti Congr. Internaz. "Igiene e Med. Termale e Ambientale"*, Castellammare di Stabia, pp. 34.

- BRAMBATI A., 1974 - Regime sedimentologico delle spiagge del Banco d'Orio. *Pubbl. Mus. Friul. St. Nat.*, 24, pp. 90.
- BRAMBATI A., 1987 - Studio sedimentologico e marittimo-costiero dei litorali del Friuli-Venezia Giulia. *Servizio Idraulica della Regione Friuli-Venezia Giulia*, pp. 67.
- BRAMBATI A., CATANI G., LENARDON G. & MAROCCO R., 1982 - Rilievi sul litorale da Monfalcone alla foce dell'Adige. *C.N.R., P.F. "Conservazione del Suolo - Dinamica dei litorali"*, *Tip. Nazionale*, Trieste, pp. 15.
- BRAMBATI A., CATANI G. & MAROCCO R., 1982 - Il litorale sabbioso del Friuli-Venezia Giulia: trasporto, dispersione e deposizione dei sedimenti della spiaggia sottomarina. *Boll. Soc. Adr. Sc.*, 65: 1-32.
- BRAMBATI A., DE MURO S., MAROCCO R. & SELIVANOV A., 1998 - Barrier island evolution in relation to sea-level changes: the example of Grado Lagoon (northern Adriatic Sea, Italy). *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 39: 145-161.
- BRAMBATI A. & MAROCCO R., 1982 - Criteri di intervento per migliorare la circolazione delle acque e per il ripascimento della spiaggia artificiale di Punta Barbacale (Grado - Adriatico Settentrionale). *Boll. Soc. Adr. Sc.*, 66: 5-15.
- BRAMBATI A., MAROCCO R., CATANI G., CAROBENE L. & LENARDON G., 1978 - Stato delle conoscenze dei litorali dell'Alto Adriatico e criteri di intervento per la loro difesa. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19: 389-398.
- CAROBENE L., 1978 - Analisi morfologica quantitativa delle spiagge dell'Alto Adriatico tra Monfalcone e Lignano. *Boll. Soc. Geol. It.*, 97: 131-164.
- CAROBENE L. & BRAMBATI A., 1977 - Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge. *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 479-493.
- C.N.R. (Aa. Vv.), 1985 - Atlante delle spiagge italiane. Dinamismo - Tendenze evolutive - Opere umane. *P.F. "Conservazione del Suolo - Dinamica dei litorali"*, *S.E.L.C.A.*, Firenze.
- COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER, 1977 - Shore protection manual. Vol I, II, III. *Department of the Army Corps of Engineers*, Fort Belvoir, Virginia.
- DE GRASSI V., 1952 - Le rovine subacquee di San Gottardo a Grado. *Aquileia Nostra*, 23: 27-36.
- DE GRASSI P. & DE GRASSI V., 1957 - Memoria sulle variazioni morfologiche dei litorali marini della Laguna di Grado. *A.A.C.S.*, Grado, pp. 54.
- DORIGO L., 1965 - La Laguna di Grado e le sue foci - Ricerche e rilievi idrografici. *Uff. Idr. Mag. Acq.*, Venezia, pp. 231.
- FOLK R.L. & WARD W.C., 1957 - Brazos River bar: a story in the significance of the grain size parameters. *Journal Sedimentary Petrography*, 27: 3-26.
- FORAMITTI P., 1994 - Il Friuli di Napoleone. Atlante dei territori compresi tra il Tagliamento e l'Isonzo. *Ed. della Laguna*, Mariano del Friuli, pp. 77.
- GAZZI P., ZUFFA G.G., GANDOLFI G. & PAGANELLI G., 1973 - Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche tra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 12: 1-37.
- IDROSER, 1981 - Piano progettuale per la difesa della costa adriatica Emiliano-Romagnola. *Regione Emilia-Romagna, Relazione Generale*, Vol III, pp. 104, e V, pp. 240.
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE DI MILANO, 1822-24 - Carta di Cabotaggio del Mare Adriatico, Foglio I in scala 1:750.000.
- ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA, 1927 - Litorale di Grado in scala 1:12 000.
- LAGO L., 1989 - Theatrum Adriae: dalle Alpi all'Adriatico nella cartografia del passato. *Ed. Lint*, Trieste, pp. 314.
- MAROCCO R., 1972 - Variazioni morfologiche e sedimentologiche del Banco d'Orio "B" e del Banco dei Tratauri (Laguna di Grado). Osservazioni dal 20 settembre 1970 all'ottobre 1971. *Tesi di laurea in Scienze Geologiche* (Relatori G. A. Venzo e A. Brambati).
- REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1978 - Studio dell'assetto fluviale e costiero della Regione Friuli-

Venezia Giulia. Rapporto Preliminare. Sezione Seconda: Parte Costiera. Relazione ed Allegati. *ELC* - Milano, *Studio Volta* - Savona, pp. 161.

STRAVISI F., in stampa. The trend of Bora and southern winds at Trieste during the present century. Climate change.

STRAVISI F. & FERRARO S., 1986 - Monthly and annual mean sea level in Trieste, 1890-1984. *Boll. Ocean. Teor. Appl.*, 4: 97-194.

Indirizzo dell'Autore - Author's address:

- Prof. Ruggero MAROCCO
Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine
dell'Università degli Studi di Trieste
Comprensorio San Giovanni, Via E. Weiss 2, I-34127 TRIESTE
e-mail: Marocco@univ.trieste.it