

Michele Greco, Giovanni Martino\*

## ANALISI LOCALE DELL'INTERAZIONE FOCE FLUVIALE- INFRASTRUTTURA PORTUALE

### SPATIAL LOCAL ANALYSIS OF DELTA RIVER-MARINA INTERACTION

Viene proposta un'analisi numerica locale indirizzata alla valutazione dell'interazione foce fluviale-opera portuale in termini di erosione/sedimentazione propedeutica all'individuazione delle tendenze evolutive della linea di costa a supporto della definizione di possibili interventi di mitigazione. Lo studio è condotto con riferimento all'infrastruttura portuale turistica realizzata in prossimità della foce del fiume Basento nell'arco ionico-lucano. L'analisi ha preso in considerazione le configurazioni "ante-operam", immediatamente prima della costruzione dell'infrastruttura, e "post-operam" relativamente a tempi diversi. Per la definizione del dominio computazionale e delle condizioni iniziali ed al contorno, sono stati impiegati dati meteomarini, rilievi Lidar e batimetrici corrispondenti ai periodi temporali distinti a cui riferire le simulazioni. I prodotti intermedi e finali della modellazione, sono stati raffrontati a serie annuali di immagini da foto aeree che, seppure nei limiti di una maggiore rispondenza qualitativa piuttosto che quantitativa del processo in esame, hanno confortato sulla bontà del risultato.

**Parole chiave:** Erosione costiera, Modellazione numerica, Dinamica costiera, Interazione delta-porto, Impatti ambientali.

*In this work a numerical analysis aimed to the assessment of a delta river-marina interaction in terms of erosion/sedimentation is showed. The model implementation is propaedeutic to evaluation of the main morphological developments and displacements of the shoreline and to the design of the related mitigation and contrast measures. The study area is located on the ionic-lucanian littoral (Basilicata Region-South of Italy) and exactly on the downdrift side of the marina located nearby the Basento river mouth. The analyses are performed on two scenarios named "ante-operam" and "post-operam", before and after the marina entrance jetties construction respectively. Wave climate data, river discharge statistics, topographic and bathymetric surveys obtained by Lidar and single/multibeam campaigns performed at different times, are used to define the computational domain, the boundary and initial conditions. The results here proposed, both in terms of intermediate and final products, are considered to be mainly qualitative even if encouraged and supported by aerial photo observations.*

**Key words:** Coastal Erosion, Numerical Models, Coastal Dynamics, Delta River-Marina Interaction, Environmental Impacts.

#### INTRODUZIONE

La realizzazione di infrastrutture portuali in prossimità di elementi fisiografici caratterizzanti la morfologia costiera, genera inevitabili interferenze con il sistema ambientale naturale ed antropico.

L'entità e le modalità dell'interazione sono fortemente influenzate dalla geometria dell'opera in relazione alle caratteristiche macroscopiche del clima meteomarinario e alle dinamiche sedimentologiche di breve e medio periodo, ma le variazioni stagionali possono indurre sensibili tendenze evolutive di particolare criticità alla scala locale, in primis, e successivamente estendibili ad ambiti di paraglio ben più ampi.

Di particolare interesse è, per alcuni aspetti, preoccupazione desta la realizzazione di infrastrutture portuali, o più in genere di opere marittime, anche se di dimensioni e finalità differenti, in prossimità di foci fluviali, dove la modifica del

regime di corrente, in direzione ed intensità, e l'alterazione delle dinamiche sedimentarie, di mobilitazione e trasporto selettivo, inducono evoluzioni condizionate della morfologia deltizia, con conseguenti ripercussioni in termini di erosione e deposizione locale nonché di modifica delle spiagge emerse e sommerse.

In tali ambiti, oltre alle utili e numerose osservazioni sperimentali relative ad ambienti costieri affini o in similitudine idraulico-morfologica, l'implementazione di una sufficientemente dettagliata ed affidabile modellistica numerica, può rappresentare un valido strumento di supporto alla valutazione delle possibili interazioni tra l'infrastruttura e l'ambiente marino-costiero, nell'accezione più ampia, sia naturale sia antropica.

Il presente lavoro, quindi, si inserisce in tale contesto e filone di analisi, riportando i risultati di una modellazione numerica di area locale per la simulazione, prevalentemente

\*Michele Greco, Giovanni Martino, Scuola di Ingegneria, Università degli Studi della Basilicata, Viale dell'Ateneo Lucano, 10 85100 Potenza - michele.greco@unibas.it, giovanni.martino@unibas.it.

qualitativa in prima istanza, dell'evoluzione costiera di un paraggio caratterizzato dalla presenza di una foce fluviale e di un porto turistico. In particolare, è stato studiato l'ambito ionico-lucano in corrispondenza della foce del fiume Basento nel periodo 2008-2012 pre e post costruzione dell'infrastruttura portuale.

L'analisi è stata condotta, sia in fase di schematizzazione del dominio di calcolo sia di verifica della coerenza e significatività dei risultati, riferendosi ad un dataset di dati batimetrici, morfologici, sedimentologici e meteomarini, ed alla disponibilità di sequenze di foto aeree annuali e rilievi Lidar.

Ciò ha consentito di individuare due scenari principali: "ante-operam", in assenza dell'opera portuale, e "post-operam", quest'ultimo articolato in più sub-scenari relativi a tempi successivi alla costruzione del porto.

Aspetto di particolare interesse, a cui brevemente riferirsi, è risultata l'assimilazione del dato Lidar ad alta densità nella generazione della griglia di calcolo, dove la relativa ridondanza del dato acquisito influenza sensibilmente l'onere computazionale a fronte di una non determinante variazione della qualità del risultato intermedio e finale.

## 1. AREA DI INDAGINE

La costa ionica lucana è ubicata nella zona settentrionale del Golfo di Taranto. Nel dettaglio, con riferimento alla suddivisione per macroaree contenuta nel recente Piano Regionale di Gestione delle Coste della Basilicata (PRGC; Greco e Martino, 2012), l'area di interesse è ubicata al confine tra la Macroarea 2 e la Macroarea 3 in corrispondenza della foce del fiume Basento (Fig. 1 (a) e (b)).

Tale area è caratterizzata dalla presenza di spiagge a granulometria fine debolmente acclivi. Le numerose campagne di misura condotte nella zona di interesse (Pescatore et al., 1999, Simeoni et al., 2001, Metapontum Agrobios, 2005) hanno evidenziato una significativa omogeneità dei campioni sabbiosi prelevati dalla spiaggia (emersa e sommersa) con diametro caratteristico  $d_{50}=200\mu\text{m}$ .

Come visibile dalle immagini riportate in Fig 1 (c), in sponda destra del fiume, nel 2008 è stato realizzato un approdo turistico i cui bracci si protendono in mare per circa 200 m

fino alla profondità di circa 5,00 m.

L'asta terminale del Basento a partire dal 2008 è stata interessata da macroscopiche trasformazioni: la foce si è allargata considerevolmente fino a lambire pericolosamente l'opera portuale (Greco e Martino, 2014 (b)). Tale comportamento risulta in controtendenza rispetto a quanto osservato nello stesso periodo presso tutte le foci dei fiumi lucani sfocianti nello Ionio che, tra l'altro, storicamente, sono state sempre orientate a NE, a testimonianza di correnti prevalenti sottocosta di tipo longitudinale che si sviluppano prevalentemente da SO verso NE come già osservato da Benassai (Benassai et al., 1976).

Nel 2010, per arginare tale fenomeno è stato realizzato un pennello trasversale radicato sul molo di sottoflutto che, come dimostrano le immagini riportate nella medesima Figura 1 (c), non ha sortito l'effetto desiderato.

### 1.1 Portate fluviali

Nella zona di foce non vi sono stazioni idrometriche sul fiume Basento. Pertanto, sono stati assunti i valori di portata media stagionale (Tab. I) riferiti alla stazione ex SIMN di Menzena (loc. Torre Accio) per la quale sono disponibili i risultati di un'analisi storica su base mensile (ADB, 2006). Tale stazione è ubicata pochi km a monte dall'area di interesse ed a valle di essa il Basento non riceve ulteriori apporti.

TABELLA I - Portate stagionali del fiume Basento a Torre Accio

	Q[m <sup>3</sup> /s]
Inverno	22.17
Primavera	9.69
Estate	1.29
Autunno	12.46

### 1.2 Clima ondoso locale

Il clima ondoso locale, viste le finalità del presente lavoro, è rappresentabile in termini compatti mediante le caratteristiche morfologiche ricavabili dalla risoluzione del sistema di equazioni (1) e (2) e conseguente rappresentazione vettoriale.

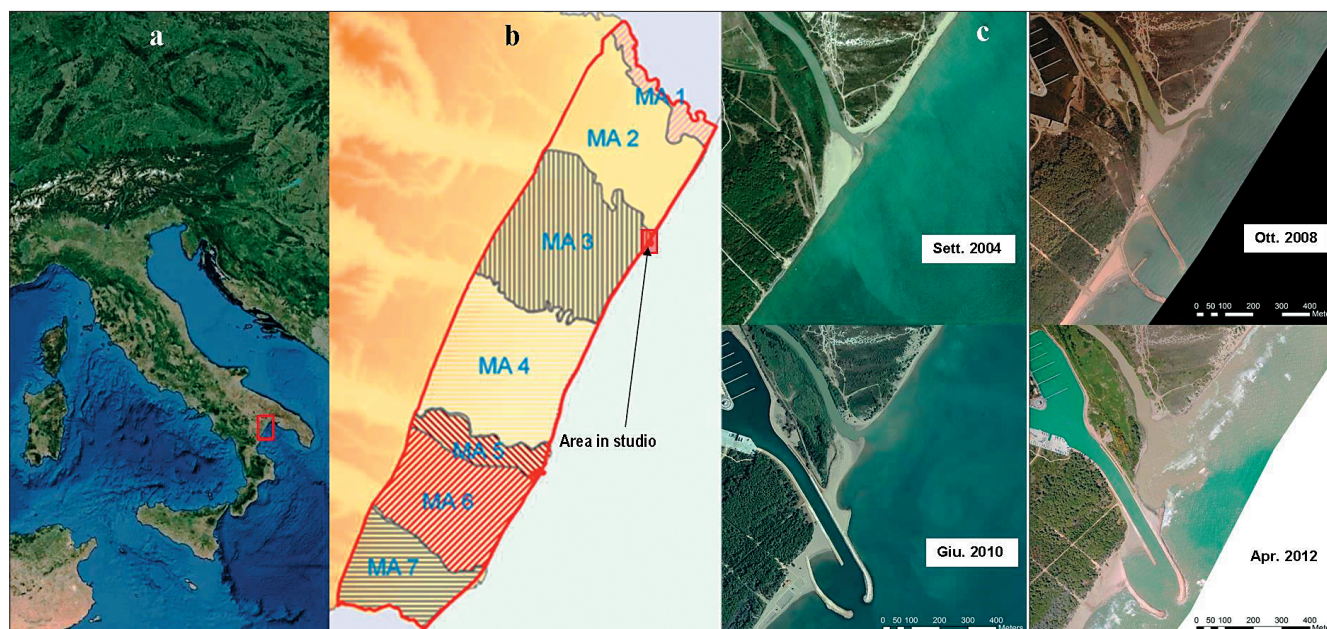


Figura 1 - Area di indagine.

$$N_T \cdot H_{morf}^2 \cdot T_{morf} = \sum (n_i \cdot H_{mi}^2 \cdot T_{mi}) \quad (1)$$

$$N_T \cdot \frac{H_{morf}}{T_{morf}^2} = \sum \left( n_i \cdot \frac{H_{mi}}{T_{mi}^2} \right) \quad (2)$$

Nelle equazioni (1) e (2)  $H_{morf}$  e  $T_{morf}$  rappresentano le caratteristiche morfologiche,  $N_T$  il numero di onde,  $H_{mi}$  e  $T_{mi}$  rispettivamente i valori di altezza d'onda e periodo medi rappresentativo dell' $i$ -esimo stato di mare.

Pertanto, sulla scorta dei dati anemometrici acquisiti alla Stazione A.M. di Marina di Ginosa (TA) per il periodo di osservazione 2008-2012, mediante l'applicazione del metodo "SMB aggiornato" (Greco *et al.*, 2005) sono stati stimati per via indiretta i valori di altezza d'onda e periodo medi, aggregati per direzione di provenienza e per stagione, la cui sintesi è riportata nella Tab. II.

**TABELLA II - Distribuzione stagionale delle condizioni morfologiche del clima ondoso**

	$H_{morf}$ [m]	$T_{morf}$ [s]	$\alpha_{morf}$ [°N]
<b>Inverno</b>	1.82	5.44	132.64
<b>Primavera</b>	0.79	3.67	132.76
<b>Estate</b>	0.48	2.76	141.65
<b>Aut</b>	1.51	4.90	137.82

### 1.3 Evoluzione della linea di costa

L'evoluzione recente della linea di costa è sinteticamente schematizzata nel diagramma mostrato in Figura 2 in cui, con riferimento a 48 transeetti rappresentativi dell'intero litorale ionico-lucano, viene riportato lo scostamento della linea di riva rispetto al 1949 in termini sia di media annua sia di valore totale misurato al 2012. I dati evidenziano una ge-

nerale tendenza erosiva che interessa marcatamente le foci fluviali e l'intera Macroarea 2.

Osservando che, come riscontrato dalle risultanze dell'analisi del clima ondoso del paraggio ionico-lucano, la direzione media di provenienza dell'onda morfologica è compresa nel range 132.64°N – 141.65°N a cui corrisponde un orientamento della corrente di modellamento longshore secondo la direttrice SO-NE, la Macroarea 2 risulta essere posizionata mediamente sottoflutto rispetto all'opera portuale risentendone, quindi, della presenza e dell'effetto in termini di interferenza con il trasporto solido litoraneo. Infatti, l'analisi cronologica della variazione della linea di riva riferita alla Macroarea 2 e rappresentata nel grafico di Figura 3, palesa un significativo trend erosivo che, a partire dal 1949, ha prodotto un'erosione generalizzata sul litorale afferente la Macroarea 2 (Greco e Martino, 2014 (a)) e la cui media pari a circa 55 m nel 1994 e a circa 90 m al 1998, risultando quindi un incremento di circa il 64 %. La macroarea manifesta una sorta di stabilizzazione nel decennio 1998-2008, anno di costruzione dell'opera portuale, a cui segue un acuirsi del processo erosivo medio nell'ultimo periodo che porta ad un valore medio massimo pari a 115 m nel 2012. Pertanto, nei soli ultimi 4 anni, si è registrato un arretramento pari a circa il 28 % dell'erosione totale media verificatasi nei 50 anni di osservazione precedenti (1949-1998). Da ciò l'inevitabile ed attesa (Ragone, 1980) constatazione di una relazione netta in termini di causa-effetto tra l'opera e la dinamica costiera di area locale e vasta.

Tale asserto in special modo in considerazione dell'analisi storica del comportamento di tutti i corsi d'acqua lucani sfocianti nello Jonio che, come ampiamente noto (PRGC) e già evidenziato, presentano storicamente un'orientazione dell'asta fociale che tende a disporsi in direzione quasi sub-parallela alla linea di riva verso NE in netta controtendenza

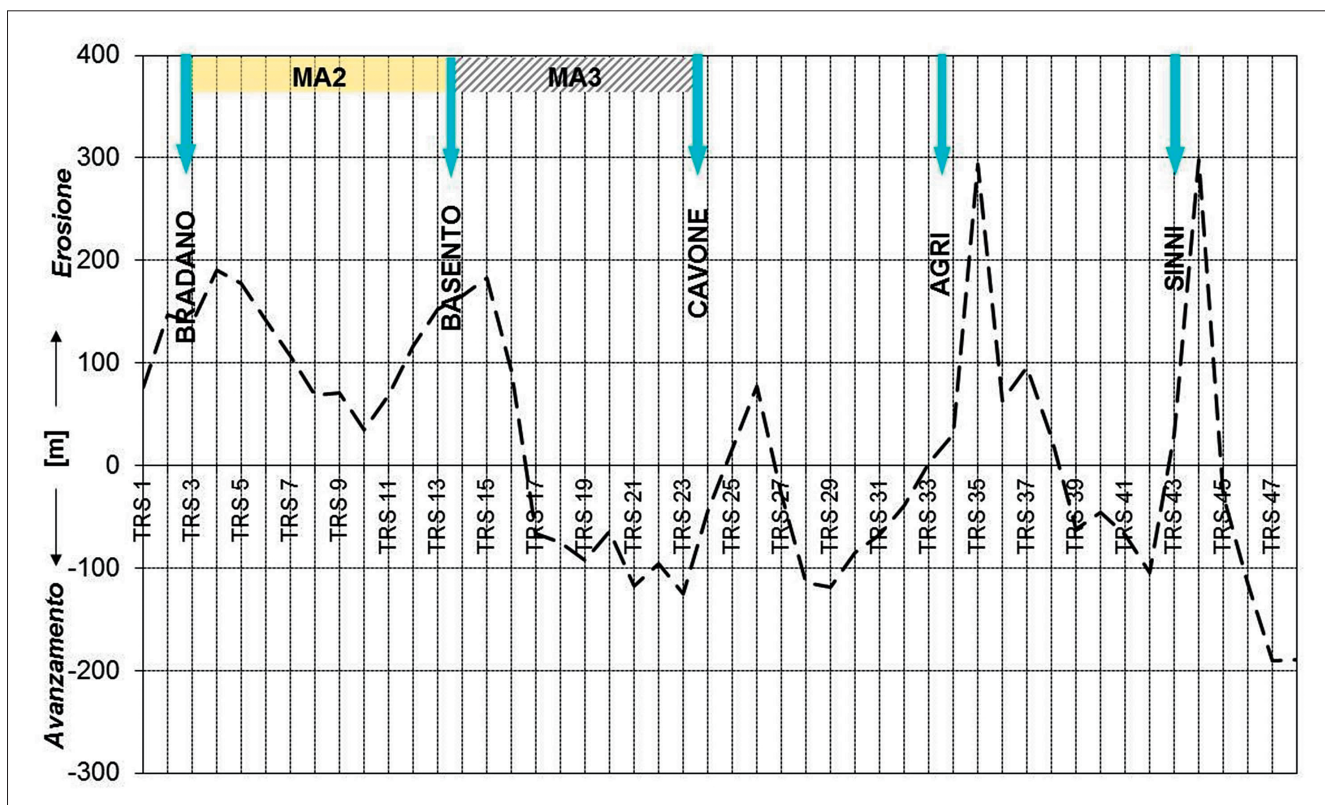


Figura 2 - Scostamento medio annuo e totale della linea di riva al 2012 rispetto alla situazione registrata al 1949.

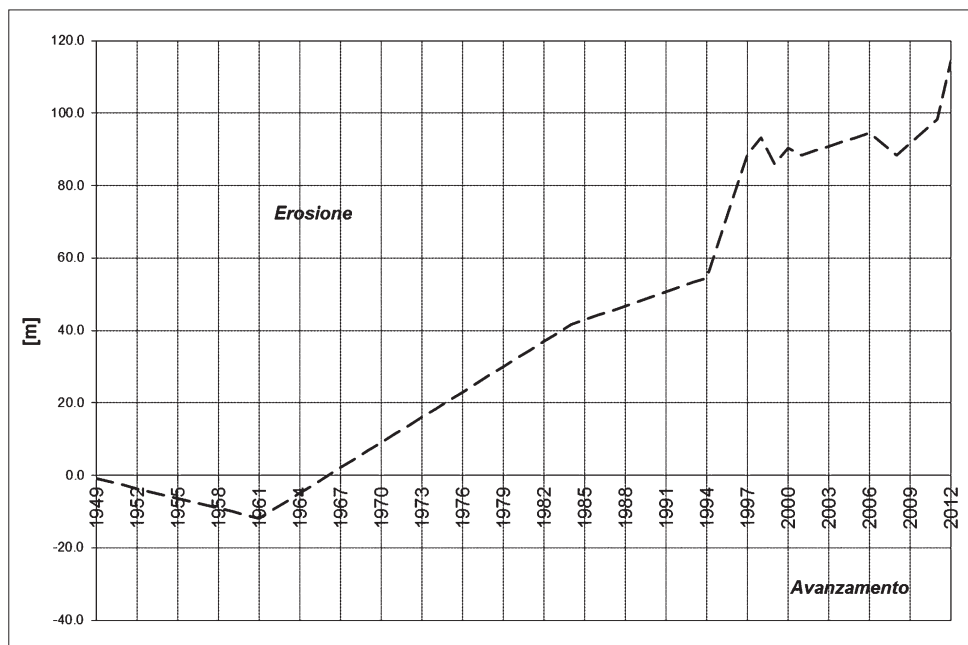


Figura 3 - Scostamento medio della linea di riva della Macroarea 2 in termini di valore medio cumulato nel periodo di osservazione 1949-2012.

rispetto a quanto osservato presso la foce del Basento a partire dal 2008.

**2. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO NUMERICO**

La modellazione numerica è stata condotta avvalendosi del codice di calcolo DELFT3D (Deltares - MH Delft- NL) nella versione open source (<http://oss.deltares.nl/web/delft3d>) in modalità 2DH.

Come schematizzato nel diagramma di flusso di Figura 4, il modello è in grado di stimare le variazioni topobatimetriche sulla base di fissate condizioni al contorno ed iniziali.

Lo schema numerico utilizza un modello di moto ondoso (SWAN, Booij et al., 1999) e uno idro-morfodinamico (FLOW, Deltares, 2013). I processi in studio sono stati simulati mediante una procedura "online" che prevede l'interazione dinamica di entrambi i moduli e che consente di valutare gli effetti delle mutue interazioni tra moto ondoso, correnti e variazioni batimetriche. Per poter riprodurre adeguatamente l'evoluzione morfologica, si è deciso di implementare SWAN in modalità "quasi-nonstazionaria" (Lesser,

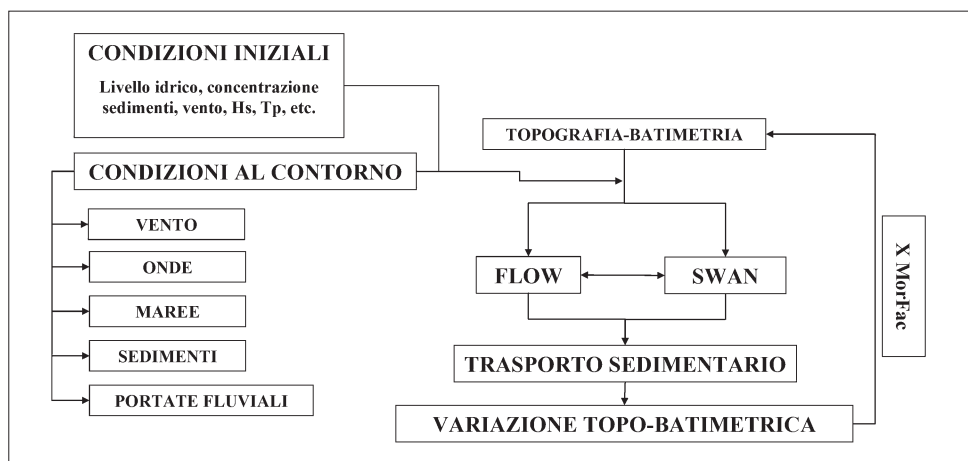


Figura 4 - Schema di implementazione del modello numerico.

2009) il che implica frequenti e successive simulazioni in modalità stazionaria dell'ordine dei 10-15 min, con riferimento al tempo delle simulazioni idrodinamiche. Per ottimizzare i tempi di calcolo, infine, le simulazioni sono state condotte con "hot-start" ossia, i risultati di un precedente run di simulazione costituiscono le condizioni iniziali del successivo. Pertanto, selezionata l'area di interesse, sono state implementate tutte le informazioni disponibili ai fini della modellazione e relative, in particolare, a batimetria, opere e manufatti, clima ondoso locale, portate fluviali e sedimentologia riferendoli ai due scenari considerati di "ante-operam" e "post-operam". Data l'entità dei costituenti di marea, infine, si è deciso di trascurarne l'effetto.

**2.1 Batimetria e griglie di calcolo**

I dati batimetrici disponibili sono relativi a misure oceanografiche condotte nel 2005 (Metapontum Agrobios, 2005) ed a campagne successive realizzate in occasione di alcuni interventi di ripascimento eseguiti sul lungomare di Metaponto Lido dalla Regione Basilicata in particolare nel mese di Aprile 2010 oltre che ad un ultimo rilievo della primavera del 2012 effettuato dall'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR-IAMC. Il dettaglio della linea di costa e della spiaggia emersa è stato desunto da alcuni rilievi Lidar condotti da aereo negli anni 2008, 2010, 2011 e 2012.

Tali dati, come anticipato nei paragrafi precedenti, hanno consentito la definizione di due scenari denominati rispettivamente "Ante-Operam" e "Post-Operam" con riferimento alla realizzazione delle opere a mare.

Per limitare il più possibile gli effetti di bordo, per ogni scenario di simulazione, sono state definite ed implementate le due griglie computazionali rappresentate nella successiva Figura 5 in cui gli assi riportano rispettivamente le coordinate nel sistema cartografico Gauss-Boaga con riferimento al fuso Est. Pertanto, il moto ondoso è stato simulato sulla griglia più ampia, mentre sulla più piccola, contenuta nella prima, è stato simulato il modello morfo-idrodinamico.

Al fine di modellare correttamente la trasformazione del moto ondoso dalle acque profonde alle acque basse, data la batimetria locale, la griglia computazionale dello SWAN presenta, per entrambi gli scenari, un'area pari a 5.0x2.3 km<sup>2</sup> per complessive 9322 celle di calcolo estendendosi fino alla

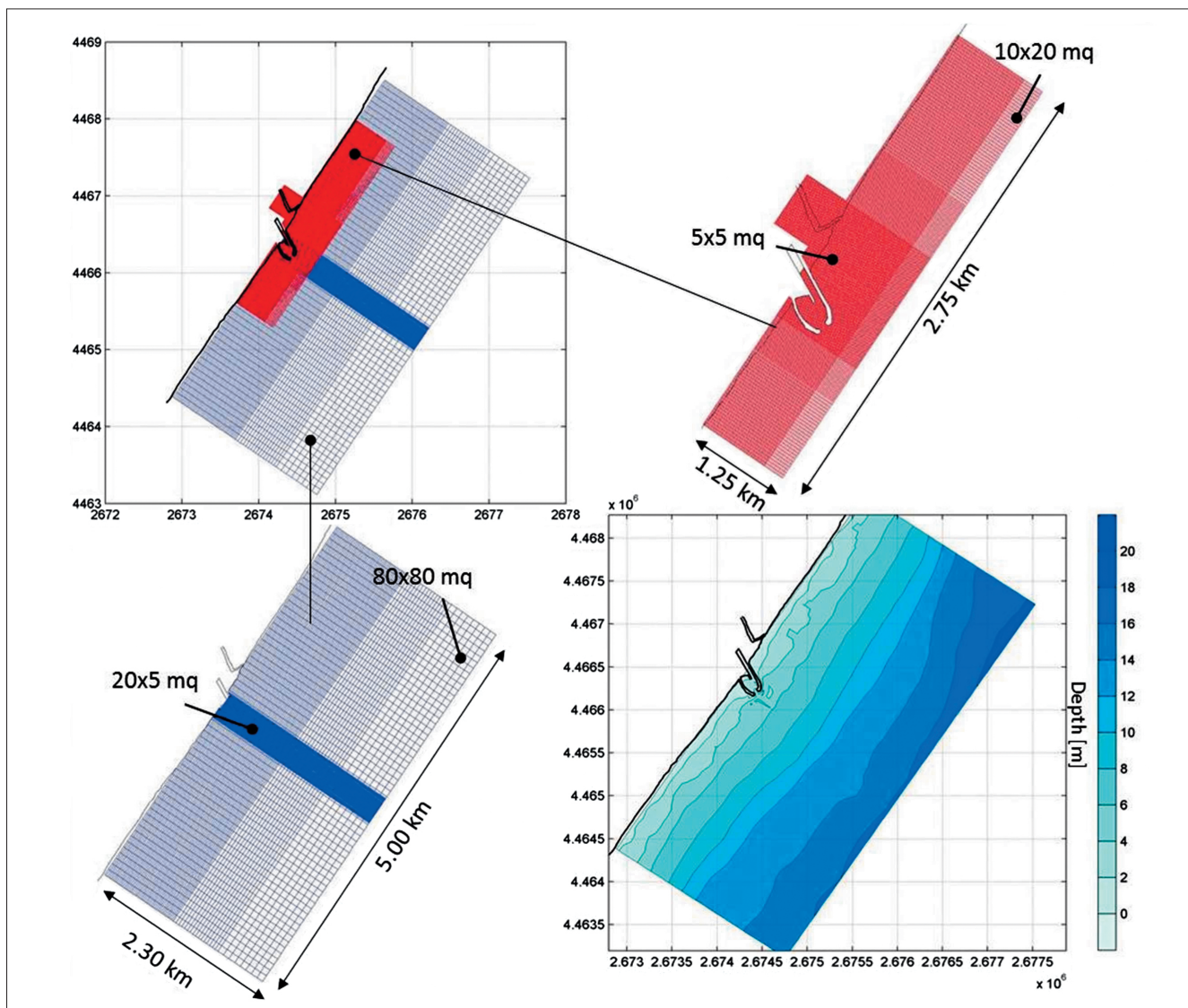


Figura 5 - Griglie di calcolo e batimetria.

profondità di circa 20.00 m. Tale griglia presenta, inoltre, un'ampiezza gradualmente variabile delle dimensioni delle celle rispettivamente da 80 m a 20 m nella direzione trasversale e da 80 m a 5 m in quella longitudinale. Ciò consente di rappresentare adeguatamente la zona sottocosta e le condizioni dell'onda incidente.

Il modulo FLOW è simulato su una staggered grid, fino alla profondità di oltre 7.00 m, che si sviluppa per 2.75 km in direzione longitudinale e 1.25 km in direzione trasversale per complessive 36370 celle, nella configurazione "Ante-Operam", e 35550 celle nella configurazione "Post-Operam". Le dimensioni delle celle variano gradualmente da 10 m a 5 m nella direzione trasversale e da 20 m a 5 m in quella longitudinale per conseguire la necessaria accuratezza nella soluzione numerica delle equazioni del moto in acque basse. Al fine di identificare in maniera univoca le griglie di calcolo, nel prosieguo, per entrambi gli scenari di simulazione, con i termini wgrid ed fgrid saranno indicate rispettivamente la griglia relativa alla modellazione del moto ondoso e la griglia relativa al modulo idrodinamico.

## 2.2 Set up

Come visibile dalla Figura 5, tutte le griglie sono state geo-

riferite, presentando una orientazione a 34° N. Le wgrid, per entrambi gli scenari di simulazione, presentano un contorno in prossimità della spiaggia e tre contorni in mare, due trasversali alla costa ed uno parallelo.

Le condizioni al contorno assegnate nel modello SWAN consistono nel clima ondoso stagionale precedentemente stimato per il periodo di osservazione Autunno 2008-Primavera 2012 in considerazione dei rilievi disponibili. Al fine di ottenere un'adeguata accuratezza numerica, quale condizione di calibrazione è stata imposta una variazione relativa di 0.02 m per l'altezza d'onda significativa e di 0.02 sec per il periodo medio in non meno del 98 % dei punti della w-grid.

Le fgrid, per entrambi gli scenari di simulazione, presentano un contorno sulla spiaggia emersa, uno sul fiume Basento e tre contorni in mare, due trasversali alla costa ed uno parallelo.

Le condizioni al contorno assegnate nel modulo FLOW sono relative rispettivamente ai tiranti idrici per il contorno parallelo alla linea di riva e condizioni di tipo gradiente (Neumann) per i bordi trasversali. Per quanto attiene la foce fluviale, la condizione di monte è stata assegnata tramite le portate medie stagionali defluenti riportate nella precedente

Tabella I, lasciando al modello l'onere di stimare la condizione di valle.

Al fine di ottenere la convergenza numerica del modello idrodinamico è stato adoperato il criterio di Courant-Friedrichs-Levy. Dunque, fissato il passo spaziale di integrazione, è stato calcolato il passo temporale necessario alla stabilità numerica del modello che è risultato pari a 3 sec.

Purtroppo, lungo il corso del Basento non esistono stazioni torbiometriche e pertanto gli apporti solidi fluviali non sono noti. Pur tuttavia, nel presente lavoro si è deciso di trascurare tali apporti e di imporre la concentrazione di equilibrio, la forzante del modello è stata definita in relazione all'entità delle portate fluviali e del clima ondosio stagionale.

Pertanto, come brevemente descritto in precedenza, al fine

di simulare tutti i principali processi fisici di interesse, fissate le condizioni iniziali (da precedenti run "stand alone") sono stati lanciati in sequenza i moduli WAVE e FLOW ed infine, dopo aver valutato il tempo necessario ad abbattere le fluttuazioni indotte nei parametri idrodinamici, si è lanciato il modulo morfodinamico per il tempo necessario a descrivere numericamente la forzante morfologica stagionale. La simulazione del trasporto solido è stata effettuata con il modello di Van Rijn (Van Rijn, 1993; Van Rij et al., 2003).

### 3. ANALISI DEI RISULTATI

I risultati delle analisi condotte sono riportati in termini di caratteristiche salienti morfologiche e idrodinamiche. Nel dettaglio sono riportate la velocità mediata sulla profondità

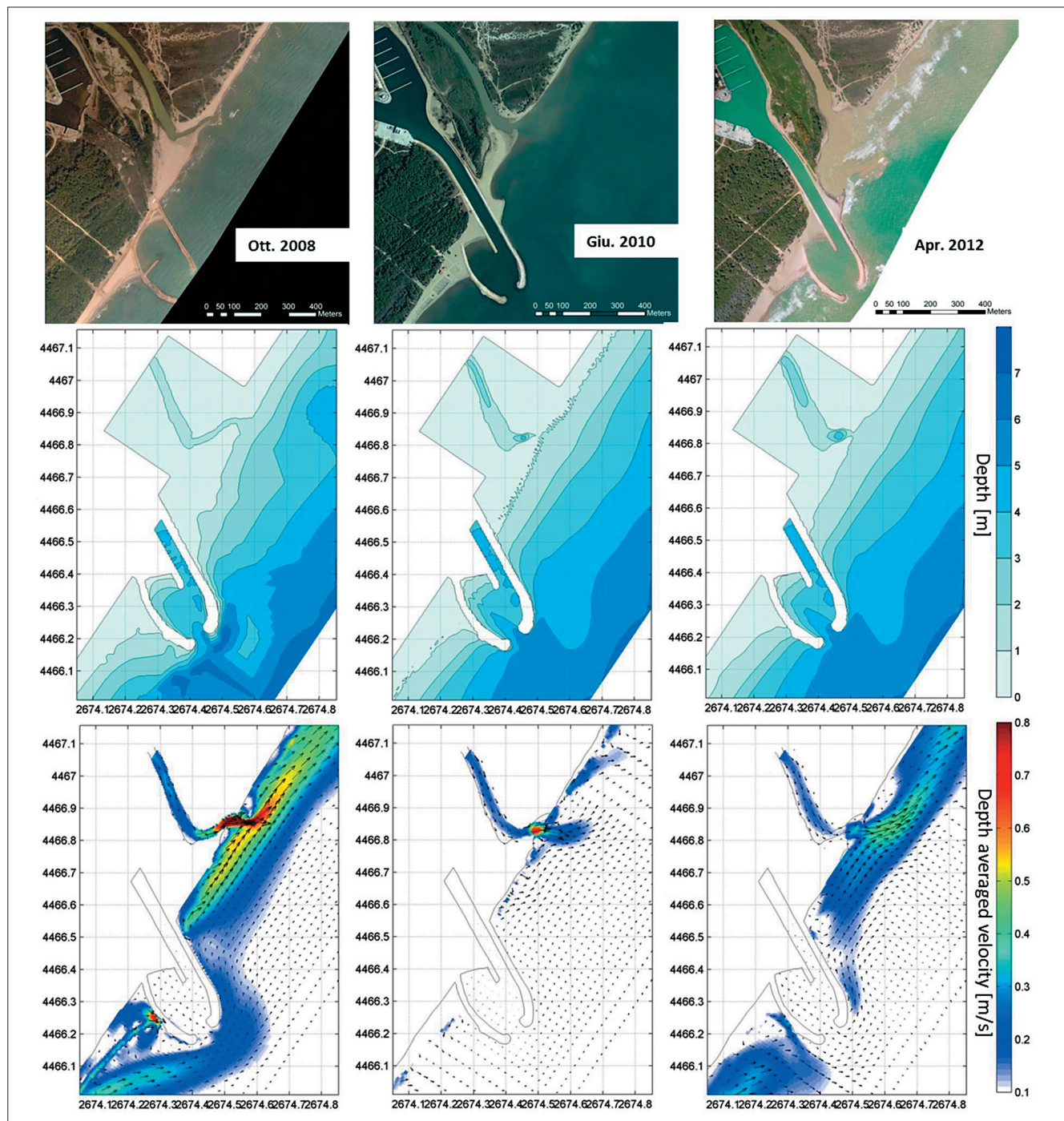


Figura 6 - Confronto tra i risultati modellistici e le riprese disponibili.

e la batimetria ai tempi in cui sono disponibili misure, anche incomplete, di raffronto e, quale ulteriore elemento di comparazione, infine, è riportata la linea di costa iniziale ad Ottobre 2008.

Come è possibile notare, la forzante morfologica, indipendentemente dal periodo di osservazione induce una corrente longshore da SO a NE. Tale circostanza genera un significativo accumulo in corrispondenza del braccio sopraflutto dell'infrastruttura. Di contro, sottoflutto si osserva erosione con una deformazione pronunciata della foce fluviale che tende a deviare verso il braccio di sottoflutto allargandosi ed approfondendosi con l'avanzare del tempo di simulazione.

Il risultato ottenuto, dal punto di vista qualitativo, appare pienamente in linea con quanto riveniente dall'analisi storica di breve periodo della linea di costa in corrispondenza della foce fluviale. Pur tuttavia il modello non è in grado di modellare pienamente l'evoluzione morfologica della foce fluviale, sia perché trattasi di un modello 2DH sia, probabilmente, anche in ragione della modalità di selezione delle forzanti. A tal proposito, tuttavia, i risultati evidenziano che la mutua interazione tra portate fluviali e correnti indotte dal moto ondoso induce sempre un aumento della velocità risultante nella zona di foce e pertanto, l'ulteriore contributo dei deflussi di piena e delle mareggiate intense, non può che accentuare la tendenza evolutiva osservata.

#### 4. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono mostrati i risultati di carattere qualitativo e metodologico, inerenti l'evoluzione morfologica di breve periodo (2008-2012) della foce del fiume Basento susseguente alla realizzazione di un porto turistico sopraflutto. L'evoluzione morfologica è stata modellata mediante l'ausilio del software *open source* DEFT3D in modalità 2DH, nel quale sono state implementate tutte le informazioni disponibili quali: rilievi topo-batimetrici, portate fluviali e clima ondoso sottocosta. Il modello numerico è stato in grado di modellare e di riprodurre le principali tendenze morfologiche osservate anche se, a causa della carenza di dati di trasporto solido, i risultati sono da considerarsi prettamente qualitativi. Pertanto, a breve, ulteriori studi di approfondimento saranno condotti, in special modo al fine di migliorare quantitativamente le *performances* del modello stesso anche attraverso una più efficiente calibrazione.

#### RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano la Regione Basilicata e CNR-IAMC per aver messo a disposizione i dati batimetrici ed il dott. Annibale Guariglia di Geocart srl per aver fornito le immagini ed i rilievi lidar. Gli Autori, inoltre, desiderano ringraziare gli anonimi revisori per gli spunti di riflessione ed i preziosi suggerimenti.

#### BIBLIOGRAFIA

- Benassai E., Cataldo P., Ragone A.**, Inquadramento meteomarinario dell'area campione dello Ionio, Quaderni de "La ricerca scientifica", 1976.
- Booij, N., R.C. Ris and L.H. Holthuijsen**, A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, *J. Geophys. Res.* C4, 104, 7649-7666, 1999.
- Delft University of Technology**, 2009. SWAN Cycle III Version 40.72ABCDE User Manual, Delft, The Netherlands.
- Deltares**, Delft3D-Wave User manual, Delft, The Netherlands, 2001.
- Deltares**, Delft3D-Flow User Manual, Delft, The Netherlands, 2011.
- Greco M., Martino G.**, Local emergency works for coastal risk defense, 7th International Conference on Environmental and Geological Science and Engineering, WSEAS – EG' 14, in press., 2014(a).
- Greco M., Martino G.**, Modelling of coastal infrastructure and delta river interaction on ionic lucanian littoral, 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013, Proc. Eng., Vol. 70, 2014(b), Pag. 763–772.
- Greco M., Martino G.**, Valutazione della criticità costiera della fascia ionica lucana, *L'Acqua*, Ed.Associazione Idrotecnica Italiana, 3, 2012, pag. 55-65.
- Greco M., Mauro A., Martino G.**, Sviluppo di una metodologia integrata di previsione degli stati di mare nel lungo periodo, *L'Acqua*, Ed. Associazione Idrotecnica Italiana, 2, 2005, pag. 9-16.
- Metapontum Agrobios**, "Relazione generale" e allegati, II Stralcio funzionale, Progetto "Monitoraggio dell'erosione costiera e caratterizzazione quali-quantitativa dei sedimenti a mare", 2005
- Lesser G.**, An approach to medium-term coastal morphological modelling, PhD-thesis. Delft University of Technology, ISBN 978-0-415-55668-2, 2009.
- Pescatore T., Capretto G., Valente A.**, 1999. Campagna prelievo campioni Settembre 1999 - Analisi granulometriche. Progetto "Arretramento della costa ionica lucana e ipotesi di intervento per la salvaguardia e la difesa del litorale" - Studio sedimentologico, seconda nota illustrativa attività svolta, 1999.
- Ragone A.**, Interazione tra impianti portuali turistici e fenomeni evolutivi litoranei, Conferenza operativa tra le Regioni Basilicata-Calabria-Puglia su: "Lo sviluppo della nautica da diporto nello Ionio", 1980.
- Rijn L.C. van, Walstra D.J.R., Grasmeyer B., Sutherland J., Pan S., Sierra J.P.**, The predictability of cross-shore evolution of sandy beaches at the scale of storm and seasons using process-based profile models. *Coastal Engineering* 47, 2003, 295–327.
- Rijn L. C. van**, Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications, The Netherlands, 1993.
- Simeoni U.**, Produzione ed elaborazione dati per la definizione di indicatori delle relazioni tra evoluzione bacini ed evoluzione costa in aree prototipali in Basilicata e Veneto, Regione Basilicata, Università di Ferrara e Università di Trieste, 2001.