Modello numerico di rifrazione ondosa dell'area costiera di Voltri

Nel Dipartimento di Fisica dell'Università di Genova è stato realizzato un modello numerico in linguaggio C che permette di calcolare l'evoluzione del fronte d'onda che si muove dal largo verso riva. La grafica è stata realizzata con programmi MATLAB. Studiando la cinematica si ottengono le traiettorie dell'onda che giunge a riva calcolate con la legge di Snell per la rifrazione.

Dati di ingresso

I principali dati in entrata sono le caratteristiche del fronte d'onda e del fondale nella zona costiera in esame.

Caratteristiche del fondale

Il fondo marino dell'area in esame è stato schematizzato con un reticolo a maglie quadrate di lato di 12.6 m con 305 colonne che aumentano lungo l'asse x da ponente verso levante e 60 righe che aumentano lungo la direzione y da sud verso nord. Questo modello ad area limitata copre un'area di circa 3.3 km^2 fino ad una profondità massima di 20 metri. Le figure 1, 2 mostrano l'area di mare e una rappresentazione tridimensionale del fondale. In particolare nella figura 1 è indicato in rosso il nuovo pennello da costruire a protezione della spiaggia nella zona di mare antistante il nuovo bar della passeggiata. Inoltre, per il calcolo della corrente costiera, si è considerato un coefficiente di scabrezza del fondo che in prima approssimazione è stato assunto costante per l'intero tratto di litorale in esame.

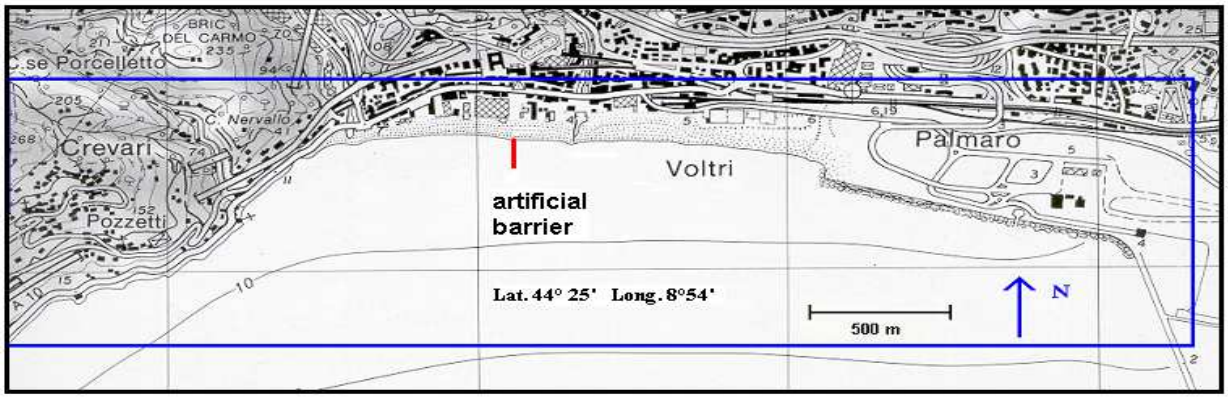


Fig.1

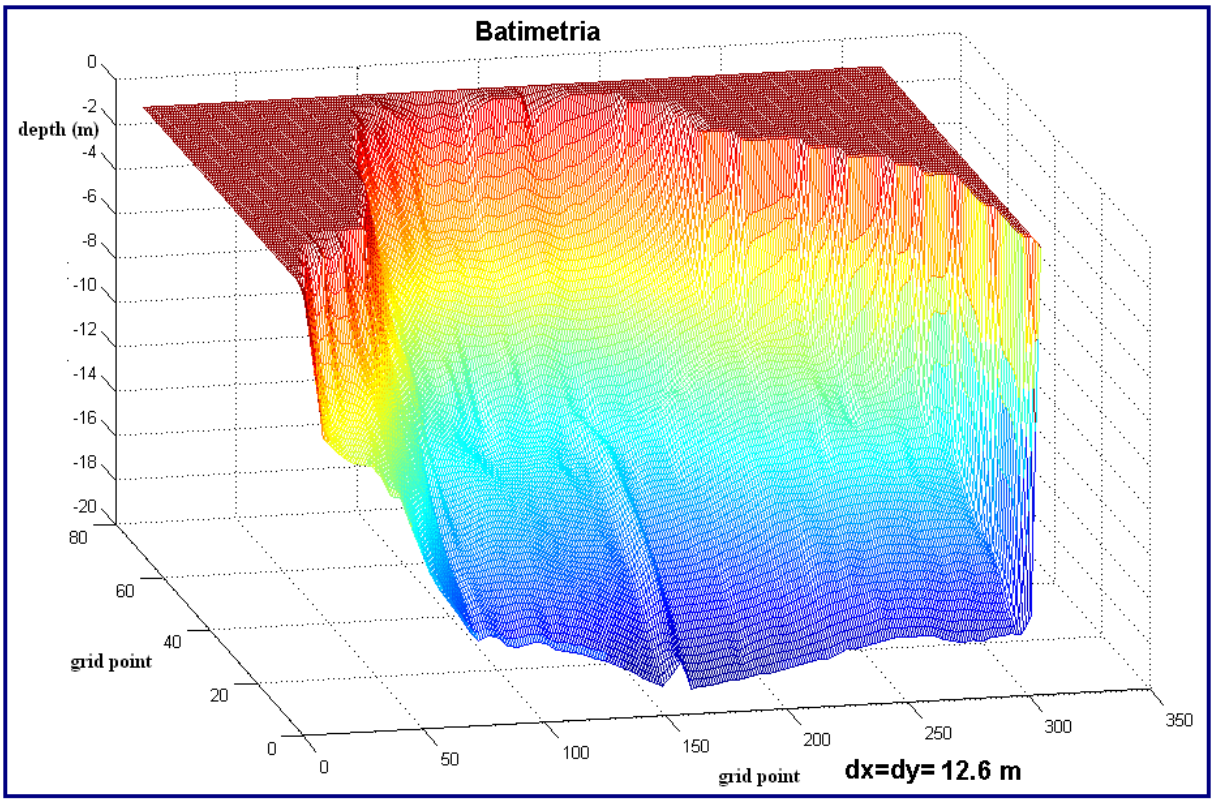


Fig.2

Simulazioni

Nelle simulazioni il fronte d'onda di ingresso al largo è assunto rettilineo e sono state assegnati valori di altezza d'onda, di periodo, di direzione di incidenza e le coordinate dei punti iniziali utilizzando i valori delle più intense mareggiate registrate negli ultimi 10 anni nel Golfo di Genova. Al fine di rendere operativo il modello è stato realizzato un codice per calcolare contemporaneamente 9 ortogonali per ciascun fronte d'onda prescelto lungo il litorale di Voltri: sud-ovest, sud e sud-est. Il modello carica inizialmente i vari dati di ingresso e visualizza in output le variazioni di altezza del fronte d'onda al frangimento lungo 9 ortogonali ad una distanza media di 140 metri l'una dall'altra. In questo modo si può determinare in base all'angolo di incidenza in quali zone costiere l'onda aumenta o decresce in altezza. Terminate queste operazioni preliminari il modello calcola l'intensità ed il verso della corrente costiera che si determinano per via dell'incidenza obliqua del fronte d'onda rispetto alla linea di costa. Queste correnti sono responsabili del trasposto dei sedimenti lungo costa ("longshore currents"): conoscere il verso del moto permette di valutare lo spostamento delle sabbie e stimare eventuali accrescimenti od erosioni della spiaggia.

In uscita vengono forniti i punti dell'ortogonale e per ciascuno di essi è calcolato l'angolo della normale al fronte d'onda con l'asse x, la celerità dell'onda, le coordinate del punto di frangenza di ciascuna ortogonale ed i valori della corrente costiera (Longuet-Higgins 1970). Nelle tabelle seguenti sono riportate le velocità lungo costa per le tre direzioni principali dell'area di Voltri.

Direzione di incidenza da Sud-ovest

Sono state effettuate simulazioni con altezza d'onda significativa in acqua profonda di 4.8 m e periodo di 10.2 s.

N.ortogonale		velocità corrente costiera (m/s)
1	foce Cerusa	2.78
2		2.92
3	Giardini partigiani	3.10
4	Biblioteca Civica	2.91
5	Piscina	2.92
6	foce Leira	3.15
7	Circolo Costaguta	2.96
8	Stadio Comunale	2.54
9		2.53

Direzione di incidenza da Sud

Sono state effettuate simulazioni con altezza d'onda significativa in acqua profonda di 4.9 m e periodo di 10.2 s.

N.ortogonale	velocità corrente costiera (m/s)
1	-0.05
2	-0.01
3	-0.01
4	-0.02
5	-0.02
6	-0.01
7	-0.05
8	-0.04
9	-0.03

Direzione di incidenza da Sud-est

Sono state effettuate simulazioni con altezza d'onda significativa in acqua profonda di 4.3 m e periodo di 9.3 s.

N.ortogonale	velocità corrente costiera (m/s)
1	-3.63
2	-3.55
3	-3.58
4	-3.70
5	-3.95

6	-4.02
7	-3.78
8	-3.57
9	-3.56

I dati relativi al fronte proveniente da Sud rivelano una corrente costiera pressoché nulla, un fronte da Sud-ovest genera mediamente correnti dirette verso levante ed un fronte da Sud-est genera correnti dirette verso ponente.

Lo studio del trasposto dei sedimenti lungo costa può essere effettuato osservando tre quantità tra loro collegate da rapporti di proporzionalità diretta: il flusso di energia lungo costa (Pls), il tasso di trasporto di peso immerso (Il), ed il trasporto solido longshore (Sl) (Komar 1970). Le prime due quantità hanno le unità di misura di una forza per unità di tempo, ossia N/s, la terza è invece espressa in termine di volume di sedimenti trasportati per unità di tempo, ossia m^3/s ed è significativa della quantità di sabbia trasportata dalla corrente costiera. Il modello realizzato calcola le quantità ed in particolare calcola il bilancio tra due ortogonali consecutive per avere una stima dei volumi di sedimenti in movimento lungo la costa. Il bilancio viene calcolato come differenza tra il volume di sedimenti entrante, per unità di tempo, nella zona compresa tra due ortogonali, ed il volume uscente. Di conseguenza valori postivi indicano un accumulo di sabbia nella zona in esame, mentre valori negativi indicano processi di erosione della zona considerata. I dati relativi al fronte proveniente da Sud hanno rilevato, come mostrato nella tabella precedente, correnti lungo costa pressoché nulle con un conseguente trasporto di sedimenti del tutto trascurabile. Nella tabelle seguenti vengono infine riportati i trasporti per i mari da Sud-ovest e da Sud-est.

Mare da Sud-ovest

Zona costiera compresa fra le ortogonali	trasposto solido lungo costa (m^3 /s)
1 - 2	- 0.45
2 - 3	- 0.29
3 - 4	+0.42
4 - 5	- 0.13
5 - 6	- 0.29
6 - 7	+0.75
7 - 8	+0.53
8 - 9	- 0.98

Mare da Sud-est

Zona costiera compresa fra le ortogonali	trasposto solido lungo costa (m^3 /s)
1 - 2	- 0.49
2 - 3	- 0.04
3 - 4	+0.26
4 - 5	+0.58
5 - 6	+1.52
6 – 7	- 0.64
7 – 8	- 1.48
8 - 9	- 0.38

Caratteristiche medie del moto ondoso nel Golfo di Genova

Nelle simulazioni il fronte d'onda al largo è stato assunto rettilineo con altezza d'onda significativa, periodo e direzione di incidenza e le coordinate dei punti iniziali in base alla statistica del regime ondoso del Golfo di Genova dedotti da 19.615 stime delle onde effettuate da bordo di navi in transito ("ship observations") nell'area di mare in esame. Nella tabella seguente vengono riportati i risultati dello studio statistico.

Direzione d'onda (per onde con altezza nell'intervallo: 0.6 – 2.5 m)	**Percentuale media annua %**
Sud - ovest	10.2
Sud - est	5.4
Sud	5.3

Attraverso il principio di sovrapposizione è stato quindi possibile calcolare le variazioni annue della linea di costa con assenza e presenza del nuovo pennello in base alle percentuali medie annue delle direzioni dei venti e delle direzioni del moto ondoso del Golfo di Genova. E' stato impiegato un nuovo codice di calcolo che permette di calcolare il trasporto della sabbia in sospensione nella zona del frangimento attraverso uno studio statistico delle traiettorie di particelle indipendenti o debolmente interagenti fra loro (Modelling of the transport and dispersion of oil spill in the sea by particles 2012)

Conclusioni

La presenza del pennello con le caratteristiche proposte dall'Autorità Portuale di Genova in presenza di mare da Sud genera correnti costiere del tutto trascurabili, ma riduce l'energia dell'onda in un intervallo variabile dal 20 al 30 % rispetto al valore in assenza di protezione. Il mare da Sud-ovest che ha la massima percentuale media annua genera attraverso il processo della corrente costiera (Komar 1970) un avanzamento massimo di 2 metri della spiaggia a ponente del pennello e via via decrescente verso la foce del Cerusa per un tratto lineare di spiaggia di circa 150 metri. Il mare da Sud-est genera invece un aumento crescente della piaggia procedendo dalla foce del Leira verso ponente fino al valore di 1.5 metri in prossimità del nuovo pennello (fig3). Un abbassamento di 1 metro del pennello rispetto al valore previsto dal progetto non genera significative variazioni delle correnti costiere in presenza di mare da Sud–ovest e Sud-est ma riduce del 20 % l'attenuazione dell'energia dell'onda in presenza di mare da Sud.

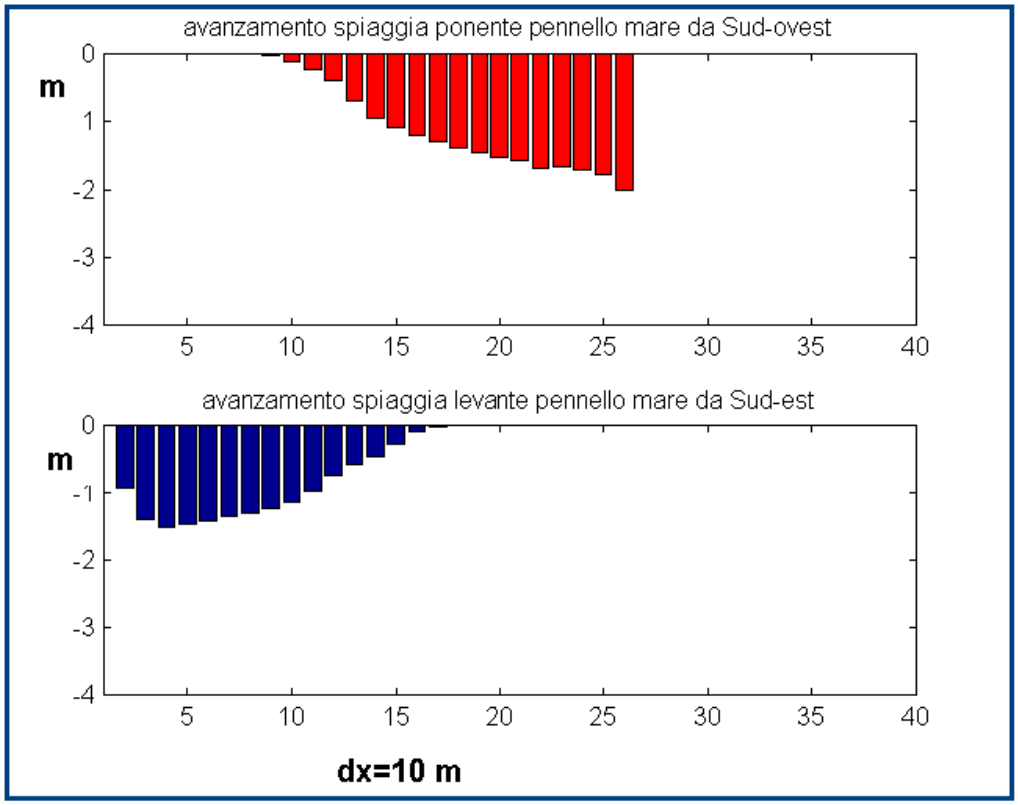


Fig.3

Genova , 5 Luglio 2012 Prof. Lorenzo Papa

Bibliografia

Danish Hydraulic Institute (1991). “Particle: a computer system for modelling of transport and fate of solutes and sediments. Technical Description. “

Komar, P. and Inman D. (1970). “Longshore Sand Transport on Beaches”. *J. Geophys. Res.*, Vol. **75**(30), 5914-5927.

Longuet-Higgins, M.S. (1970). “Longshore currents generated by obliquely incident sea waves.1&2” *J. Geophys.Res.*, Vol. **75**(33), 6790-6801.

Papa, L. and Bertola R. (1983). “A wave refraction computation in the Gulf of Genoa”. *Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. A.*, Vol. **32**, 181-189.

Papa, L. and Vattuone L. (2010). “Numerical model of the trajectory of a floating body in coastal areas” *Proceedings of MWWD 2010 (ISBN 978-9944-5566-4-4),* Langkawi, Malaysia, October 25-29, 2010.

Papa, L. and Vattuone L. (2011). “A numerical model to compute ocean currents and the trajectories of a set of particles released in the sea from coastal sources”. *Proceedings of the 2011 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM 11+),* Seoul, Korea, September 18-22, 1389-1399.

Papa, L. and Vattuone L. (2012). “Modelling of the transport and dispersion of oil spill in the sea by particles”. *Proceedings of ACEM 12 Congress,* Seoul, Korea, August 26-29.

Skovgaard, O. (1973). “Selected numerical approximation methods”. *Danish Centre for Appl. Math. and Mech.*, Rep. N. **62,** Technical University of Denmark.