

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
“*PARTHENOPE*”



PROGETTO DI RICERCA PER L'AMMISSIONE AL
CORSO DOTTORATO IN
FENOMENI E RISCHI AMBIENTALI

PROGETTO

*Implementazione di un sistema previsionale per la gestione di
emergenze meteo-marine in area costiera*

CANDIDATA: Dott.ssa Diana Di Luccio

XXX CICLO

Sommario

- Abstract	3
- Presentazione dell'oggetto di studio e stato della ricerca.....	5
- Metodologia.....	9
- Conclusioni e sviluppi futuri.....	11
- Bibliografia.....	12

Abstract

L'ambiente costiero è un sistema con una dinamica estremamente complessa, influenzata da fattori naturali ed antropici che concorrono a determinare la sua evoluzione nel tempo e nello spazio.

Nello specifico, la fascia costiera campana, in particolare quella rientrante nei confini del Comune di Napoli, è densamente interessata dalle attività antropiche ed eventi di questo tipo possono portare ingenti danni in termini paesaggistici, sociali ed economici.

Il progetto di ricerca proposto nel seguente documento è focalizzato sulla determinazione dell'impatto sulla costa delle mareggiate in termini di potenziale rischio a cui sono esposti i cittadini e le infrastrutture.

Questa proposta progettuale si inserisce nell'ambito degli studi che l'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" ed il Comune di Napoli - promotori del progetto - stanno conducendo con la collaborazione del C.U.G.R.I. (*Consorzio inter-Universitario per la previsione e prevenzione dei Grandi Rischi*) sul rischio legato agli eventi meteo-marini estremi che coinvolgono la fascia costiera.

The coastal environment is a highly complex dynamic system, influenced by natural and human factors that contribute to determining its spatial and temporal evolution.

Specifically, Campania coastal zone, in particular the one included in the City of Naples area, is heavily affected by human activities and extreme weather/marine events cause extensive damage in terms of landscape, social and economic.

This work aims to determine the impact of extreme events of coastal marine inundation as the potential risk that are exposed citizens and infrastructures.

This project proposal is part of the studies that the University of studies of Naples "Parthenope" and city of Naples - promoters of project - are

conducting, in collaboration with the C.U.G.RI. (Inter-University consortium for the prediction and prevention of major risks). The project scientific and technological results could be considered in order to provide decision support to local authorities and operators of bathing beaches in case of extreme sea storm events.

Presentazione dell'oggetto di studio e stato della ricerca

L'ambiente costiero è un ecosistema dinamico in cui processi naturali e antropici interagiscono modificandone le caratteristiche geomorfologiche, fisiche e biologiche.

L'artificializzazione delle coste con strutture abitative e di trasporto è in progressivo aumento [1].

La densità di popolazione sulle coste è in misura più che doppia rispetto alla media nazionale: il 30% della popolazione italiana vive stabilmente nei 646 comuni costieri, ossia su un territorio di 43.000 km², pari a circa il 13% del territorio nazionale [2].

Il 34% del territorio nazionale compreso nella fascia dei 300 m dalla riva, area che la normativa annovera tra i beni da tutelare per il loro valore paesaggistico (D. Lgs. 42/2004 e s.m.i.), è urbanizzato, per un valore complessivo di 696 km² [3].

All'elevata densità di popolazione corrispondono numerosi insediamenti urbani, economici e produttivi, che in molte zone, hanno modificato e alterato notevolmente le caratteristiche naturali del territorio.

I fenomeni connaturati all'ambiente costiero, che si manifestano con erosione dei litorali, inondazioni ed eventi meteo-marini eccezionali, rappresentano una minaccia per gli insediamenti urbani prospicienti la riva, in cui sono messe a rischio abitazioni, infrastrutture e attività economiche.

In particolare, l'azione del mare e la sua forza d'urto durante le mareggiate si manifesta sulle coste alte con un lento processo erosivo che provoca scalzamenti alla base dei costoni e, in determinate condizioni, il crollo di parti del sistema roccioso. Invece sulle coste basse, con una costante opera di movimentazione dei sedimenti, la forza d'urto della mareggiata, provoca continui e più evidenti rimodellamenti dei territori.

Su una costa altamente urbanizzata eventi di questo tipo possono essere un grave problema per la sicurezza dei cittadini, oltre che per i danni sociali ed economici che il verificarsi degli stessi potrebbe provocare in assenza di opportuni piani di prevenzione.

Gli strumenti normativi per la protezione dell'ambiente marino e costiero hanno come denominatore comune la promozione del coordinamento tra i settori economici,

amministrativi. A livello nazionale sono stati attivati i processi di concertazione interistituzionale finalizzati alla ratifica del Protocollo sulla Gestione Integrata delle Zone Costiere, entrato in vigore il 24 marzo 2011. A livello regionale, invece, è sempre più evidente e diffuso un approccio integrato nell'elaborazione di strumenti per la gestione dell'area costiera.

In questo contesto si inserisce il progetto di ricerca scientifica in esame, nato da una convenzione (Determinazione n°5 Ottobre 2013 – CIG 0251447C9D) stipulata tra il DiST¹, il Dipartimento Ambiente – Servizio Tutela del Mare del Comune di Napoli ed il C.U.G.Ri.² - Università di Salerno [5] per lo studio delle tecniche di monitoraggio, analisi e previsione dello stato del mare.

In particolare, utilizzando il know-how e le esperienze maturate in passato si procederà allo sviluppo di un sistema di preallarme e now-casting per il rischio di inondazione marina causata da mareggiata.

Il paraggio preso in esame come test pilota rientra nei confini amministrativi del Comune di Napoli (Regione Campania), zona particolarmente vulnerabile all'inondazione marina a causa della rapida urbanizzazione della costa negli ultimi decenni.

Il contributo innovativo della proposta di ricerca in ambito costiero sarà fornire un sistema operativo in grado di gestire soglie di allarme in relazione alla durata e all'intensità dell'evento di mareggiata previsto dai modelli matematici utilizzati, andando ad integrare la rete di monitoraggio meteo-marino dell'Università degli Studi di Napoli "*Parthenope*" [6].

Le attività di ricerca si concentreranno anche sull'analisi comparativa dei risultati previsti dai modelli con i dati acquisiti da boe ondametriche (boa di Ponza - rete RON³ [7]; boa di La Gaiola [8] - Comune di Napoli in gestione all'Università degli Studi di Napoli "*Parthenope*" / Dipartimento di Scienze e Tecnologie), al fine di validare e calibrare l'intero sistema ed effettuare uno studio sulla variabilità dei litorali rispetto al fenomeno dell'ingressione del mare in seguito ad eventi meteo-marini estremi.

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie - Università degli Studi di Napoli "*Parthenope*"

² Consorzio inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi

³ Rete Ondametrica Nazionale

Per la Regione Campania, studi di questo tipo sono già stati condotti dall'Autorità di Bacino Regionale Nord Occidentale nell'ambito del Piano per la difesa delle Coste [9] (adottato con Delibera di Comitato Istituzionale n. 285/2009, approvata con Delibera di Giunta Regionale n. 417/2010 ed integrata dalla delibera di Giunta Regionale n. 507/2011 e dalle Delibere di Comitato Istituzionale nn. 305/2009, 325/2010 e 327/2010), che contiene disposizioni di attuazione generali e specifiche linee guida in materia di assetto e gestione della fascia costiera, nonché destinazioni d'uso del suolo, allo scopo di assicurare la prevenzione dai pericoli di erosione, inondazione e frana della costa ed impedire nuove situazioni di rischio.

Sulla base degli studi empirici illustrati nella relazione idraulico-marittima allegata al Piano per la Difesa delle Coste, è stata prodotta un'analisi storica delle caratteristiche ondose connesse alle mareggiate estreme, riferite ad un prefissato periodo di ritorno, che ha consentito l'elaborazione di carte del rischio d'inondazione (invasione dell'acqua di mare durante una mareggiata estrema) ed erosione della costa bassa (perdita della spiaggia emersa), per la fascia costiera della Regione Campania di competenza dell'Autorità di Bacino Nord-Occidentale.

Un approccio di questo tipo ha consentito di perpetrare, finora, soltanto azioni preventive sulla base di dati statistici ma, data la complessa dinamicità a breve termine dei fenomeni fisici coinvolti, si è ritenuto necessario affiancare a ciò il supporto di modelli matematici di previsione per osservare come il sistema atmosfera-mare evolve nel tempo e nello spazio in relazione alle caratteristiche morfologiche locali, al fine di identificare il rischio a cui sono esposti i cittadini e le infrastrutture.

La necessità di dotare la Regione Campania di un sistema di pre-allertamento per le mareggiate è evidenziata all'art. 12 c. 34 (rettificato con Delibera 327/2010 del Comitato Istituzionale dell'Autorità del Bacino) e all'art. 14 c. 15 delle norme di

⁴ Art. 12 c. 3 : *“nelle aree a rischio elevato d'inondazione, le strutture stagionali, amovibili e temporanee ad uso turistico e balneare potranno essere utilizzate, subordinatamente all'attuazione di un sistema di monitoraggio e pre-allertamento. Qualora tale sistema non dovesse essere attivo ovvero non risultasse approvato dagli enti competenti, le strutture in questione dovranno essere totalmente rimosse”*.

⁵ Art. 14 c. 1: *“nelle aree nelle quali sono comunque possibili fenomeni d'inondazione, gli enti territorialmente competenti dovranno attivare i sistemi di allerta e protezione civile ...”*.

attuazione del Piano di Difesa delle Coste che inseriscono tale sistema di previsione tra gli strumenti necessari per la sicurezza delle strutture stagionali ad uso turistico e balneare.

In relazione a quanto previsto dalla legislazione, l'implementazione del sistema di pre-allertamento, alla base del progetto di ricerca proposto, fornirà un supporto decisionale agli Enti locali ed ai gestori di stabilimenti balneari per pianificare ed elaborare strategie di emergenza da attivare in caso di eventi meteo-marini estremi.

Metodologia

Per questo progetto di ricerca si è scelto un approccio indiretto alla problematica relativa all'inondazione marina, con un'analisi tesa a prevedere gli eventi di mareggiata estremi che potrebbero verificarsi nel paraggio in esame.

Il raggiungimento degli obiettivi illustrati nei paragrafi precedenti è possibile attraverso l'implementazione di un sistema di previsione meteo-marina a scala regionale, ad alta risoluzione spaziale sulla Regione Campania, con dominio innestato one-way sul Golfo di Napoli.

Gli strumenti utilizzabili per questa ricerca scientifica sono modelli matematici opportunamente configurati utilizzando un sistema di calcolo ad alte prestazioni per gestire ed eseguire una catena modellistica basata su gli algoritmi implementati nei modelli numerici open-source WRF (*Weather Research and Forecasting*) [12], WW3 (*Wavewatch III*) [13] e SWAN (*Simulating WAVes Nearshore*) [14].

La catena modellistica ha come punto di riferimento il modello numerico WRF con il quale è possibile stimare i forzanti atmosferici necessari ad alimentare il modello WW3 per stimare le caratteristiche del moto ondoso a largo e fornire le condizioni al contorno per la modellizzazione delle onde in acque basse al modello SWAN.

L'azione del moto ondoso sul litorale non dipende solo dal clima meteomarinico al largo e dall'esposizione della costa, ma anche dagli effetti che piccole variazioni della batimetria inducono nella propagazione delle onde verso costa (rifrazione, shoaling, attrito con il fondo, frangimento ecc.).

Il modello SWAN permette di stimare l'altezza significativa delle onde a d una certa distanza dalla costa, dipendente dalla risoluzione spaziale della griglia di calcolo utilizzata, il periodo di picco e i parametri dello spettro Jonswap. Le altezze d'onda così ottenute vengono trasformate da largo al punto finale del profilo attraverso i coefficienti di shoaling e rifrazione, infine con il modello di decadimento dell'onda frangente si stima l'andamento delle onde da largo a riva e il rispettivo run-up.

Per il paraggio considerato, a partire dalle caratteristiche delle onde al largo, in seguito alla stima delle trasformazioni che queste subiscono nella verso riva, è necessario:

- valutare il run-up delle onde sul litorale in caso di spiagge [15];
- valutare la portata di overtopping delle onde in presenza di barriere frangiflutti aderenti o distaccate [16] rispetto alle strutture esposte alla mareggiata.

Gli scenari sono stati scelti tenendo conto delle caratteristiche del paraggio pilota considerato ma, utilizzando le opportune formule empiriche sarà possibile ampliare lo spettro delle casistiche da prendere in esame.

La stima del livello di pericolosità a cui sono esposti i cittadini e le infrastrutture è effettuata per confronto con tabelle di look-up [17] disponibili in letteratura.

La corretta previsione degli episodi di mareggiata è importante per le grandi ricadute che il verificarsi di eventi meteo-marini estremi può avere in campo economico, di protezione civile e ambientale. Alla sempre migliore affidabilità degli strumenti numerici di previsione si arriva mediante la costante verifica dei risultati e dei metodi di impiego dei modelli,

In questo contesto, una delle attività da esplicare nell'ambito del progetto di ricerca qui esposto si focalizza sulla correlazione spazio-temporale delle misure effettuate in situ con boe meteo-oceanografiche ed i parametri fisici forniti dagli strumenti numerici utilizzati.

Di seguito sono elencate alcune caratteristiche delle boe a cui fare riferimento e le ipotesi che hanno portato alla scelta delle stesse:

- boa di Ponza ($40^{\circ} 52' 0.1''$ N, $12^{\circ} 56' 60.0''$ E): la boa è parte della RON. I dati ondametrici triorari registrati nella stazione di Ponza, dovranno essere correlati al clima ondoso che compete al paraggio in esame ipotizzando che il clima ondoso di Napoli (paraggio pilota) e Ponza dipende dagli stessi eventi anemometrici e che la differenza tra i climi delle due località possa essenzialmente essere dovuta ai diversi fetch delle stesse. Tale ipotesi è sufficientemente avvalorata dall'esposizione e relativa vicinanza della boa al paraggio pilota. La boa è equipaggiata con un ondometro direzionale accelerometrico a stato solido, una stazione meteorologica completa, un misuratore della conducibilità elettrica dell'acqua di superficie e un termometro per la temperatura del mare in superficie.

- boa di La Gaiola (40° 47' 12" N, 14° 11' 30" E): la boa, acquistata dal Comune di Napoli, è posizionata in prossimità della Secca della Cavallara in località “La Gaiola” ed è gestita dall’Università degli Studi di Napoli “Parthenope”. La boa è dotata di sensori che consentono di rilevare dati giornalieri di vento, pressione, temperatura, umidità, corrente marina a varie quote, salinità, ossigeno disciolto in acqua e moto ondoso.

Le boe, pur non essendo in grado di caratterizzare l’intero paraggio (sia per la limitatezza del periodo di osservazione, sia per la scarsa copertura geografica), consentono interessanti analisi sui metodi di ricostruzione delle mareggiate attualmente in uso.

Conclusioni e sviluppi futuri

I dati delle simulazioni numeriche e i risultati ottenuti potranno essere condivisi e liberamente accessibili rispondendo alle nuove esigenze scientifiche dell'Open Data.

In futuro ciò potrebbe portare allo sviluppo di un sistema ancora più complesso dal punto di vista computazionale, considerando anche le variabili connesse alle caratteristiche geologiche dell'area di studio che influenzano la maggiore o minore propensione dei materiali a destrutturarsi, favorendo fenomeni di erosione della costa.

Un ulteriore modulo potrebbe essere configurato per valutare gli stress che possono subire le popolazioni di flora e fauna sessile marino - costiera in relazione ai cambiamenti nel regime delle correnti e del moto ondoso lungo costa, indotti da cause antropiche o naturali.

Bibliografia

- [1] **ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), 2013. *Rapporto*.
- [2] **ISTAT**, 2014. *Rapporto annuale*.
- [3] **ISPRA** (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), 2011. *Annuario dei dati ambientali*.
- [4] **G.J. Komen, L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann**, 1996. *Dinamics and modeling of ocean waves*.
- [5] **C.U.G.Ri.** → www.cugri.it
- [6] meteo.uniparthenope.it
- [7] www.telemisura.it
- [8] www.scienzeetecnologie.uniparthenope.it/boa-gaiola.html
- [9] www.difesa.suolo.regione.campania.it
- [10] **Carratelli et al.**, 2009. *Impiego di dati satellitari per la messa a punto di un sistema di allerta per il rischio di mareggiate*.
- [11] **A. Arakawa and V. R. Lamb.**, 1977. “*Methods of computational physics*”, volume 17, pages 174–265. Academic Press.
- [12] **WRF** → www.wrf-model.org
- [13] **WW3** → <http://polar.ncep.noaa.gov/waves>
- [14] **SWAN** → <http://swanmodel.sourceforge.net>
- [15] **U.S. Army Coastal Engineering Research Center**, 1984. *Shore Protection Manual*.
- [16] **T. Pullen, H. Allsop, T. Bruce and J. W van der Mer**, 2007. *Wave Overtopping af Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual, Overtopping Manual*.
- [17] **Allsop, W. and Bruce, T. and Pullen, T.A. and Van der Meer, J.**, 1-3 July 2008. *Direct hazards from wave overtopping - the forgotten aspect of coastal flood risk assessment?*, 43rd Defra Flood and Coastal Management Conference, Manchester University

- [18] **Y. Song and D. B. Haidvogel**, 1994. *A semi-implicit ocean circulation model using a generalized topography-following coordinate system*. J. Comp. Phys., 115(1): 228–244.
- [19] **G. Giunta, P. Mariani, R. Montella, A. Riccio**, 2006. *pPOM: A nested, scalable, parallel and Fortran 90 implementation of the Princeton Ocean Model*. Elsevier: 117-122.
- [20] **D. Di Luccio**, 2009 *Implementazione del modello ROMS come componente di un laboratorio virtuale per la modellistica ambientale*, Tesi di Laurea Triennale
- [21] **D. Di Luccio**, 2012 *Simulazione e gestione di eventi di inquinamento marino: il problema della mitilicoltura in Campania*, Tesi di Laurea Magistrale
- [22] **THE SWAN TEAM**, 2009 – *Swan User Manual*. Delft University of Technology, Delft University of Technology Faculty of Civil Engineering and Geosciences Environmental Fluid Mechanics Section The Netherlands
- [23] Delft University of Technology. “*Implementational Manual SWAN Cycle III*”
- Arakawa A. e Lamb V. R.**, 1977. “*Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model*”, Meth. Comput. Phys., 17, pp. 173-265.
- [24] **Blumberg, A.F., L.H. Kantha**, 1985. “*Open boundary conditions for circulation models*”. J. Hydraul. Engeng. 11, 237-255.
- [25] **Kantha, L. H.** 2004. “*Numerical models of oceans and oceanic processes*”. Academic Press, 940 pp.
- [26] **Vreugdenhil, C. B.**, 1994. “*Numerical modelling of marine hydrodynamics*”. Elsevier Oceanography Series, 368pp.
- [27] **A. F. Shchepetkin and J. C. McWilliams**, 2005. “*The regional ocean modeling system (roms): A split-explicit, free-surface, topography-following coordinates oceanic model*”. Ocean Modeling, 9:347–404.
- [28] **G. Giunta, R. Montella, P. Mariani, and A. Riccio**, 2005. “*Modeling and computational issues for air/water quality problems: a grid computing approach*”. Nuovo Cimento C, Geophysics & Space Physics, 28:215–224.
- [29] **L. Cavalieri, M. Sclavo**, 2005. *The calibration of wind and wave model data in the Mediterranean Sea*, Institute of Marine Sciences (ISMAR).
- [30] **A. Svendsen**, 2006. *Introduction to nearshore hydrodynamics*, World Scientific.

- [31] **G. Matteotti**, 2004. *Lineamenti di Costruzioni Marittime*, 3a edizione, Edizioni Progetto Padova.
- [32] **G. Fierro**, 2004. *Stato della ricerca sui litorali italiani*, Università degli studi di Genova, 2004.
- [33] **J. A. Battjs, et al**, 1978. *Energy loss and set-up due to breaking of random waves*, Proceedings of the 16th International Coastal Engineering Conference, pp 569-587., 1978.
- [34] **APAT - DIPARTIMENTO TUTELA ACQUE INTERNE E MARINE**, 2007. *Atlante delle opere di sistemazione costiera*.
- [35] **Breccia S., E. Pugliese Carratelli, G. Spulsi**, 1999. *Carte di Rischio Erosione e Mareggiate Litorale Sinistra Sele*. Convegno Asita 99, Naples 9 – 12 November, (in italian).
- [36] **Cavallaro L., C. Faraci, E. Foti, C. Giarrusso, E. Pugliese Carratelli**, 2001. *Il run-up su spiagge e su strutture ad alta pendenza con l'algoritmo Mc Cormack-TVD*. Submitted to L'acqua, (in italian).
- [37] **Giarrusso C. C.**, 1998. *Studio numerico del moto ondoso su fondali intermedi e bassi*. Ph.D. Thesis, Cosenza, Italy, (in italian).
- [38] **Giarrusso C.C., Pugliese Carratelli E. and Spulsi G.**, 1999. *Assessment Methods for Sea-Related Hazards in Coastal Areas*. Journal of Natural Hazard, Kluwer Academic Publishers, pp. 295-309.
- [39] **Giarrusso C.C.G, E. Foti, E. Pugliese Carratelli**, 2000. *Applicability of The NLSW Equations For Run-Up Evaluation Over Coasts With Quasi-Vertical Obstacles*. Proceedings of Fourth International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, ICOPMAS 2000, Bandar Abbas, Iran, 21-24 November.
- [40] **Hu K., Mingham C.G., Causon D.M., Ingram D.M.**, 1999. Numerical Modelling of Impulsive Wave Overtopping of Coastal Structure. *Proceedings of Coastal Engineering and Marina Development*, WIT Press, Southampton, UK.
- [41] **Van der Meer**, 1994. Wave run up and wave overtopping at dikes. *MAST Advanced Study Course on Probabilistic Design of Reliable Coastal Structures*, Bologna, Italy.