

RICEVITORI GPS A BASSO COSTO PER UNO STUDIO DEL WAKE WASH

LOW-COST GPS RECEIVERS FOR A STUDY OF WAKE WASH

Giuseppina Prezioso*, Raffaele Santamaria*

Riassunto

Il trasporto con *High Speed Craft* (HSC), ossia con aliscafi, catamarani e monocarena, comporta indiscutibili vantaggi negli spostamenti via mare; per contro, le elevate velocità raggiunte da tali mezzi provocano onde di wake wash che hanno impatto negativo sull'ambiente costiero e sulle strutture poste in prossimità del bagnasciuga, nonché sulla sicurezza delle persone. Tali onde possono essere notevolmente ridotte stimandone l'entità e scegliendo opportunamente rotte e velocità.

In questa nota si descrive uno studio effettuato a tal fine in cui si evidenzia come, con l'ausilio di cartografia e di ricevitori satellitari GPS a basso costo, sia stato possibile determinare, con precisioni idonee alle finalità richieste, un insieme di parametri (distanza dalla costa, velocità e profondità), relativi ad un HSC, da correlare ai dati ondametrici per l'analisi del fenomeno.

Abstract

The transport with High Speed Craft (HSC), in other words with hydrofoils, catamarans and monohulls, involves indisputable advantages in the movements via sea; on the other hand, the high speeds reached by these means cause wake wash waves that have negative impact on the coastal environment and on the structures set in proximity of the shoreline, as well as on people safety. These wake wash waves may be significantly reduced by estimating their magnitude and choosing opportunely routes and speed.

This note describes a study conducted for this purpose which shows how, with the aid of cartography and low-cost GPS satellite receivers, it is possible to detect, with accuracy suitable to the purposes required, a set of parameters (distance from the coast, speed and depth), relative to an HSC, to be correlated with wavemeters data for the phenomenon analysis.

Introduzione

Nel Golfo di Napoli, negli ultimi decenni, si è avuto un notevole incremento del traffico marittimo ed, in particolare, è aumentata la domanda di trasporto con mezzi veloci, i cosiddetti HSC (*High Speed Craft*). Le compagnie di navigazione hanno risposto a questa esigenza offrendo collegamenti sempre più numerosi tra Napoli e le isole di Capri, Ischia e Procida, nonché tra Castellammare di Stabia, Sorrento e Capri.

* Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Dipartimento di Scienze Applicate

Attualmente circa 50 HSC (aliscafi, catamarani e monocarena) solcano più volte al giorno le acque del Golfo realizzando centinaia di corse giornaliere, valore che aumenta ulteriormente nel periodo estivo per la presenza di numerosi turisti.

Considerando anche l'attivazione da parte della Regione Campania del servizio denominato "Metrò del Mare", che collega diversi centri rivieraschi, si giunge ad un totale di circa 40000 corse all'anno con HSC [5]. Un così forte sviluppo dell'alta velocità, pur comportando notevoli vantaggi nel trasporto via mare, ha dato origine a vari problemi di impatto ambientale tra cui quelli connessi alla generazione delle onde di *wake wash*.

Diversamente dalle onde prodotte dalle navi tradizionali, che risultano visibili a distanza dalla costa, queste onde hanno periodo più lungo, bassa ampiezza e non sono particolarmente visibili se non in prossimità del litorale dove aumentano rapidamente di altezza.

Per tale motivo esse, oltre ad un impatto negativo sull'ambiente costiero e sulle strutture poste in prossimità del bagnasciuga, rappresentano un pericolo per la sicurezza delle persone poiché arrivano improvvisamente, anche in condizioni di mare calmo e, spesso, dopo che il mezzo è fuori dalla vista.

In relazione a tale problematica non esiste, a livello internazionale, alcuna normativa che imponga restrizioni alla produzione ondosa delle unità navali ma, nonostante ciò, in singoli Paesi e per determinate aree geografiche, sono stati adottati specifici regolamenti.

In Italia, così come negli altri Stati dell'Unione Europea, vengono prese a riferimento le prescrizioni emanate nel 1997 dall'Autorità Marittima Danese (DMA). In base a tali prescrizioni le compagnie di navigazione sono tenute a presentare una documentazione tecnica comprovante che la massima altezza dell'onda prodotta dai propri mezzi veloci [2] non superi il valore:

$$H \leq 0,5 \sqrt{\frac{4,5}{T}} \quad (1)$$

in cui:

H massima altezza dell'onda, in metri, misurata in corrispondenza della batimetrica di 3m;
 T periodo medio dell'onda, in secondi.

Se la (1) risulta soddisfatta è possibile affermare, per quanto stabilito dalle direttive del DMA, che le onde di *wake wash* non costituiscono un rischio per la sicurezza della navigazione e per le attività di svago nelle aree costiere.

In questo scenario, la Società di Navigazione SNAV ha commissionato al Dipartimento di Scienze Applicate dell'Università "Parthenope" di Napoli un'indagine finalizzata a valutare la conformità alla predetta normativa delle onde di *wake wash* prodotte da un proprio mezzo veloce, il catamarano "Don Francesco" (figura 1), in servizio sulle rotte Castellammare-Sorrento-Capri.

L'analisi della formazione ondosa (figura 2) di questa unità, come di altre, può essere effettuata secondo vari approcci metodologici: simulazione numerica, sperimentazione al vero oppure sperimentazione su modello in vasca navale.

Dalla valutazione delle caratteristiche e dei limiti delle diverse metodologie si è deciso, in questo lavoro, di confrontare l'altezza delle onde derivate da simulazione numerica con quella delle onde realmente prodotte dal mezzo.



Fig. 1 - Catamarano "Don Francesco" (SNAV)

Per tale comparazione, oltre alla conoscenza delle specifiche tecniche del catamarano e alla misurazione delle onde, occorre determinare una serie di parametri quali la distanza dalla costa, la profondità del fondale e la velocità di transito del mezzo.

Nel seguito viene illustrato come i suddetti parametri siano stati dedotti a partire dal rilievo delle rotte effettuato con ricevitori GPS a basso costo e con l'ausilio di cartografia, lasciando l'analisi del fenomeno fisico del *wake wash* ed il dettaglio dei risultati al settore scientifico di competenza.

Il fenomeno del wake wash

Pur non descrivendo il moto ondoso nella sua complessità occorre accennare che, come descritto da Lord Kelvin nel 1887, una nave in moto genera due tipi di onde (figura 3):

- 1) onde trasversali, che si muovono nella stessa direzione del moto e con la stessa velocità della nave;
- 2) onde divergenti, che si propagano su ciascun lato della nave con un angolo di circa 35° rispetto alla direzione del moto.

Tali onde risultano confinate in una regione cuneiforme con un semiangolo al vertice di circa $\pm 19,5^\circ$, valore quasi indipendente dalla velocità dell'imbarcazione [2].

Il modello d'onda di Kelvin risulta valido solo in condizioni di acque profonde, ossia in acque con profondità maggiore o uguale a metà lunghezza d'onda. In tali condizioni la vicinanza del fondale non influenza la velocità di propagazione delle onde.

Il suddetto modello è caratterizzato da un parametro adimensionale, il Numero di Froude (F_{ni}) riferito alla lunghezza della nave:

$$F_{nl} = \frac{V_s}{\sqrt{g L_w}} \quad (2)$$

con

- V_s velocità della nave
- L_w lunghezza al galleggiamento
- g accelerazione di gravità

Quando un'imbarcazione naviga in acque poco profonde il modello d'onda cambia notevolmente; esso fu descritto nel 1908 da Havelock che introdusse il Numero di Froude (F_{nh}) riferito alla profondità:

$$F_{nh} = \frac{V_s}{\sqrt{g h}} \quad (3)$$

La presenza nella (3) della velocità (V_s) e della profondità (h) del fondale, nel punto in cui si trova la nave, rende il Numero di Froude riferito alla profondità particolarmente idoneo per l'analisi del *wake wash*, in quanto tale fenomeno dipende fortemente dalla combinazione di questi due parametri.

In base al valore di F_{nh} si considera che la nave abbia velocità:

- sub-critica se $F_{nh} < 0.6$
- critica se $F_{nh} \cong 1$
- supercritica se $F_{nh} > 1$



Fig. 2 - Sistema ondoso prodotto dal "Don Francesco"

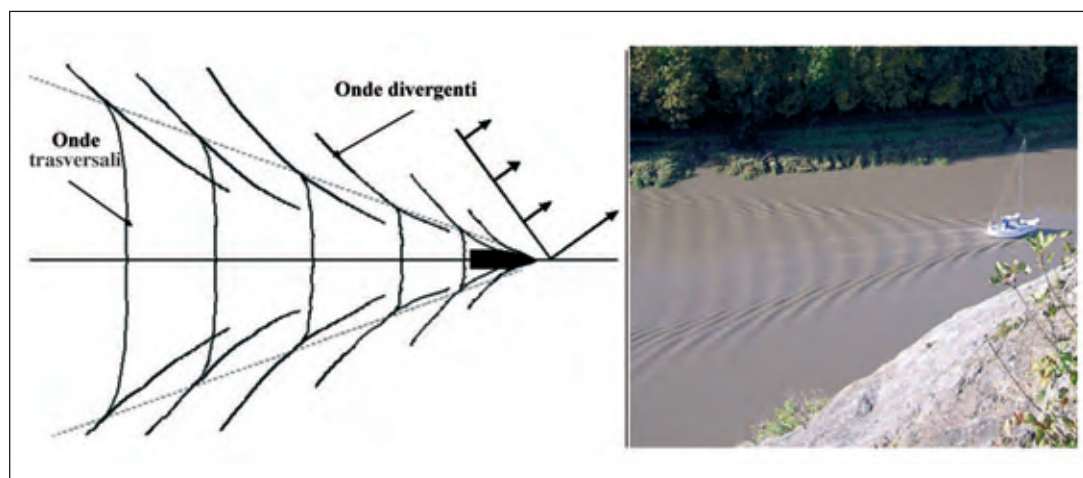


Fig. 3 - Modello d'onda di Kelvin

A velocità sub-critica la nave può essere considerata in acque profonde, mentre a velocità critica si hanno i valori massimi di *wake wash*.

Infatti, per $F_{nh} \cong 1$ le onde trasversali e divergenti formano un unico sistema dando luogo a un'onda (*wake wash*) che si dispone (figura 4 - sinistra) con fronti quasi ortogonali alla linea del moto [1]. Inoltre, in prossimità delle condizioni di velocità critica, l'altezza d'onda tende ad aumentare notevolmente raggiungendo un massimo per $\beta = 1$, di valore anche diverse volte più alto di quello normale.

Se la velocità dell'imbarcazione aumenta ulteriormente si passa al regime supercritico ($F_{nh} > 1$) caratterizzato da un angolo di propagazione delle onde ancora differente [1] e dall'assenza di onde trasversali (figura 4 -destra).

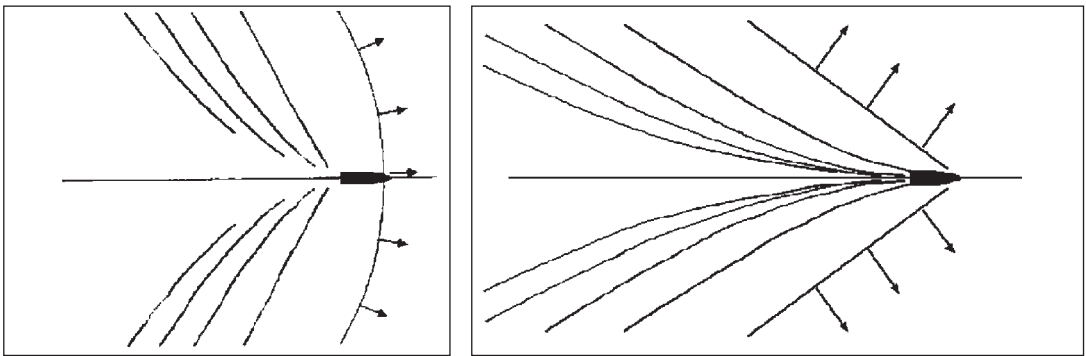


Fig. 4 - Sistema ondoso a velocità critica (sinistra) e supercritica (destra)

Per il mezzo oggetto di questo lavoro, in virtù delle sue dimensioni, delle velocità raggiunte e della profondità dei fondali nell'area di transito, si è ritenuto opportuno analizzare il modello d'onda generato per valutare se sussistono, nel quotidiano servizio di linea, condizioni di Numero di Froude critico.

Prima campagna di misure

Nella prima fase dello studio è stato necessario individuare, lungo il tratto di costa tra Castellammare di Stabia e Punta Campanella, le aree di interesse turistico balneare potenzialmente esposte al rischio rappresentato dalle onde di *wake wash* prodotte dal mezzo della SNAV.

A tal fine, nei giorni 11 e 12 giugno 2008, si è effettuata una prima campagna di misure durante la quale sono stati acquisiti solo dati di posizione. Da questi ultimi si sono ricavati, in determinati punti lungo le varie rotte percorse dal catamarano nel quotidiano servizio di linea, i parametri (distanza dalla costa, velocità e profondità del fondale) necessari per la previsione teorica dell'altezza delle onde generate.

Il rilievo della posizione è stato effettuato con ricevitori satellitari GPS e, considerando che per la problematica in esame risultava sufficiente una precisione metrica, si è scelto di impiegare ricevitori palmari singola frequenza Leica GS20.

Un primo ricevitore è stato posizionato (figura 5) in corrispondenza dell'asse longitudinale della nave a poppavia della plancia in modo da avere libera la visuale. Per evitare la perdita di informazioni, nel caso di imprevedibili interruzioni di acquisizione del dato, ne è stato collocato un secondo ad alcuni metri di distanza.

Tale strumentazione ha consentito di acquisire dati di solo codice sulla portante L_1 , i quali sono stati elaborati con il software dedicato Leica GisDataPro, sia in modalità *point positioning* sia in modalità differenziale, utilizzando come stazione di riferimento quella di Vallo Della Lucania che è risultata essere la stazione permanente a minor distanza (~80 Km) dall'area interessata dal rilievo, avente estensione di circa 20 Km.

La statistica dei dati elaborati in *point positioning* ha fornito uno *s.q.m.* di circa 3,5 m in planimetria, mentre per l'elaborazione dei dati in modalità differenziale tale valore è risultato inferiore a 1,5 m, idoneo alle specifiche richieste.

Mediante una trasformazione a sette parametri, ricavati dalla monografia del vertice IGM95 di Torre del Greco distante circa 13 Km da Castellammare di Stabia, 18 Km da Sorrento e 26 Km da Capri, le rotte rilevate sono state inquadrare nel sistema di riferimento Gauss Boaga – Roma 40 e successivamente esportate in formato *shape* per l'inserimento su cartografia.

Quale base cartografica si è utilizzata la carta nautica n. 127, in scala 1:60000, edita dall'Istituto Idrografico della Marina (I.I.M.) trasformata, mediante scansione, in formato raster ed importata nel software ArcGIS della ESRI. Per la georeferenziazione della carta sono stati individuati 20 punti (figura 6), definiti dalle intersezioni di meridiani e paralleli [3],



Fig. 5 - Ricevitore Leica GS20 sul ponte della nave

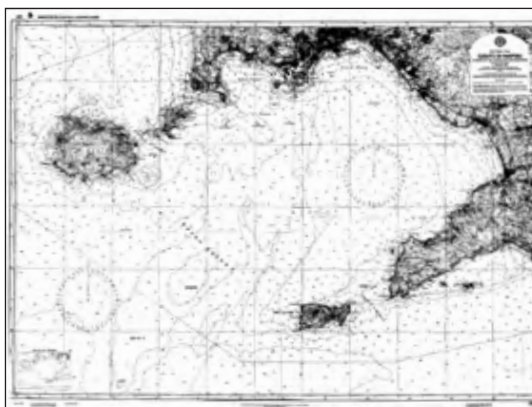


Fig. 6 - Carta Nautica (I.I.M.) con punti utilizzati per la georeferenziazione

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
3	30.247447	20.731915	2463643.526877	4509266.003995	9.37242
4	33.916731	20.736623	2469273.051595	4509225.344141	7.30749
5	37.589605	20.806218	2474302.566149	4509188.955118	9.02525
6	22.902001	15.916864	2452216.987916	4501959.763102	9.41686
7	26.579521	15.920231	2457952.142906	4501910.577836	6.33795
8	30.248053	15.920337	2467967.294371	4501865.685719	2.18410
9	33.917585	15.924590	2469222.414039	4501825.015662	6.03277
10	37.594305	15.944230	2474957.534937	4501788.635940	9.59543
11	22.903966	11.063027	2452249.616872	4494959.452327	3.28875
12	26.579542	11.079574	2457990.365474	4494510.290799	5.94613
13	30.252112	11.077210	2463531.089546	4494465.395363	6.12766
14	33.925099	11.095241	2469171.624015	4494424.760031	6.03212
15	37.599212	11.090421	2474812.541518	4494388.350869	4.81395
16	22.906232	6.207897	2452182.263627	4487159.202081	11.76190
17	26.582032	6.210976	2457920.613915	4487110.062158	7.71233

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine) Total RMS Error: 8.35004

Fig. 7 - Residui nei punti utilizzati per la georeferenziazione della carta nautica

distribuiti in modo uniforme nell'area di interesse. Ai suddetti punti sono state assegnate le coordinate cartesiane Gauss Boaga – Roma 40 ricavate, mediante trasformazione delle corrispondenti coordinate geografiche, con il software Verto 3 dell'Istituto Geografico Militare (grigliati relativi ai fogli 465, 466, 484 e 485).

Applicando, in ArcGIS, una trasformazione polinomiale del primo ordine, la carta è stata inquadrata nel sistema di riferimento indicato in precedenza con un RMS di circa 8,35 m (figura 7); tale valore, in virtù della scala e dell'errore di graficismo, è risultato ampiamente compatibile con la tolleranza della carta, considerata pari a 12 m.

Il successivo inserimento delle rotte rilevate sulla cartografia georiferita ha consentito di individuare, lungo il tratto di costa interessato dai passaggi del catamarano, i seguenti siti (figura 8):

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1) Litorale di Pozzano, | 4) Punta del Capo, |
| 2) Punta Orlando, | 5) Capo di Massa, |
| 3) Punta Gradelle, | 6) Marina di Puolo, |

considerati di potenziale criticità [5] o perché maggiormente prominenti verso ovest, e quindi a minore distanza dalle rotte, o perché zone di notevole interesse balneare.

In corrispondenza di tali siti sono stati creati, sulla cartografia digitale, sei oggetti di tipo puntuale che, unitamente alle rotte, sono stati esportati in formato *shape* ed inseriti in un software CAD.

In tale ambiente sono stati individuati, con l'ausilio di funzionalità grafiche, i punti di passaggio al traverso, cioè quei punti in cui dalla nave ciascuno dei predetti siti è rilevato in direzione perpendicolare rispetto all'asse longitudinale dell'imbarcazione.

In ogni punto di passaggio al traverso è stata calcolata la distanza dalla costa (minima distanza) nonché, con una routine appositamente realizzata in Matlab, la velocità del mezzo mediata nell'intorno del punto stesso.

Modello digitale del fondale marino

La previsione teorica dell'altezza dell'onda generata dall'imbarcazione in corrispondenza dei siti individuati ha richiesto inoltre, come accennato in precedenza, la conoscenza della profondità nei punti di passaggio al traverso di essi.

Per dedurre questo ulteriore parametro sono stati costruiti dei modelli digitali del fondale marino di un'area del Golfo di Napoli, di estensione pari a 27000 m x 23500 m, compresa tra i vertici le cui coordinate sono indicate in tabella 1.

Per la costruzione di tali modelli sono stati vettorializzati (figura 9) i punti quotati e le isobate presenti sulla carta nautica

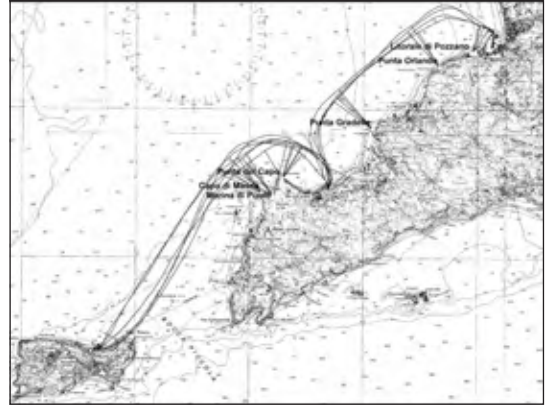


Fig. 8 - Rotte rilevate e siti di interesse

Vertice	Nord (m)	Est (m)
NO	4510000	2451000
NE	4510000	2478000
SE	4486500	2478000
SO	4486500	2451000

Tab. 1 - Vertici dell'area in esame

nell'area sopra definita; ad ogni elemento digitalizzato è stata associata la corrispondente profondità.

Il dataset dei punti quotati è stato completato con quattro punti, posti in corrispondenza dei vertici dell'area, ad ognuno dei quali è stata assegnata una profondità ottenuta applicando la formula della media pesata alle profondità dei tre punti più prossimi, isolati od appartenenti a batimetriche [3].

I dati così ricavati, organizzati in terne mediante triangolazione di Delaunay (figura 10), hanno consentito la costruzione di un TIN (*Triangulated Irregular Network*), cioè di un modello vettoriale che riproduce l'andamento morfologico del terreno (del fondale marino nel caso in esame) con una distribuzione continua di triangoli piani adiacenti e variamente inclinati.

Per una visualizzazione più immediata dell'andamento del fondale, i valori in metri delle profondità sono stati organizzati in 15 classi [3] con colori gradualmente variabili dall'azzurro per le zone meno profonde al blu per quelle di più elevata profondità (figure 11 e 12).

Dai vertici del TIN è stata interpolata una griglia regolare a maglie quadrate, con passo di campionamento pari a 10 metri, utilizzando il metodo del Prossimo Naturale (*Natural Neighbor*). Questa tecnica di interpolazione spaziale, che costituisce una combinazione dei metodi del prossimo più vicino e della media pesata [4], è semplice da utilizzare in quanto non richiede di specificare nessun parametro, come il raggio di ricerca dei vicini o il numero dei vicini, ed è piuttosto appropriata quando i campioni sono distribuiti in maniera irregolare.

I dati del *grid* in formato punto (x, y, z) sono stati convertiti, mediante operazioni di *surface modelling*, in superficie continua permettendo la generazione di un DEM (*Digital Elevation*

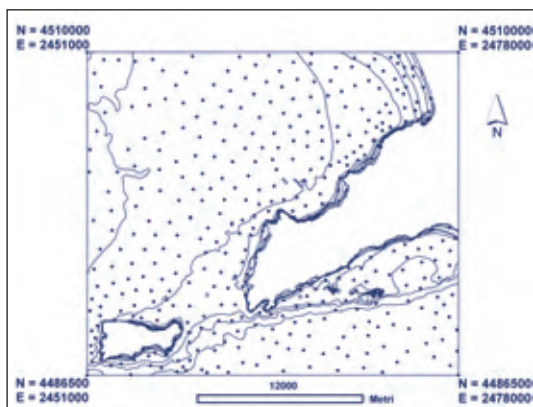


Fig. 9 - Elementi vettorializzati nell'area in esame

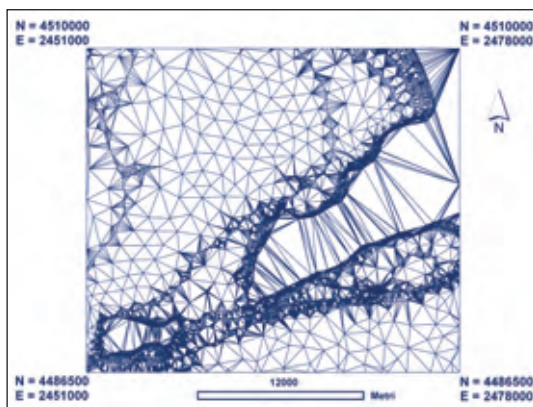


Fig. 10 - Triangolazione per la costruzione del TIN

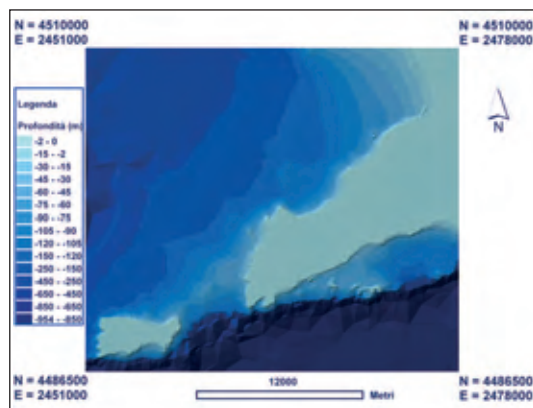


Fig. 11 - Modello TIN (vista dall'alto)

Model) con grandezza del pixel pari a 30 m x 30 m (figura 13).

Al fine di verificare l'attendibilità dell'algoritmo impiegato si sono calcolate le differenze tra le quote del DEM e quelle effettive nei punti di partenza (vertici del TIN); tale operazione è stata eseguita in prima analisi sull'intero dataset iniziale e successivamente solo sui punti interni all'area maggiormente interessata dal transito del mezzo (figura 14).

In entrambi i casi gli scarti desunti sono stati utilizzati per calcolare i parametri statistici più significativi (minimo, massimo, medio, s.q.m. e medio dei valori assoluti), mostrati in tabella 2.

	DEM	Area Campione
Numero di punti	7420	2941
ΔZ_{min} (m)	-7,117	-6,473
ΔZ_{max} (m)	6,787	6,088
ΔZ_{medio} (m)	0,003	0,002
Dev. Standard (m)	0,413	0,367
$\sum \Delta Z /n$ (m)	0,223	0,173

Tab. 2 - Grandezze statistiche significative relative alle differenze tra quote calcolate e quote effettive

Sul modello digitale del fondale marino così realizzato sono state importate (figura 15) le rotte con le rette individuanti i punti di passaggio al traverso dei sei siti indicati precedentemente, in corrispondenza dei quali è stata determinata la profondità, ultimo parametro indispensabile per la simulazione numerica.

Seconda campagna di misure

La simulazione numerica del moto ondoso, effettuata sulla base dei parametri desunti dalla prima sessione di misure, ha evidenziato che Punta Orlando è, tra quelli monitorati, il sito maggiormente esposto alle onde di *wake wash* [5].

Per valutare la reale entità del fenomeno in corrispondenza di tale tratto di costa si è svolta, nei giorni dal 25 al 30 giugno 2008, una

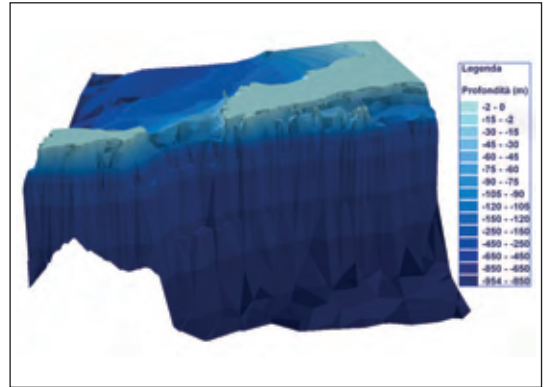


Fig. 12 - Modello TIN (vista in 3D)

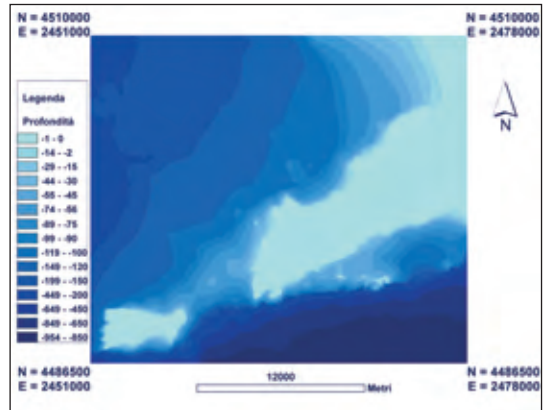


Fig. 13 - DEM costruito con il metodo del Natural Neighbor

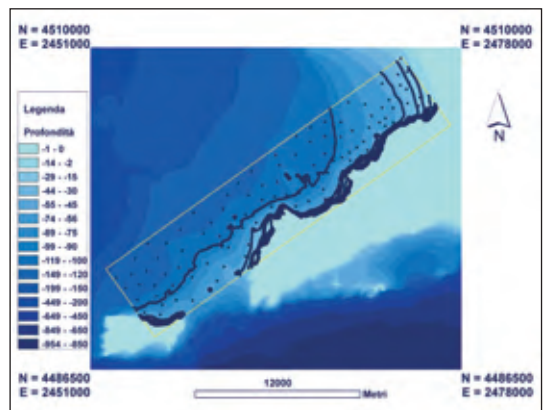


Fig. 14 - Area test per la verifica del DEM

seconda campagna di misure durante la quale, oltre a rilevare le rotte, è stata misurata l'altezza delle onde prodotte dal catamarano.

Il moto ondoso è stato acquisito con un ondometro, strumento che registra dati di pressione dai quali è possibile, con software dedicati, ricavare variazioni di livello della superficie marina sia di breve (onde) che di lungo periodo (maree). Tale strumento, opportunamente testato durante la prima fase dello studio, è stato programmato in modo da essere attivo all'arrivo delle onde di *wake wash* generate dal mezzo.

Fissato ad un supporto metallico del peso di circa 20 kg, esso è stato ancorato al fondale (figura 16), nell'area di interesse, ad una profondità di circa 9 metri e ne è stata determinata la posizione con strumentazione satellitare.

Completata la messa in posa dell'ondometro, ha avuto inizio la sperimentazione che si è svolta in condizioni meteo favorevoli al fine di ridurre al minimo gli errori di misura derivanti dalla sovrapposizione delle naturali oscillazioni della superficie libera del mare con le onde di *wake wash* [5].

Nel corso del test, effettuato durante il normale servizio di linea, l'unità navale ha effettuato diversi passaggi in prossimità dell'ondometro. Per associare ad ogni transito del mezzo la relativa onda di *wake wash* generata e determinarne l'altezza è stato necessario rilevare, contemporaneamente, le rotte e ricavare da esse, con procedimento analogo a quanto descritto nei paragrafi precedenti, i valori di distanza, velocità e profondità nei punti di passaggio al traverso dell'ondometro, simulato su cartografia digitale da un oggetto di tipo puntuale.

Le altezze delle onde di *wake wash*, ottenute dalla sperimentazione al vero, sono state confrontate con quelle dedotte da simulazione numerica. Il confronto tra valori teorici e sperimentali ha fornito risultati positivi, pur evidenziando delle discrepanze causate da sovrapposizione di onde non attribuibili alla nave in oggetto.

Influenza della distanza e della profondità sulla produzione ondosa

Lo studio teorico-sperimentale si è ulteriormente sviluppato con prove mirate a determinare l'influenza della distanza di transito del mezzo dalla costa sulla produzione ondosa.

A tale scopo, su indicazioni del personale scientifico imbarcato sulla nave, in assenza di passeggeri e mantenendo la velocità del mezzo pressoché costante (~30 nodi), si sono effettuati dei passaggi (figura 17) a distanza progressivamente variabile dall'ondometro (da ~2000 m a ~300 m).

Durante tali evoluzioni sono stati acquisiti dati di posizione che, elaborati ed inseriti su cartografia e sul DEM realizzato, hanno consentito di ricavare i parametri necessari sia per la simulazione numerica sia per la determinazione dell'altezza delle onde registrate dall'ondometro consentendo di associarle alle relative distanze di transito del catamarano.

In questa fase, per valutare anche visivamente l'impatto sul litorale (figura 18) delle onde di *wake*

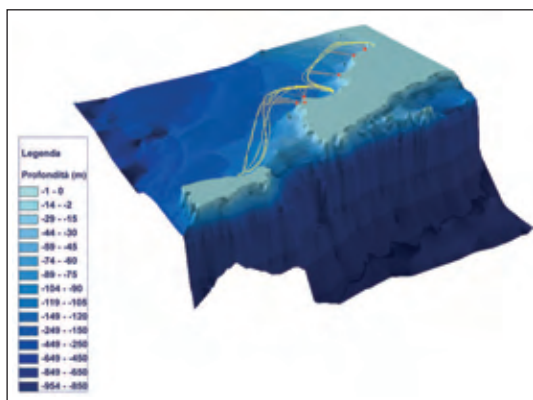


Fig. 15 - Rotte su modello digitale del fondale



Fig. 16 - Posizionamento dell'ondametro sul fondale



Fig. 17 - Rotte percorse a diverse distanze dall'ondametro



Fig. 18 - Onda prodotta dal passaggio del catamarano a 300 m dalla costa

wash prodotte dal mezzo alle varie distanze, è stata realizzata una campagna fotografica.

Infine, per analizzare l'influenza della variazione di profondità del fondale sulla propagazione dell'onda sono state effettuate, con la strumentazione ondametria posta ad una minore profondità, misure analoghe a quelle finora descritte.

Il lavoro si è concluso con l'inserimento di tutte le rotte rilevate, nonché dei parametri da esse derivati, sulla Cartografia Tecnica Numerica della Provincia di Napoli in scala 1:5000 ed effettuando un accurato *editing*, in ambiente CAD, per fornire al committente i risultati della sperimentazione.

Conclusioni

In questo lavoro è stato effettuato uno studio volto a valutare l'entità delle onde di *wake wash* prodotte da un *High Speed Craft* operante nel Golfo di Napoli.

Il fenomeno è stato indagato confrontando l'altezza delle onde derivate da simulazione numerica con quella delle onde realmente prodotte dal mezzo.

Per tale approccio metodologico è stato necessario, oltre a conoscere le caratteristiche tecniche del catamarano ed a registrare le onde generate, determinare la distanza dalla costa, la profondità del fondale e la velocità di transito del mezzo in specifici punti.

In questa nota si è illustrato come i suddetti elementi siano stati ricavati acquisendo dati di posizione con ricevitori satellitari GPS ed elaborando le informazioni derivanti da cartografia.

I risultati della sperimentazione hanno dimostrato che le onde prodotte dal catamarano oggetto dello studio, nell'attuale servizio di linea, sono nei limiti previsti dalla normativa di riferimento.

Al di là della specifica tematica trattata e dei risultati conseguiti, l'esperienza condotta nell'ambito dell'attività di ricerca ha evidenziato le potenzialità della geomatica quale ausilio alla risoluzione di problematiche relative al settore navale e ciò lascia intravedere spazi per ulteriori applicazioni.

Bibliografia

- [1] BEGOVIC E., BENASSAI G., NOCERINO E., SCAMARDELLA A., *Field investigation on wake wash generated by HSC in the bay of Naples*, Proc. Int. Conf. ICMRT, Ischia, Italy, 28-30 July 2007.
- [2] BEGOVIC E., NOCERINO E., SCAMARDELLA A., *Study on Wake Wash generated by HSC in the bay of Naples*, Proc. Int. Conf. HSMV, Naples, Italy, 20 – 23 May 2008.
- [3] MARTUSCIELLO E., PARENTE C., *Metodi di interpolazione per la modellazione batimetrica nei GIS marini*, Annali della Facoltà di Scienze e Tecnologie, Vol. LXIX, 2005/06.
- [4] PARENTE C., PREZIOSO G., SANTAMARIA R., *Confronto tra metodi di interpolazione per la costruzione di DTM*, Atti del Convegno Nazionale SIFET: Dalle misure al modello digitale, Mantova, 23-26 Giugno 2009.
- [5] SCAMARDELLA A., *Studio delle Onde prodotte dal Mezzo Veloce SNAV "Don Francesco" e loro impatto sulla Costa del Golfo di Napoli*, Relazione Tecnica, Napoli, Luglio 2008.