

Un sistema operativo per la previsione dell'energia da moto ondoso

di Massimiliano Palma, Adriana Carillo, Emanuele Lombardi, Gianmaria Sannino

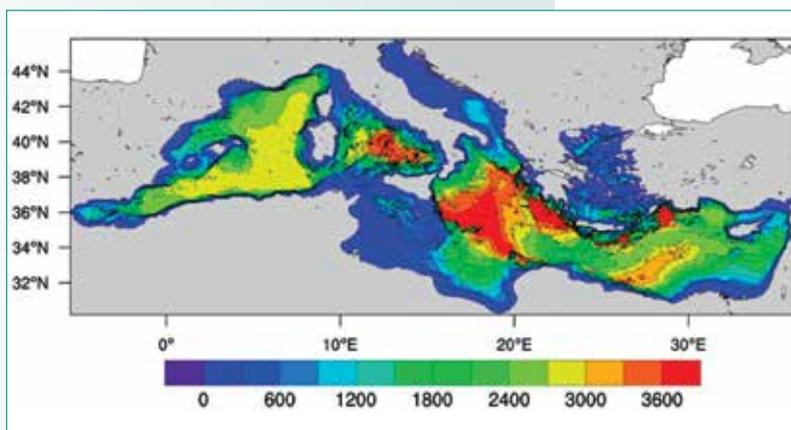


Fig. 1 - Batimetria del Mediterraneo utilizzata per il modello WAM alla risoluzione di $1/32^\circ$ (Carillo et al., 2013).

Conoscere il moto ondoso del mare risulta fondamentale quando si parla di energia rinnovabile proveniente dal mare: una fonte di energia con un grande potenziale ma ancora non pienamente sfruttata. La realizzazione di un sistema operativo per la previsione del moto ondoso nell'area del Mediterraneo, si sta rivelando di grande aiuto per utilizzare l'energia cinetica proveniente da moto ondoso.

L'energia del moto ondoso è una fonte di energia che consiste nello sfruttamento dell'energia cinetica contenuta nel moto ondoso, da cui prende il nome, e che viene classificata tra le cosiddette energie alternative e rinnovabili. Nonostante il suo enorme potenziale, l'energia del mare è ancora poco sfruttata, soprattutto se paragonata a quella che proviene dalle altre fonti rinnovabili, come il sole o il vento. In Italia la costa occidentale della Sardegna e la zona nord-occidentale della Sicilia sono state individuate come le aree più interessanti dal punto di vista energetico (Carillo et al., 2013). Una analisi più dettagliata è stata effettuata anche per la zona di mare circostante l'isola di Pantelleria, che, anche se caratterizzata da una energia

media inferiore, è interessante per lo sfruttamento di energia ondosa a causa delle particolari difficoltà di approvvigionamento energetico (Carillo et al., 2013).

Al fine di collezionare informazioni utili alla messa a punto di tecnologie di conversione energetica specifiche per le coste italiane, è stata effettuata la caratterizzazione di alcuni siti tramite la produzione di grafici della distribuzione di energia in funzione dell'altezza significativa e del periodo. Le climatologie del moto ondoso così realizzate rappresentano un'informazione assolutamente indispensabile durante le fasi di progettazione dei dispositivi di conversione del moto ondoso. Tali informazioni, però, non sono sufficienti durante le fasi di installazione, manutenzione ed esercizio dei dispositivi (Carillo et al., 2013). Durante queste fasi diventa fondamentale conoscere con un certo margine di anticipo lo stato del mare in corrispondenza dei siti selezionati per l'installazione (Carillo et al., 2013). Per questo motivo è stato realizzato un sistema operativo per la previsione del moto ondoso, e dell'energia ad esso associata, su tutto il Mediterraneo, ad una risoluzione di $1/32^\circ$. Il modello di onde più idoneo alla simulazione per l'intero bacino è il modello numerico di simulazione del moto ondoso WAM (WAVE prediction Model; H. Günther et al., 2011), utilizzato sia dai principali centri di ricerca che all'interno di sistemi per la previsione dello stato del

mare. I forzanti necessari per la realizzazione delle previsioni operative dello stato del mare sono costituiti dai campi di vento prodotti da sistemi operativi di previsione meteorologica. Tali campi devono essere prodotti in modo continuativo e disponibili in tempi brevi dopo la loro produzione. Data la complessità della topografia delle aree circostanti il bacino Mediterraneo, la corretta valutazione del vento nelle zone costiere dipende in maniera significativa dalla risoluzione spaziale dei modelli atmosferici utilizzati.

Preliminarmente alla messa a punto del sistema operativo è stata effettuata una simulazione per verificare i risultati del modello di onde rispetto ai dati osservati delle boe della Rete Ondametrica Nazionale.

Modello Numerico

Il sistema operativo realizzato è stato messo a punto per l'intera area Mediterranea ad una risoluzione di circa 3.5 Km. È stata generata una griglia regolare alla risoluzione spaziale di $1/32^\circ$ a partire dalla Carta Batimetrica Generale degli Oceani (GEBCO, www.gebco.net) disponibile alla risoluzione di 30 secondi di arco. Il dominio di calcolo è esteso all'intero bacino Mediterraneo e copre l'area da 5.50°E a 36.125°E e da 30.2°N a 45.825°N (Figura 1) con un numero di punti di nodi di calcolo pari a 1333×501 . Il modello descrive in maniera esplicita l'evoluzione dello spettro di densità di energia, tale spettro è stato discretizzato utilizzando 36 direzioni angolari, corrispondenti a 10° , e 32 intervalli di frequenza, a partire da 0.06 Hz. L'intervallo di tempo per la propagazione delle onde è

stato fissato a 15 secondi, è da notare che questo valore costituisce un limite superiore in quanto il codice WAM è in grado in maniera automatica di ridurre tale valore in caso le velocità siano tali da violare il criterio di stabilità CFL (Courant-Friedrichs-Lewy). Sono stati scelti come forzante i dati delle previsioni fornite dal sistema SKIRON (G. Kallos 1997; A. Papadopoulos et al., 2001; A. Papadopoulos et al., 2002), sviluppato dall'Atmospheric Modeling and Weather Forecasting Group dell'Università di Atene. Tale sistema fornisce previsioni per un intervallo di tempo pari a 5 giorni e ad una risoluzione temporale pari ad 1 ora.

La risoluzione del nostro modello non è comunque sufficiente per fini ingegneristici; la catena operativa è dunque completata da una serie di modelli realizzati ad una risoluzione di circa $1/128^\circ$, corrispondente a distanze dell'ordine di 700-800 m, nelle zone ritenute interessanti (L. La Porta et al., 2013), mostrate in figura 2. La previsione sull'intero bacino Mediterraneo risulta comunque indispensabile per fornire le condizioni al contorno ai vari modelli dei sotto-bacini; l'intensità del moto ondoso dipende infatti sia dalle condizioni locali del vento che dalla propagazione delle onde da zone limitrofe. Questa seconda componente può essere dominante a seconda delle condizioni meteorologiche.

Validazione del modello

Preliminarmente alla messa a punto della catena operativa, si sono verificati i risultati ottenuti con il modello WAM forzato con i dati di vento ot-

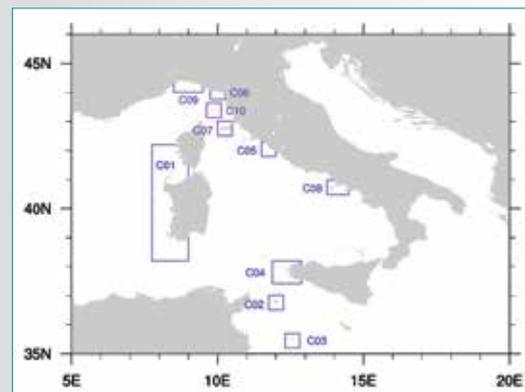


Fig. 2 - Dominio dei dieci modelli realizzati ad una risoluzione di circa 700-800 m (Carillo et al., 2013).

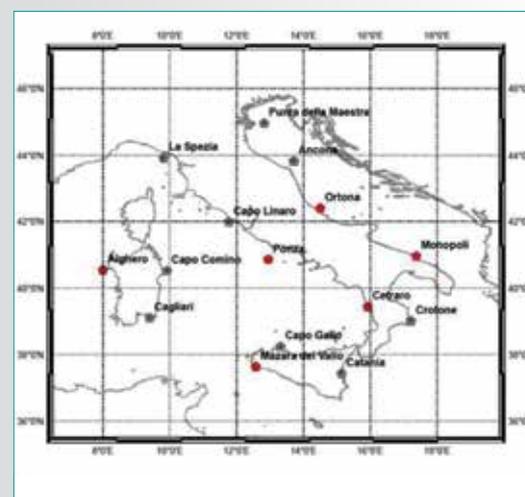


Fig. 3 - Posizione delle boe della Rete Ondametrica Nazionale (RON). In rosso sono indicate le boe per le quali sono disponibili dati nel periodo di interesse (Carillo et al., 2013).

tenuti dal modello SKIRON. A questo scopo è stata realizzata una simulazione della durata di un mese utilizzando l'implementazione ad $1/16^\circ$ del modello WAM. I risultati sono stati confrontati sia con una simulazione effettuata utilizzando le analisi dell'ECMWF (L. Cavaleri et al., 1997; L. Bertotti et al., 2009) che con i dati osservati. I due dataset in input sono completamente indipendenti poiché le condizioni iniziali e laterali per il modello atmosferico sull'area europea SKIRON sono ricavate dal modello globale NCEP.

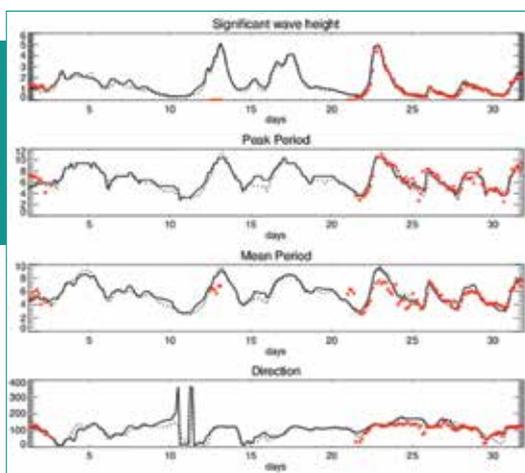


Fig. 4 - Andamento temporale relativo al mese di gennaio 2008 di altezza significativa, periodo di picco, periodo medio e direzione in corrispondenza della boa di Alghero. La linea continua è relativa ad una simulazione con il codice WAM forzato con i campi ECMWF, la riga tratteggiata di una simulazione forzata con i campi di vento ricavati dalla previsione con il sistema SKIRON, in rosso i dati della boa (Carillo et al., 2013).

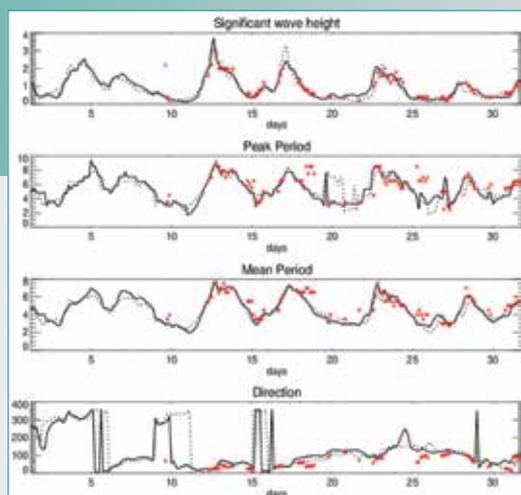


Fig. 5 - Come in figura 4 ma in corrispondenza della boa di Ponzano.

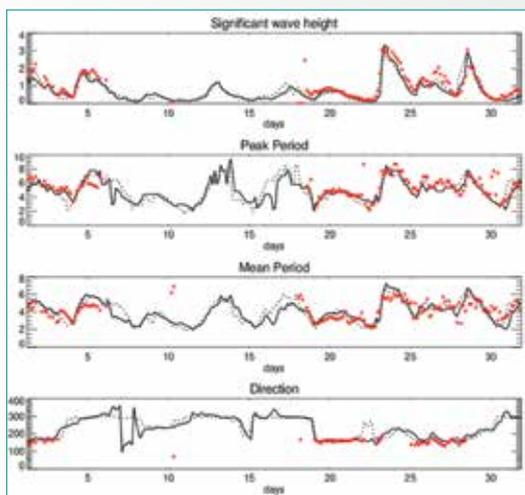


Fig. 6 - Come in figura 4 ma in corrispondenza della boa di Monopoli.

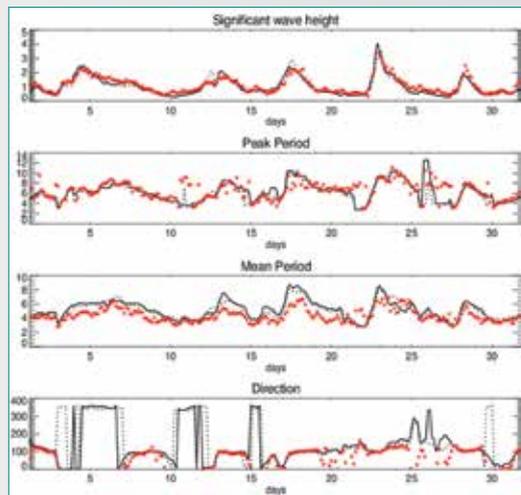


Fig. 7 - Come in figura 4 ma in corrispondenza della boa di Mazara del Vallo.

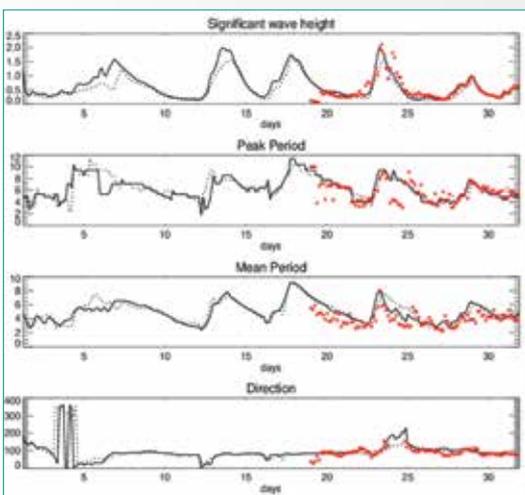


Fig. 8 - Come in figura 4 ma in corrispondenza della boa di Cetraro.

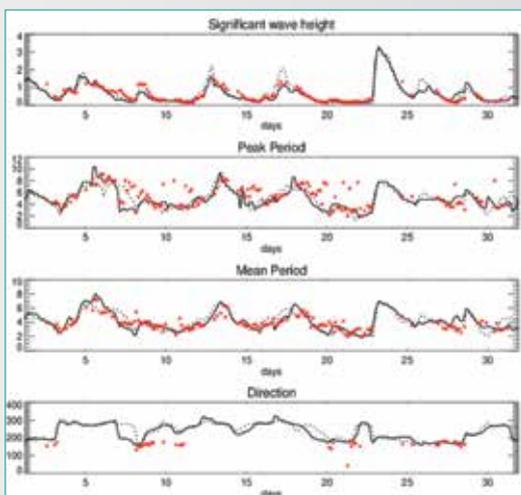


Fig. 9 - Come in figura 4 ma in corrispondenza della boa di Ortona.

I dati registrati dalle boe della rete ondometrica nazionale (RON) costituiscono il principale riferimento per quanto riguarda il moto ondoso intorno alla penisola italiana. Allo scopo di verificare i risultati ottenuti con i dati misurati dalle boe è stato scelto come periodo per la simulazione il mese di gennaio 2018 poiché, come mostrato in Sannino et al. (2011), in questo periodo le boe in funzione forniscono una buona copertura dell'area di Mediterraneo circostante la penisola italiana (Figura 3). In questo caso è stata utilizzata una versione precedente del sistema SKIRON alla risoluzione di $0.1 \times 0.1^\circ$ in quanto dati alla risoluzione attuale sono stati resi disponibili solo successivamente.

Nelle Figure 4-9 sono mostrati i confronti tra i valori prodotti dalle due simulazioni con il codice WAM e quelli registrati da tutte le boe della rete ondometrica nazionale disponibili nella data della simulazione. I confronti sono relativi a: ampiezza significativa, periodo medio, periodo di picco e direzione. Si può notare che gli andamenti relativi alle due simulazioni sono molto simili tra di loro e concordano molto bene per tutte le variabili con i dati sperimentali.

Risultati

Il sistema per la previsione dello stato del mare è attivo in modalità operativa e le previsioni, per una durata di 5 giorni, vengono effettuate ogni mattina e sulla pagina web <https://giotto.casaccia.enea.it/waves/> sono rese disponibili per tutto l'intervallo della simulazione le mappe con le previsioni relative all'energia da moto ondoso, all'altezza significativa dell'onda ed al periodo medio. La

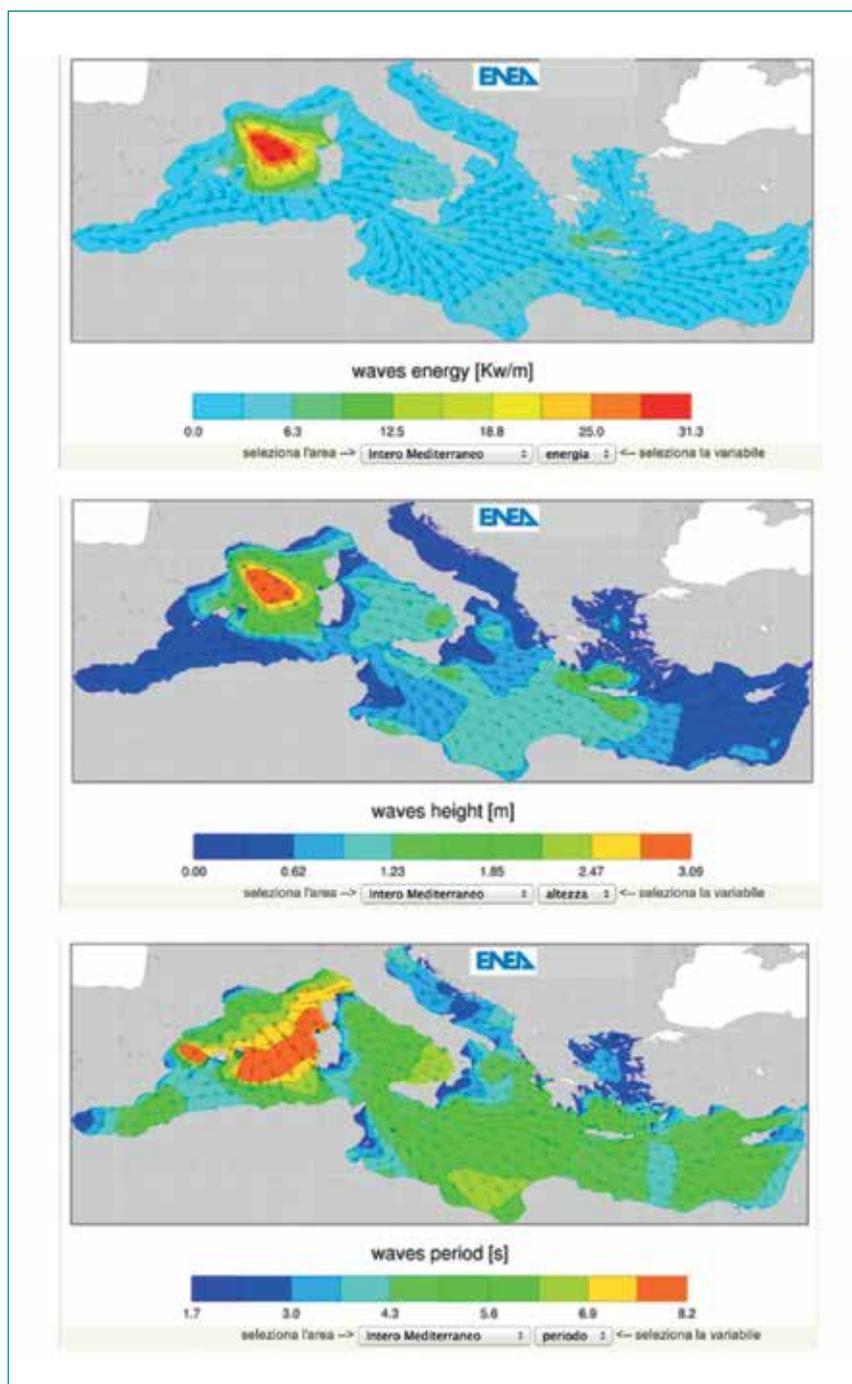


Figura 10. Esempio di previsione di: energia delle onde, altezza delle onde e periodo medio delle onde per tutto il Mediterraneo tratta dalla pagina web

frequenza dei campi in uscita è di un'ora. In figura 10 sono mostrati esempi tratti dal sito ENEA.

Conclusioni

In questo articolo viene descritto il sistema operativo di previsione del moto ondoso per tutto il bacino Mediterraneo, sviluppato presso l'ENEA.

Questo sistema fornisce campi di energia, altezza significativa e periodo delle onde alla risoluzione di $1/32^\circ$ ed inoltre memorizza le condizioni al contorno necessarie per la simulazione delle onde a maggiore risoluzione per sottobacini del Mediterraneo.

È stata effettuata una valutazione preliminare tramite il

confronto dei risultati di una simulazione con il modello WAM rispetto ai valori misurati dalle boe della Rete Ondametrica Nazionale. Questa simulazione ha mostrato un ottimo accordo per tutte le boe considerate. Informazioni dettagliate sulle future condizioni del mare sono di grande utilità nella gestione di questa risorsa energetica, in quanto permettono, a partire dai dati di rendimento dei particolari sistemi di conversione, una valutazione preventiva dell'energia che potrà essere immessa nella rete. Inoltre taluni di questi sistemi di conversione possono migliorare lo sfruttamento energetico tramite la riconfigurazione di parametri di esercizio se si dispone in anticipo di informazioni relative alle caratteristiche spettrali delle onde.

BIBLIOGRAFIA

- Bertotti, L., Cavaleri, L. (2009) *Wind and wave predictions in the Adriatic Sea* – J. Mar. Syst. 78 (2009) S227-S234.
- Carillo, A., Lombardi, E., Sannino, G. (2013) *Report di sintesi sulla realizzazione di un sistema operativo per la previsione dell'energia da moto ondoso* - Report RdS/2013/085
- Cavaleri, L., Bertotti, L. (1997) "In search of the correct wind and wave fields in a minor basin" – Mon. Weather Review, 125 (1997) 1964-1975.
- GEBCO. [http://www.gebco.net/data and products/gridded bathymetry data/](http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/)
- Günther, H., Behrens, A. (2011) *The wam model validation document version 4.5.3.*, Tech. Rep. Institute of Coastal Research Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)
- Kallos, G., (1997) "The regional weather forecasting system SKIRON", in *Proceedings, symposium on regional weather prediction on parallel computer environments*, 15-17 October 1997, Athens p. 9.
- La Porta, L., Lombardi, E., Pollino, M., Carillo, A., Caiaffa, E., Sannino, G. (2013) *Sviluppo di modelli meteo-marini per la previsione del moto ondoso in aree portuali italiane: produzione di mappe energetiche e visualizzazione web-gis*, Report Rds/2013/229
- Papadopoulos, A., Katsafados, P., Kallos, G. (2001) "Regional weather forecasting for marine application" in *Global Atmos Ocean Syst*, 8 (2-3), pp. 219-237.
- Papadopoulos, A., Katsafados, P., Kallos, G and Nickovic, S. (2002) "The weather forecasting system for POSEIDON – An overview" in *GAOS*, 8(2-3), (2002) 219-237.
- Sannino, G., Bargagli, A., Carillo, A., Caiaffa, E., Lombardi, E., Monti, P., Leuzzi, G. (2011) "Valutazione del potenziale energetico del moto ondoso lungo le coste Italiane" - Report RdS/2011/151

PAROLE CHIAVE

SISTEMA OPERATIVO; ENERGIA; MOTO ONDOSI;
MAR MEDITERRANEO

ABSTRACT

A forecast system of sea waves has been developed and has been operatively running since June 2013. The forecasts are performed over the entire Mediterranean basin with a horizontal resolution of about 3.5 km and, at a higher resolution, over ten sub-basins around the Italian coasts. The forecasts performed over the entire basin are essential in order to provide the boundary conditions to the children models. The intensity of wave motion depends both on local wind conditions and on waves propagation from neighboring areas. The forecast system is here described along with the validation of the wave heights, performed by comparing them with the measurements from Rete Ondametrica Nazionale.

AUTORE

MASSIMILIANO PALMA,
MAXPALMA@FASTWEBNET.IT

ADRIANA CARILLO,
ADRIANA.CARILLO@ENEA.IT

EMANUELE LOMBARDI,
MANUELE.LOMBARDI@ENEA.IT

GIANMARIA SANNINO,
GIANMARIA.SANNINO@ENEA.IT

ENEA- CR CASACCIA, VIA ANGUILLARESE 301,
00123 ROME, ITALY

L'eccellenza dei dati geografici Toponomastica e numerazione civica



A beneficio degli ambiti di utilizzo più maturi ed esigenti, per la gestione e per la pianificazione geografica e quotidiana delle reti e delle utenze, della grande e media distribuzione, della raccolta RSU, dei sistemi navigazionali e del car-sharing, per l'attività politica e per quella amministrativa. www.studiosit.it • info@studiosit.it

**REGISTER
FOR FREE**

GEO

BUSINESS 2019

LONDON • UK **21 - 22 MAY**

Registration now open

Register online today and attend the geospatial event designed for everyone involved in the gathering, storing, processing and delivery of geospatial information.

→ GeoBusinessShow.com

Exhibition • Conference • Seminars • Workshops • Networking



BIM



GIS &
Big Data



Earth Obs
& Satellites



Instrumentation
& Monitoring



Laser
Scanning



Mobile
Mapping



Smart
Cities



Surveying



UAVs



Visualisation
AR & VR

Organised by

diversified
COMMUNICATIONS ■ UK

