

# Conversione di energia ondosa e protezione della costa mediante dispositivi galleggianti di tipo *Wave activated bodies*

■ Barbara Zanuttigh, Elisa Angelelli

### Introduzione e motivazione dello studio

L'utilizzo di energie rinnovabili in Italia è ancora piuttosto lontano dal target stabilito dalla Comunità Europea (6,6% sul totale dei consumi finali al 2008, rispetto all'obiettivo del 17% al 2020, dati Europe's Energy Portal, [www.energy.eu](http://www.energy.eu)). In particolare, lo sfruttamento della energia da onda - ad oggi inattivo in Italia - può risultare promettente pensando all'elevata superficie di sviluppo di tale energia, alla sua variazione stagionale simile a quella del consumo di energia elettrica e alla densità di energia maggiore rispetto alle altre fonti rinnovabili.

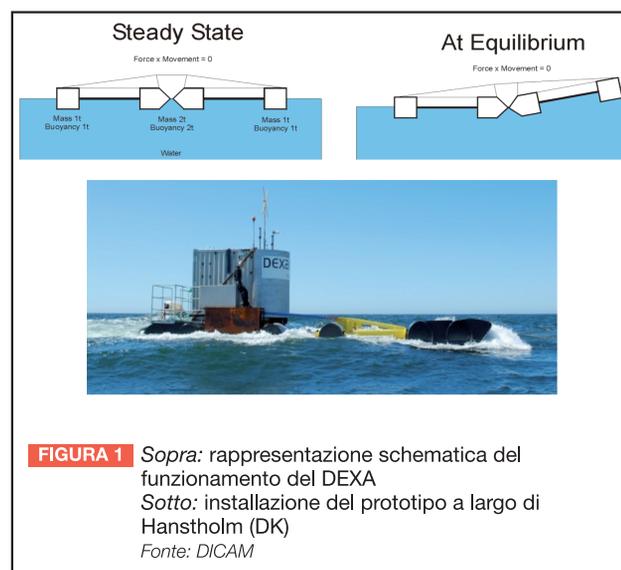
Inoltre, è presumibile che - per effetto dei cambiamenti climatici - le mareggiate aumenteranno in frequenza e in gravità, associate a fenomeni di innalzamento di livello del mare al quale molte strutture tradizionali di difesa dall'erosione sono particolarmente sensibili. Proteggere le coste dall'erosione e dalle inondazioni, e allo stesso tempo produrre energia, preservando l'ambiente, è quindi una grande sfida per ricercatori e costruttori.

Una tecnologia innovativa e sostenibile, proposta nell'ambito del progetto THESEUS ([www.theseusproject.eu](http://www.theseusproject.eu)), consiste nella installazione di parchi di convertitori di energia ondosa al largo e/o sottocosta per integrare la protezione dei litorali e la produzione di

energia. L'idea è di poter integrare in questi parchi ulteriori funzionalità, come maricoltura e energia da vento.

### Il dispositivo in esame

Il DEXA ([www.dexawave.com](http://www.dexawave.com)) è un convertitore galleggiante di tipo *Wave Activated Body* (WAB, i.e. tipologia che sfrutta il movimento oscillatorio di moduli tra loro connessi al passaggio dell'onda), costituito da due parti rigide, o pontoni, incernierati in mezzzeria (Figura 1) ove è presente un sistema di estrazione dell'energia.



**FIGURA 1** Sopra: rappresentazione schematica del funzionamento del DEXA  
Sotto: installazione del prototipo a largo di Hanstholm (DK)  
Fonte: DICAM

■ Barbara Zanuttigh, Elisa Angelelli

Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei materiali (DICAM)

Il DEXA si ispira al sistema ideato da Sir Cockerell nel 1980 (Wheeler, 2001), secondo cui un pontone galleggiante, spostato dalla situazione di equilibrio, tenta di recuperarla mediante una forza pari al 44% della sua massa totale. L'innovazione del DEXA, rispetto al sistema originario, si basa su di una redistribuzione della spinta di galleggiamento e della forza peso alle estremità esterne del pontone, ottimizzando quindi la forza disponibile e il consumo di materiale rispetto al caso di pontone compatto.

L'ingombro complessivo del dispositivo secondo preliminare progettazione per il Mare del Nord, è stimato di circa 40 m nella direzione di propagazione dell'onda e 20 m nella direzione ad essa perpendicolare, con una emergenza massima di 2 m sul livello del medio mare. Come materiale costituente il prototipo, il calcestruzzo si considera ottimale, così da garantire una prolungata vita utile, bassi costi di manutenzione e minori problemi di corrosione rispetto all'impiego di metalli o leghe, combinati con un minore impatto ambientale.

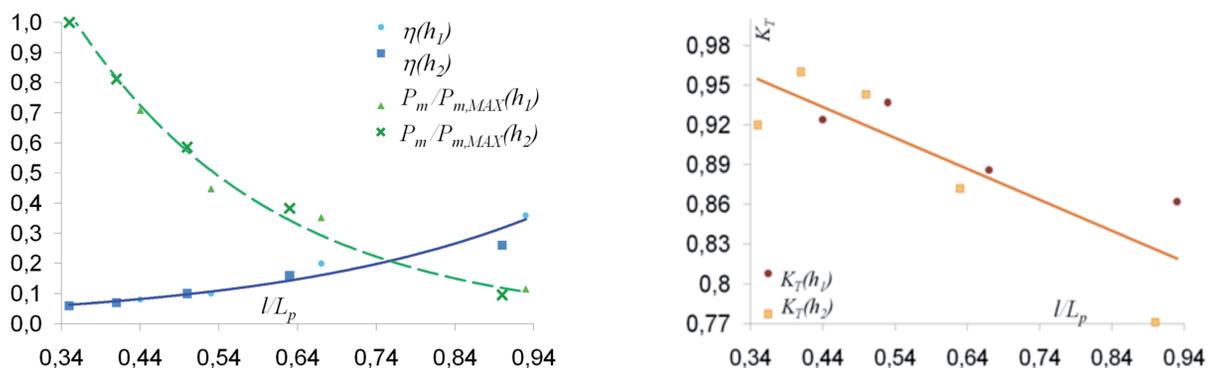
### Analisi sperimentale e sintesi dei risultati

Il DEXA è stato analizzato mediante numerose prove in vasca presso l'Università di Aalborg, DK (Zanuttigh et al., 2010; Ruol et al., 2010; Martinelli et al., 2011; Zanuttigh et al., 2011; Martinelli et al., 2011) per valutare

ne l'efficienza di conversione energetica e l'effetto di smorzamento delle onde incidenti. Si sono adottate differenti condizioni climatiche, a rappresentare sia il Mare del Nord sia il Mediterraneo.

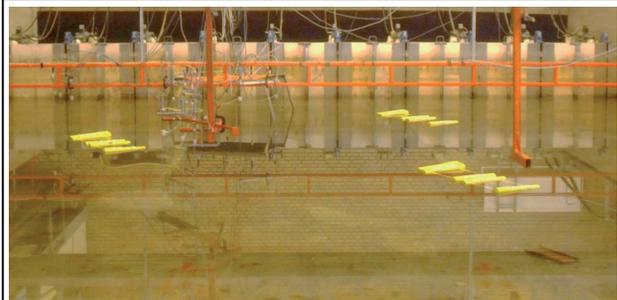
Risultati ottenuti su un singolo dispositivo in scala 1:30 hanno dimostrato che un parametro essenziale è la lunghezza del dispositivo adimensionalizzata con la lunghezza d'onda al picco  $l/L_p$  (Figura 2). La lunghezza del dispositivo può quindi essere ottimizzata sulla base del clima tipico annuale del sito di installazione. L'efficienza media del dispositivo si attesta intorno al 25% e il coefficiente di trasmissione non scende mai al di sotto del 70%, evidenziando la necessità di una installazione di diversi dispositivi su più linee. Il funzionamento del dispositivo non risulta particolarmente sensibile a variazioni di fondale e di ripidità delle onde, elementi importanti ad assicurarne un buon comportamento anche in presenza di cambiamenti climatici.

Si è svolta recentemente una serie di prove che per la prima volta utilizza più dispositivi insieme (tre su due linee, Figura 3) così da valutare mutue interazioni ed effetti idrodinamici indotti da un modulo dell'ipotetico parco (Zanuttigh et al., 2011). L'analisi preliminare dei risultati suggerisce che una modesta obliquità del dispositivo rispetto all'onda incidente ed un ancoraggio che garantisca più libertà di movimento al dispo-



**FIGURA 2** Produzione energetica (efficienza  $\eta$  e potenza prodotta  $P_m$  adimensionalizzata con la massima  $P_{m,MAX}$ ) e trasmissione ondosa (in termini di rapporto tra onda trasmessa e incidente,  $K_T$ ) in funzione del parametro adimensionale  $l/L_p$

Prove su dispositivo singolo in scala 1:30, clima rappresentativo del Mare del Nord. Due profondità di installazione,  $h_1 < h_2$ .  
Fonte: DICAM



**FIGURA 3** Modulo di parco di DEXA nella vasca di Aalborg, tre dispositivi in scala 1:60  
Fonte: DICAM

sitivo inducano uno smorzamento più efficace delle onde incidenti. Lo studio delle altezze d'onda nel varco tra due dispositivi suggerisce inoltre di adottare un modulo di parco con dispositivi allineati nella direzione di propagazione dell'onda e posti ad una distanza minima perpendicolarmente all'onda, tale da garantire il moto di dispositivi e ancoraggi e minimizzare lo spazio occupato dal parco.

### Applicabilità nel Mediterraneo e conclusioni

Si è considerata nella fase sperimentale una ipotetica installazione del DEXA nel Mar Mediterraneo davanti a Cagliari (dunque in una posizione favorevole ma non ottimale), ad una profondità di 11 m, ove l'energia ondosa annualmente disponibile è di circa 9 kW/m. Un singolo DEXA, largo 18 m e lungo 42 m, sarebbe in grado di fornire una produzione energetica di 0,15 GWh/anno – produzione energetica valutata solo in termini di potenza idraulica, e quindi prescindendo dalle perdite meccaniche e nei cavi di allacciamento. Supponendo una produzione energetica annua desiderata di 15 GWh/installazione/anno (corrispondente al fabbisogno di oltre 5.100 famiglie), si renderebbe necessario il posizionamento di n. 100 dispositivi di tipo DEXA allineati su 4 file, a fronte di uno spazio necessario per installare il parco di circa 1 km lungo costa e 0,3 km perpendicolarmente alla costa (sulla base dei dati sperimentali, si considera una distanza mutua pari alla larghezza di 1,5 dispositivi lungo costa e alla lunghezza di 1,0 dispositivo perpendicolarmente alla costa).

I dispositivi galleggianti di tipo WAB, come DEXA, risultano particolarmente promettenti per installazioni in mari relativamente poco energetici, stante la possibilità di dimensionarli in base al clima effettivo. Inoltre è particolarmente interessante la prospettiva di realizzare installazioni in parchi che occupano una porzione di spazio marino relativamente contenuta rispetto alla produzione energetica, offrendo la possibilità di integrare altre funzioni, e quindi rendere la installazione economicamente competitiva. Tra le funzioni combinate si segnala in particolare la protezione della costa, ma anche acquacultura e itticultura, stante il modesto impatto ambientale, e altre tipologie di convertitori come le pale eoliche.

### Bibliografia

- [1] Martinelli, L., Zanuttigh, B. & J.P. Kofoed, 2011. *Method for selection of maximum PTO design power based on statistical analysis of small scale experiments on Wave Energy Converters*. Renewable Energy, 36 (11), 3124-3132.
- [2] Ruol, P., Zanuttigh, B., Kofoed, J.P., Martinelli, L. & P. Frigaard, 2010. *Near-shore floating wave Energy converters: benefits for coastal protection*, Proc. ICCE No. 32(2010), Shanghai, China. Paper #: structures 6.1. <http://journals.tdl.org/ICCE/>.
- [3] Wheeler, R.L. (2001). Sir Christopher Sydney Cockerell. C.B.E., R.D.I. 4 June 1910 — 1 June 1999: Elected F.R.S. 1986. *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* 47: 67.
- [4] Zanuttigh, B., L. Martinelli, Castagnetti, M., P. Ruol, J.P. Kofoed, P. Frigaard, 2010. *Integration of wave energy converters into coastal protection schemes*, Proc. ICCE2010, Ottobre 2010, Bilbao.
- [5] Zanuttigh, B., Angelelli, E., Castagnetti, M., Kofoed, J.P. & L. Clausen, 2011. *The wave field around DEXA devices and implications for coastal protection*. Pubblicato EWTEC 2011, Southampton, 5-9 settembre 2011.

### Ringraziamenti

La ricerca è finanziata dal progetto THESEUS, FP7.ENV2009-1, contratto 244104 ([www.theseusproject.eu](http://www.theseusproject.eu)), e dal progetto SDWED ([www.sdwed.civil.aau.dk](http://www.sdwed.civil.aau.dk)).