

Energia dal mare

Domenico Coiro

Le risorse rinnovabili provenienti dal mare possono essere catalogate in sei tipologie diverse: biomassa marina, energia termica del mare, correnti di profondità, gradienti di salinità, onde, correnti marine e correnti di marea. Potenzialmente ognuna di queste fonti può contribuire significativamente ad incrementare il livello di energia sostenibile. Tratteremo solo l'energia dalle correnti marine e dalle onde.

Energia dalle correnti marine

Le correnti marine sono principalmente connesse ai moti dell'acqua nella stessa direzione: un esempio di questa tipologia è la Corrente del Golfo. L'energia dalle maree deriva dal fatto che queste sono tipicamente causate dal moto periodico di salita e discesa di grandi masse di acqua, che sono attratte dall'azione gravitazionale della luna che causa un "rigonfiamento" degli oceani in direzione della luna stessa, quando l'azione gravitazionale è particolarmente intensa per l'avvicinamento dei due pianeti. Nello stesso istante anche gli oceani dall'altra parte della terra (cioè quella opposta alla luna) tendono ad allontanarsi dalla terra stessa, poiché questa si muove verso la luna attratta dalla stessa forza di cui sopra. Mentre tutto ciò accade, la terra ruota e quindi ogni giorno si

hanno due cicli di marea (uno ogni 12 ore). Nei luoghi dove la morfologia del terreno lo consente, come ad esempio negli stretti, il fenomeno delle maree, accoppiato con la presenza di canali o stretti, causa l'accelerazione della velocità dell'acqua che in alcuni luoghi della terra può raggiungere anche 5 m/s (10 nodi). Poiché ci vogliono 6 ore per raggiungere la massima velocità ed altrettante per scendere, ogni giorno si ha l'inversione delle correnti per 4 volte. Ogni 28 giorni c'è la migliore combinazione di allineamento tra terra, sole e luna e quindi si ha la marea più forte mentre ci sarà un giorno durante il mese quando essa è la più debole. L'energia elettrica pulita può essere generata in due maniere: costruzione di una barriera che viene scavalcata dalle acque quando queste si innalzano per effetto della marea oppure tramite l'uso di opportuni idrogeneratori simili alle pale eoliche che sfruttano questa volta il moto delle acque che, come detto sopra, può essere causato dalle maree o dalle correnti marine. Gli idrogeneratori possono essere classificati in due tipi: ad asse orizzontale (l'asse intorno a cui avviene la rotazione delle pale è parallelo alla direzione della velocità) e ad asse verticale (l'asse di rotazione è perpendicolare alla direzione della velocità). Illustreremo in dettaglio solo l'energia dal moto delle acque poiché i sistemi a barriera, oltre ad avere un costo capitale molto alto, sono molto



Tipo a.

Tipo b (con diffusore).

Tipo b.

Tipo c (con diffusore).

Figura 1. Varie tipologie di idrogeneratori.

impattanti dal punto di vista ambientale (un esempio di questa tipologia è dato dal sistema da 240 megawatt realizzato a La Rance in Francia negli anni 60). Gli idrogeneratori, che chiameremo per semplicità turbine marine o semplicemente turbine, possono essere di varie tipologie (Figura 1):

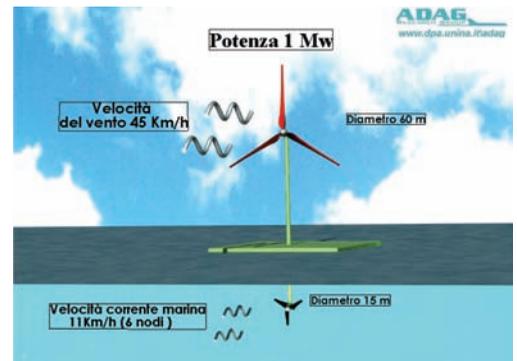
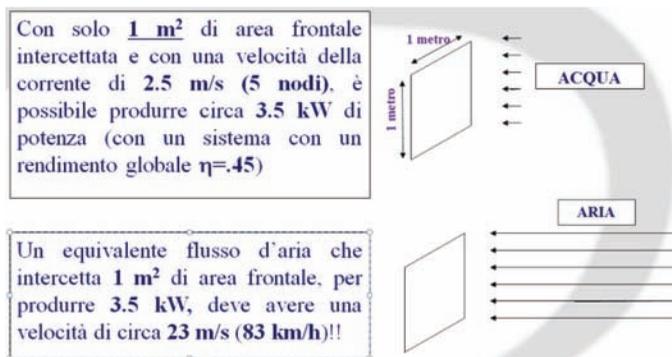
- a. galleggianti ma devono essere ancorate al fondo del mare con opportuni cavi (possono operare in acque basse in prossimità della costa o in acque profonde);
- b. installate a mezz'acqua con opportuni ancoraggi al fondo;
- c. posizionate vicino al fondo marino tramite opportune basi fisse.

Il rotore della turbina può essere anche intubato tramite un anello opportunamente sagomato intorno alle pale del rotore. Il principio di conversione

dell'energia è simile a quello delle turbine eoliche: l'energia cinetica contenuta nella corrente di acqua è convertita in energia meccanica di rotazione e poi in energia elettrica tramite un opportuno alternatore che funge da generatore elettrico. Il grande vantaggio dell'acqua rispetto all'aria è la sua densità che è circa 840 volte quella dell'aria. Si pensi che sfruttando un solo metro quadrato di acqua che si muove a 3 m/s (circa 6 nodi) si possono produrre circa 3 kW di potenza elettrica cioè quanto ne basta per alimentare le nostre case (Figura 2).

Se si vuole meglio visualizzare tale concetto, si pensi che per produrre 1 Mw (1.000 kW) di potenza, una turbina eolica ha bisogno di un rotore di diametro pari a 60 metri mentre una turbina marina ha bisogno di un diametro di soli 16 metri!

Figura 2.



Un altro grande vantaggio delle correnti marine è che queste, essendo collegate alle maree, sono perfettamente prevedibili e quindi si può stimare con buona approssimazione quanta energia si può produrre ogni anno, diversamente da altre forme di energia, ad esempio quella eolica, dove il vento è connesso alle condizioni meteoriche ed è quindi estremamente variabile nel tempo. Inoltre le turbine marine, al contrario di quelle eoliche, non hanno bisogno di particolari sistemi che le proteggano dall'aumento della velocità della corrente poiché il valore massimo di questa è ben noto per ogni sito. Ovviamente le difficoltà che presenta l'aggressivo ambiente marino nonché le problematiche connesse con l'ancoraggio dei sistemi nel mare, hanno rallentato lo sviluppo di queste tecnologie fino ad oggi ma negli ultimi anni c'è molto fermento in questo settore. È evidente che la stessa tecnologia sviluppata per le correnti marine può anche essere impiegata per le correnti fluviali o, più in generale, in tutte le situazioni dove c'è acqua in moto.

L'Università di Napoli Federico II e il Consorzio Seapower Scarl, a cui la stessa partecipa, hanno sviluppato, a partire dal 1998, alcuni progetti in questo settore.

La turbina Kobold (Figura 3), sviluppata in collaborazione con la società Ponte di Archimede International Spa



Figura 3. Turbina Kobold.

(oggi chiusa), è stata brevettata internazionalmente ed è una turbina ad asse verticale ancorata ad una boa che a sua volta è ancorata al fondo del mare (vedi figura di sopra, Tipo a). Questa è stata la prima turbina al mondo di questo tipo installata in condizioni reali. Il rotore di 6 metri di diametro è ad asse verticale ed è costituito da tre pale lunghe 5 metri ancorate all'albero di trasmissione tramite 6 bracci carenati. La boa galleggiante ha un diametro di 10 metri ed è ancorata dall'anno 2000 su di un fondale di circa 20 metri ad una distanza di 150 metri dalla spiaggia in località Ganzirri nella città di Messina. Attualmente la turbina è collegata alla rete elettrica nazionale e sarebbe stata quindi pronta per una fase di pre-industrializzazione. Eroga circa 25 kW di potenza con una velocità di circa 2 m/s

GEM – L'aquilone del mare, brevettato e sviluppato in collaborazione con l'Ing. Nicola Giorgio Morrone dal 2004, è invece basato su di un corpo cilindrico a cui sono vincolate due turbine ad asse orizzontale. Il corpo ha una forte spinta al galleggiamento ed è vincolato al fondo del mare tramite un cavo che parte da un argano montato a bordo del sistema. Grazie all'argano tutto il sistema si posiziona alla profondità voluta (circa 10 metri) e quando la corrente è presente esso si dispone allineato con essa così come fa un aquilone quando è tenuto nel vento. Quando bisogna effettuare le operazioni di manutenzione, si aziona di nuovo l'argano e la spinta al galleggiamento posseduta dal GEM fa sì che questo riemerge in superficie facilitando enormemente le operazioni (e quindi i costi) di manutenzione.

Sono state svolte numerose prove numeriche e sperimentali nella vasca navale ed il sistema ha mostrato solidità e grande stabilità al variare delle condizioni di funzionamento ed in presenza di onde (Figura 4).

Figura 4. Modello di GEM in vasca navale. Fattorie di GEM.

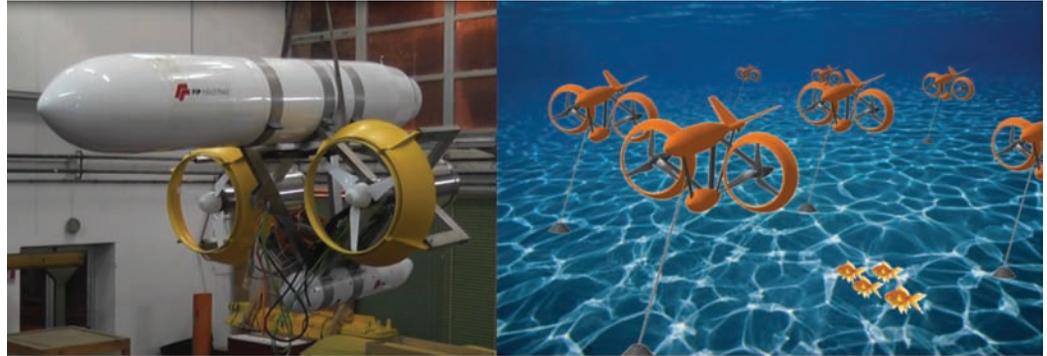


Figura 5. Il GEM in scala reale sul molo prima dell'installazione.



Il sistema reale ha due turbine con diametro di circa 3 metri per una potenza complessiva di 20 kW con una velocità della corrente di soli 1,5 m/s.

Il primo prototipo è stato realizzato da un gruppo di aziende venete con parziale contributo della Regione Veneto ed è stato installato, purtroppo per solo un mese, nella Laguna di Venezia nel marzo 2012 (Figura 5).

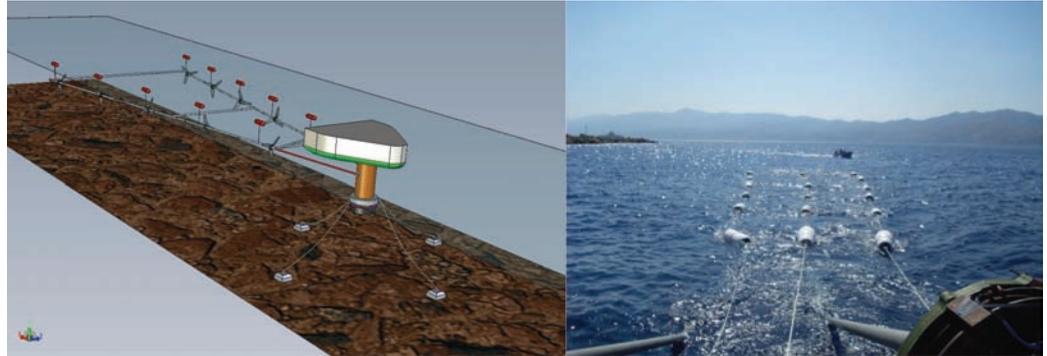
Il sistema Riverpower (Figura 6) è costituito da un pontone galleggiante ancorato al fondo marino ma che ha la possibilità di ruotare orientandosi autonomamente nella direzione della corrente. Ad esso sono collegate alcune linee di trasmissione del moto (*i filari*) costituite da alberi rotanti sui quali sono calettate diverse idroturbine ad asse orizzontale distanziate tra di loro in modo opportuno e tale da minimizzare le perdite dovute all'interferenza delle scie. I filari sono tenuti alla profondità voluta da una serie di galleggianti ad essi collegati

e dislocati lungo gli assi. Gli alberi rotanti terminano all'interno del pontone dove sono allocati i generatori elettrici a magneti permanenti che, in presa diretta, convertono l'energia meccanica di rotazione in energia elettrica.

Un sistema a scala ridotta è stato prima testato nella vasca navale dell'Università di Napoli Federico II e poi in condizione reali nello Stretto di Messina a Punta Pezzo nel comune di Villa S. Giovanni. Sono stati lì provati due prototipi: la massima potenza del primo sistema provato è di 6 kW con una corrente di 2.5 m/s mentre sono state effettuate nell'estate 2009 le prove su di un secondo sistema di 20 kW. Si ritiene che questo sistema sia più adatto allo sfruttamento del moto delle acque fluviali.

La necessità di poter sviluppare e testare in condizioni reali le nuove tecnologie, ha portato il consorzio Seapower a richiedere la concessione di alcuni spec-

Figura 6. Il sistema Riverpower. Il sistema in test nello Stretto di Messina.



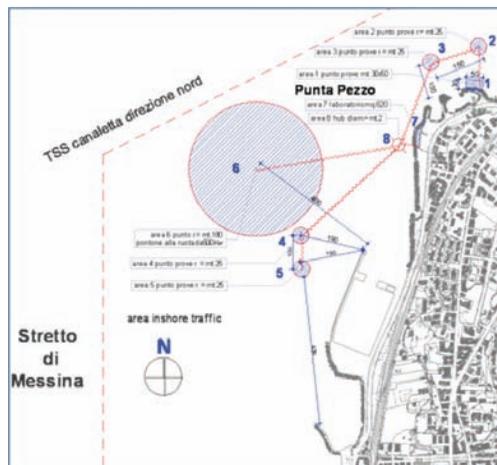
chi di mare nello Stretto di Messina, in località Punta Pezzo a Villa S. Giovanni, con lo scopo di realizzare un laboratorio a cielo aperto (Figura 7). Il laboratorio sarà dotato di aree dedicate a mare e di una struttura posizionata a terra dove si potrà dimostrare non solo la validità dei sistemi sviluppati in Italia ma si potrà anche offrire il servizio di certificazione di altri prototipi di turbine marine appartenenti anche a ditte provenienti dall'estero. Tale laboratorio sarebbe il fiore all'occhiello della Calabria e sarebbe anche foriero di un indotto nell'area depressa di Villa S. Giovanni che potrebbe far ben sperare per il futuro. L'iter burocratico di concessione demaniale, lungo e complesso, è quasi giunto alla sua fase terminale e si spera di ottenere la concessione fra qualche mese.

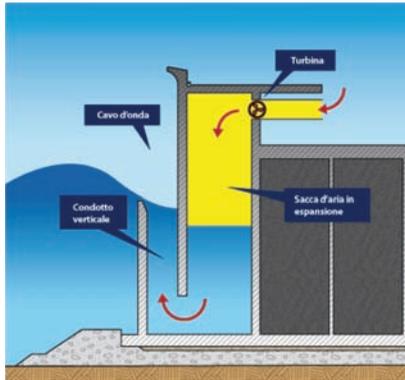
Energia dalle onde

Il potenziale energetico connesso alle onde è enormemente superiore a quello delle correnti marine e c'è stato molto più sviluppo in questo ambito con l'obiettivo di trovare il sistema ottimo che possa rappresentare un vero passo avanti nel settore. Purtroppo, per definizione, i sistemi devono essere installati e operare in un ambiente molto pericoloso e quindi, puntualmente, essi vengono distrutti da eventi eccezionali (mareggiate, uragani, etc.) che inevitabilmente si manifestano nei luoghi dove sono installati. Inoltre i sistemi per le onde sono caratterizzati da energia che si manifesta con un moto lineare alternato (su e giù) e molto lento che male si accoppia con le caratteristiche dei generatori elettrici che ruotano con velocità angolari elevate e nello stesso senso rotatorio. Le principali tipologie possono essere riassunte nel modo seguente (Figura 8):

- a) colonna di acqua oscillante (installato su struttura fissa a terra);
- b) boa galleggiante incernierata ed ancorata su di una struttura fissa (a terra o galleggiante);
- c) boa galleggiante ed oscillante in senso verticale (ancorata con opportuni cavi al fondo marino);
- d) boa galleggiante oscillante in modo ondulatorio (ancorata con opportuni cavi al fondo marino);

Figura 7. Aree in concessione per il Laboratorio nello Stretto.

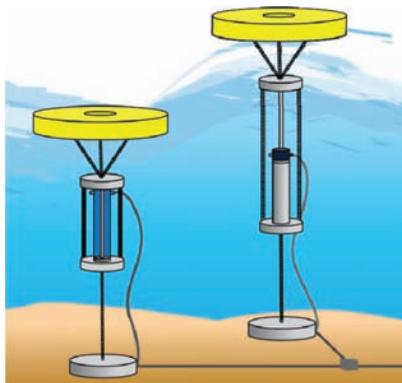




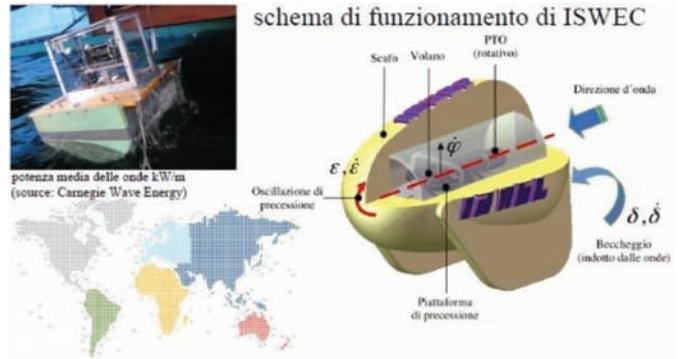
a) Colonna oscillante (Rewec).



b) Galleggiante incernierato (GEL).

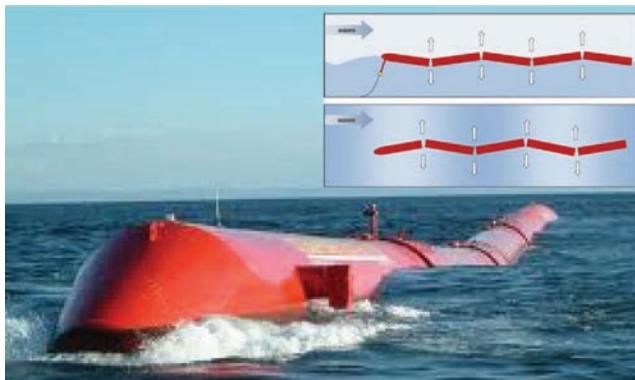


c) Galleggiante oscillante verticalmente.

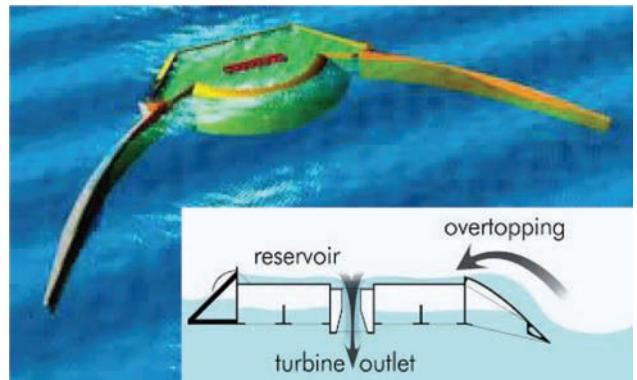


d)

Galleggiante oscillante in modo ondulatorio (giroscopio).



e) Galleggiante con moto relativo (Pelamis).



f) Raccolta acqua con sormonta (Wavedragon).

Figura 8. Sistemi per le onde.

e) sistema di vari componenti galleggianti in moto relativo tra di loro;
 f) sistemi che prevedono la raccolta di acqua connessa alle onde in opportuni serbatoi per farla poi defluire attraverso turbine idrauliche standard.

I sistemi sopra rappresentati, lungi dall'essere esaustivi, sono solo un piccolo esempio di alcune delle tipologie possibili per lo sfruttamento del moto

delle onde. Purtroppo tutti i sistemi soffrono del problema della trasformazione dell'energia del moto lento e molto irregolare in energia elettrica e quindi varie possibilità di trasformazione sono state investigate. In alcuni casi si trasforma l'energia del moto in energia di pressione (olio o aria) e poi in energia elettrica. In altri casi si usano i generatori elettrici lineari che sono capaci di trasformare

direttamente il moto lineare alternato in energia elettrica anche se con bassi rendimenti (dovuti alla lentezza del moto) ed alti costi realizzativi. Insomma laddove c'è semplicità apparente, c'è difficoltà a trasformare il moto in maniera efficiente per non parlare delle ulteriori problematiche connesse con la necessità di mitigare gli effetti degli eventi straordinari quali mareggiate, uragani, ecc. In Italia sono attivi tre gruppi per lo sviluppo di sistemi per lo sfruttamento di energia dalle onde. L'Università di Reggio Calabria in collaborazione con lo spin-off Wavenergy ha sviluppato il sistema brevettato Rewec a colonna oscillante (tipologia a). Il Politecnico di Torino in collaborazione con lo spin-off WaveforEnergy ha sviluppato il sistema Iswec (tipologia d). Il consorzio Seapower in collaborazione con la società Umbra Cuscinetti ha sviluppato il sistema GEL (tipologia b).

Interazione con l'ambiente

Le interazioni di questi sistemi con l'ambiente marino sono in genere affrontati dividendole in due tipologie: gli *stressors* ed i *receptors*. I primi sono connessi ai fattori relativi all'installazione, uso e dismissione dei sistemi mentre i secondi sono gli elementi dell'ambiente marino che possono essere influenzati dai primi. Ad esempio, gli *stressors* possono essere: effetti statici e dinamici connessi con la presenza dei sistemi in acqua, effetti chimici, acustici, elettromagnetici e quelli connessi con la rimozione dell'energia dall'acqua. I *receptors* sono gli elementi che vivono nell'ambiente marino quali gli invertebrati, i pesci stanziali e migratori, i mammiferi e gli uccelli acquatici, in generale tutto l'ecosistema marino. È ovviamente impossibile elencare in poco spazio tutti gli effetti di tutte le possibili interazioni tra questo tipo di sistemi e l'ambiente circostante in cui essi operano

anche perché molti di questi effetti non sono notiancora visto che il numero di sistemi operanti a livello industriale è molto basso. A ciò va aggiunto il fatto che i pochi sistemi attualmente installati sono singoli prototipi mentre, proiettando il loro sviluppo a larga scala, ci saranno intere "fattorie" di sistemi il cui effetto complessivo è ancora ignoto. L'altro aspetto da tenere in conto è l'evenienza di incidenti. Questi possono accadere sia in fase di installazione, operazione, manutenzione o smontaggio. Gli effetti sull'ambiente di tali accadimenti sono di difficile stima poiché essi possono essere di varia natura. Ad esempio l'effetto della perdita di una pala è ben diverso dall'effetto di uno scontro con una imbarcazione o della perdita di oli lubrificanti, anche se questi sono estremamente limitati in quantità per ogni sistema installato. In ogni caso è sempre necessario prevedere e mettere in campo azioni mitigative dei possibili eventi che possano accadere durante tutte le fasi della vita di questi congegni. Un'ultima osservazione è legata al cavo elettrico che deve trasportare l'energia dal sistema alla terra: anche in questo caso ci sono varie tecnologie possibili da impiegare che sono principalmente funzioni della tipologia di sedimento marino e quindi il loro impatto è connesso alla tecnica di installazione. Per fortuna per questo aspetto si beneficia della grande esperienza e tecnologia disponibile per i cavi elettrici sottomarini. L'attenzione nei confronti dell'ambiente non deve però essere da freno allo sviluppo delle nuove tecnologie ma piuttosto deve spingere gli sviluppatori e gli operatori a mettere in campo tutte le azioni necessarie a prevedere ed a mitigare gli eventuali effetti connessi con la presenza di questi sistemi che, non scordiamolo mai, producono energia pulita ma soprattutto rinnovabile senza effetti dannosi sull'umanità.