

F. Salvatore - CNR
G. Sannino, A. Carillo - ENEA
M. Peviani, L. Serri - RSE

DESCRIZIONE TECNICA

Si possono distinguere due tipi di correnti marine:

- **correnti di marea**, legate all'azione gravitazionale scambiata tra terra e luna. Sono caratterizzate da andamento ciclico con fasi di circa sei ore per l'afflusso e il deflusso delle masse d'acqua con inversione del verso della corrente. Presentano la massima intensità in vicinanza della costa, in particolare in corrispondenza di promontori e stretti
- **correnti oceaniche**, originate da gradienti termici e/o salini tra diverse aree geografiche. A differenza delle correnti di marea hanno direzione costante e di solito hanno massima intensità lontano dalle coste. Ne sono esempi la corrente del Golfo, in Atlantico centro-settentrionale e la corrente del Giappone nel Nord-Ovest Pacifico.

Nel caso delle correnti oceaniche e di marea l'energia può essere prodotta mediante dispositivi che convertono l'energia cinetica delle masse d'acqua in energia meccanica e quindi in energia elettrica. Per la conversione in energia meccanica si usano tecnologie di due tipi:

- **sistemi a turbina**, con asse orizzontale (ovvero allineato alla direzione della corrente) o con asse trasversale alla direzione della corrente (di solito, l'asse è verticale)
- **sistemi non-turbina**, come nel caso di profili oscillanti (tidal sails, kites) o cilindri posti in vibrazione.

Le tecnologie attualmente sviluppate o in fase di sviluppo sono:

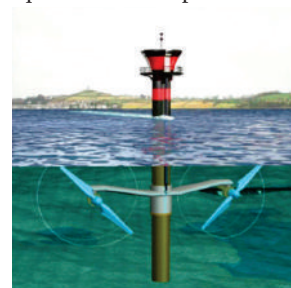
Centrali mareomotrici

Le centrali mareomotrici sono in grado di sfruttare l'alternarsi delle alte e basse maree attraverso turbine reversibili. Durante l'alta marea l'acqua defluisce verso un bacino di accumulo di alcuni chilometri quadrati, passando attraverso una serie di condotti nei quali, acquistando velocità, l'acqua fa girare delle turbine collegate a generatori; nella successiva fase di bassa marea, quando il livello del mare comincia a scendere si fa defluire l'acqua verso il mare aperto mettendo nuovamente in rotazione le turbine. Un esempio di centrale mareomotrice si trova in Francia, sull'estuario del fiume Rance in Bretagna. La potenza installata di tale impianto è pari a 240 MW; esso consente di sfruttare un'escursione di marea di qualche metro [1].



Turbine ad asse orizzontale

Le turbine ad asse orizzontale estraggono energia dal movimento dell'acqua nello stesso modo delle turbine eoliche. La velocità della corrente fa girare il rotore che è a sua volta collegato ad un generatore elettrico. Nonostante la velocità delle correnti marine sia in media molto minore rispetto a quella del vento, la maggior densità dell'acqua, circa 800 volte quella dell'aria, permette di costruire turbine molto più piccole a parità di potenza. Ad esempio, la Marine Current Turbines (www.marineturbines.com) propone un dispositivo chiamato SeaGen, che nasce dall'esperienza maturata nell'ambito del precedente progetto SeaFlow, che ha portato alla costruzione, installazione e prove in mare di un sistema a rotore singolo capace di generare fino a 300 kW sfruttando le correnti di marea a largo di Lynmouth nel North Devon, Inghilterra [2].



Turbine ad asse verticale

Le turbine ad asse verticale funzionano nello stesso modo di quelle ad asse orizzontale, con l'unica differenza che il rotore della turbina è installato in posizione verticale.

Sistemi ad effetto Venturi

I dispositivi ad effetto Venturi consistono in una condotta sommersa, che riducendo la sua sezione, convoglia il flusso della corrente marina aumentandone la velocità. Il flusso d'acqua passa attraverso una turbina installata al suo interno, oppure la differenza di pressione generata dal sistema attiva una turbina ad aria fuori della condotta.

Nello scenario nazionale, due sono le tecnologie arrivate alla fase di sperimentazione in mare con prototipi di grandi dimensioni. Entrambe hanno già destato l'interesse per sviluppi applicativi anche all'estero:

- **KOBOLD**, installata nello Stretto di Messina nel 2001, è una turbina marina ad asse verticale, con pale diritte e parzialmente libere di oscillare, di potenza 40-60kW. La turbina KOBOLD è stata sviluppata dalla società Ponte di Archimede S.p.A., proprietaria del brevetto internazionale, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale – Sezione Aerospaziale dell'Università "Federico II" di Napoli. La turbina, connessa alla rete elettrica nazionale per molti anni, di recente è stata disattivata.
- **GEM**, l'aquilone del mare, è un sistema di conversione dell'energia delle correnti marine che utilizza due turbine intubate ad asse orizzontale montate ai lati di una struttura di supporto immersa ad una predefinita distanza dal pelo libero dell'acqua. Il sistema brevettato è stato sviluppato a partire dal 2005 in seguito ad un progetto di ricerca in collaborazione con l'ing. Nicola Morrone autore del brevetto insieme al Prof. Domenico Coiro, dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Un prototipo di capacità produttiva di 200 kW è stato provato in mare nella laguna Veneta nell'ambito di un progetto regionale.

E' stato calcolato che entro il 2050 la produzione Europea dall'insieme di onde e correnti potrebbe arrivare a circa 100 GW (pari a circa il 10% del consumo elettrico dell'UE) e raggiungere i 750 GW a livello mondiale[3], la maggior parte proveniente dalle correnti marine.

L'energia da correnti marine presenta il vantaggio di essere prevedibile anche a lungo termine con estrema precisione, con evidenti benefici pratici in termini di pianificazione dell'approvvigionamento energetico e dei flussi di rete. La tecnologia per lo sfruttamento dell'energia cinetica delle correnti è ancora in fase di sviluppo, mentre le tecnologie che sfruttano l'energia potenziale delle correnti sono consolidate.

STATO DI AVANZAMENTO

Internazionale

Solo nell'ultimo decennio si è avuto un grande impulso alle tecnologie per lo sfruttamento delle correnti marine, con molti progetti provenienti dai paesi europei che affacciano sull'Atlantico dove il potenziale energetico è particolarmente rilevante. L'Europa è leader mondiale per i sistemi di conversione dell'energia dalle correnti, ma negli ultimi anni stanno emergendo molto rapidamente paesi come il Canada, la Cina, la Corea del sud, il Giappone e l'India.

Stato attuale delle installazioni in Europa per paese[4].

Paese	MW installati	MW da progetti autorizzati
Inghilterra	5,6	96,0
Olanda	0,13	3,0
Francia	0,7	> 2,0

Nella tabella non sono considerati gli impianti che sfruttano l'energia potenziale delle correnti di marea (sbarramenti); per questi le potenze installate a livello Europeo superano i 200 MW (La Rance, Francia) e superano i 500 MW a livello globale.

Si segnala l'impegno da parte di grandi industrie del settore meccanico come DCNS, Schottel, Voith, Andritz in Europa, Hyundai e Kawasaki in Estremo Oriente.

Le maggiori Utility a livello globale, come General Electric, Bord Gáis Energy, Électricité de France (EDF), GDF Suez, Iberdrola sono coinvolte in progetti dimostrativi, a conferma di un generale interesse per la tecnologia.

Nazionale

Nonostante il Mediterraneo sia un bacino quasi chiuso e quindi con scarso sviluppo di correnti, esistono un numero limitato di siti che hanno un notevole potenziale energetico, primo tra tutti lo Stretto di Messina.

Oltre a numerosi studi e brevetti sulle tecnologie innovative, il panorama nazionale mostra le due tecnologie giunte un fase avanzata di sviluppo prototipale già descritte precedentemente KOBOLD e GEM. La prima è stata esportata nel Sud-Est asiatico, un progetto in Indonesia con la Indonesian Walinusa Energy Corporation, nell'ambito di un co-finanziamento da parte dell'UNIDO (United Nations Industrial Development Organization), agenzia dell'ONU per la promozione dello sviluppo nei paesi ad economia arretrata. Il progetto prevede la messa in opera di turbine da 120-150 kW per alimentare comunità remote; mentre la seconda è oggetto di sperimentazione nella laguna veneta nell'ambito di un progetto co-finanziato dalla regione Veneto ed è stata oggetto di interesse da parte di compagnie francesi per lo sfruttamento in Atlantico.

TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVEL)

Nonostante gli studi sistematici sullo sfruttamento delle correnti marine per la produzione di energia siano iniziati solo negli ultimi due decenni, lo stato di avanzamento della tecnologia risente positivamente dal trasferimento tecnologico dai settori con elementi comuni come l'energia dal vento, con particolare riferimento per le installazioni marine (eolico offshore).

Esistono in campo internazionale esempi di tecnologie che hanno raggiunto un TRL di 7-8 (completato il processo di sviluppo e di

qualifica) e che prevedono attività industriali di sfruttamento massivo della risorsa mediante la realizzazione di parchi marini (turbine arrays) con capacità produttiva dell'ordine della decina di MegaWatt.

RELAZIONI CON LE FONTI ENERGETICHE

Di particolare attenzione è la possibile sinergia con l'energia eolica offshore con cui la tecnologia condivide elementi di sviluppo tecnologico (ad esempio i componenti), le infrastrutture, la catena di approvvigionamento e le politiche di incentivazione nonché autorizzative. L'energia oceanica e l'energia eolica offshore, utilizzando comuni piattaforme o sistemi ibridi di correnti di marea/eolico possono quindi offrire utili possibilità di co-locazione di tecnologie. La condivisione dei processi, delle infrastrutture, degli approvvigionamenti possono essere di grande beneficio per la futura espansione non solo dei dispositivi che sfruttano l'energia oceanica ma anche di tutti gli altri settori ad essa connessi.

■ VERSATILITÀ (CAPACITÀ DI IMPATTARE SU PIÙ SETTORI)

Le tecnologie per lo sfruttamento delle correnti marine possono influire positivamente su settori non specificatamente energetici come:

- Manifatturiero/produttivo (costruzioni navali, lavorazioni meccaniche, apparecchiature elettriche/elettroniche)
- Lavorazioni civili (scavo e posa in opera di cavi per l'allaccio alla rete di terra)
- Sociale (autosostentamento delle Amministrazioni di piccole isole)
- Distributivo (commercializzazione e comunicazione).

■ POTENZIALE DI DIFFUSIONE IN AMBITO NAZIONALE

Essendo un bacino quasi chiuso, il Mediterraneo è un mare caratterizzato da modeste correnti. In Italia l'unica area realmente interessante per lo sviluppo di una tecnologia che sfrutti le correnti di marea è lo Stretto di Messina. Altre località presentano quantitativi di risorsa energetica molto modesti, come nel caso delle bocche della Laguna di Venezia (campo di prova della tecnologia GEM). Da uno studio condotto dall'ENEA in collaborazione con l'Università di Napoli "Federico II", emerge che il potenziale reale totale nello Stretto di Messina è pari a circa 250 MW di potenza installata che comporterebbe una produzione di energia annua pari a circa 160 GWh. E' bene precisare che tale produzione è ipotizzata sfruttando solo le aree vicino alle coste senza considerare la parte centrale dello Stretto che in futuro, con la maturazione della tecnologia, potrebbe essere ugualmente sfruttata.

■ IMPATTO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Studi preliminari sulle installazioni di turbine per correnti marine hanno evidenziato come non vi siano aspetti che ne impediscano la sostenibilità in relazione alla flora e fauna o che mettano a rischio le altre attività umane (industria della pesca, trasporti, turismo). L'impatto visivo e paesaggistico è limitato dato che le infrastrutture sono per la maggior parte sommerse mentre l'ancoraggio della struttura galleggiante sul fondale marino deve tener conto dell'eventuale impatto sulle specie vegetali. L'impatto sulla specie faunistica marina necessita l'installazione di opportuni dissuasori che prevenano il possibile urto con le macchine.

Discorso a parte merita il rumore sottomarino che la messa in esercizio delle turbine può provocare che può ostacolare particolari specie marine, come i cetacei, che utilizzano i suoni per comunicare.

Nel caso specifico della tecnologia GEM o KOBOLD, il ridotto numero di giri di rotazione e la connessa ridotta intensità di emissione dovrebbero produrre limitati effetti sulla fauna marina. Eventuali impatti di emissioni elettromagnetiche sono ridotti dall'utilizzo di una opportuna schermatura. Studi più approfonditi sono tuttavia necessari per valutare l'effettivo impatto della tecnologia sull'ecosistema marino.

Emissioni CO₂/MWh

Ad oggi non esiste uno studio specifico di calcolo delle emissioni di CO₂/MWh prodotto dal sistema GEM. Esistono delle stime su tecnologie del tutto simili che sfruttano, come il GEM, le correnti di marea per la produzione di energia elettrica.

Da tali studi si evince che durante il cosiddetto Life Cycle Assessment, tenendo conto quindi del trasporto, costruzione, installazione, gestione, manutenzione, dismissione e riciclaggio della macchina si producono da un minimo di 18 ad un massimo di 35 kgCO₂/MWh.

Emissioni CO₂/MWh evitate

Confrontando le emissioni medie di CO₂/MWh della tecnologia GEM con quelle che si produrrebbero utilizzando una fonte energetica non rinnovabile come il petrolio ne risulta un risparmio di circa 315 kg CO₂/MWh.

■ EFFICIENZA, TEMPO DI VITA E RENDIMENTO PREVISTI

Il prototipo in scala reale di tecnologia GEM prodotto e installato in un sito con una velocità ottimale della corrente di circa 2,6 m/s è capace di erogare una potenza nominale di 100 kW meccanici. Le prove sperimentali nella Laguna di Venezia in un sito con una velocità di picco di circa 1,5 m/s hanno registrato una potenza erogata dalla macchina di 20 kW. Il Coefficiente di potenza Cp, rappresentativo del rendimento di conversione comprensivo delle perdite elettriche a valle del generatore, è di 0,65 e si stima un coefficiente di potenza all'albero della turbina di circa 0,80.

PAYBACK TECNOLOGICO, DI INVESTIMENTO E DI OPERATION AND MAINTENANCE PREVISTO

Attualmente la diffusione a livello mondiale delle tecnologie per lo sfruttamento delle correnti marine è del tipo pre-commerciale. La produzione annua prevista per un impianto GEM dalla potenza di 300 kW, nel contesto delle correnti di marea che interessano lo Stretto di Messina, è di circa 900 MWh pari a 168 TEP/anno.

Sulla base dei costi di investimento e di O&M e della producibilità media annua del GEM 300kW nello Stretto di Messina è possibile ricavare il valore di LCoE (Levelised Cost of Electricity), ossia il prezzo a cui l'energia deve essere prodotta dalla fonte energetica per andare in pari con i costi nel periodo utile di vita dell'impianto (20 anni).

Visto il particolare periodo storico caratterizzato da tassi del costo del denaro anche negativi e visto che il Tasso Unico di Riferimento è pari a zero, il valore di LCoE per il GEM è pari a 0,129 €/kWh. Confrontando questo dato con quello riportato dal Carbon Trust in uno studio del 2012, in cui si stimavano LCoE al 2020 per le turbine dalle correnti marine in un range di 0,17-0,23 €/kWh, si intuisce come la tecnologia proposta del GEM sia ben al di sotto dei valori stimati e risulta molto redditizia a fronte dell'investimento iniziale.

PRINCIPALI OSTACOLI ALLO SVILUPPO

I principali ostacoli allo sviluppo della tecnologia sono:

- costi tecnologici e la creazione di una filiera che permetta la riduzione dei costi di costruzione e manutenzione: sono attualmente elevati e l'accesso ai finanziamenti è difficile. La dimostrazione dei dispositivi in mare è costosa e rischiosa e le imprese coinvolte spesso non hanno le risorse necessarie ad installare i propri prototipi. Ciò si traduce in ritardi nello sviluppo tecnologico e nella dimostrazione di affidabilità della tecnologia comportando un costo dell'elettricità prodotta ancora elevato. La mancanza di individuazione di una tecnologia unica comporta ancora un ritardo nella riduzione dei costi di capitale
- potenziamento della rete di trasporto dell'energia dal mare alla terraferma: è necessaria per consentire la gestione dei futuri volumi di energia oceanica e il loro trasporto verso i centri di consumo. Il ritardo del potenziamento della rete potrebbe comportare dei rischi nella connessione in tempo utile alla rete
- mancanza di navi specializzate per la manutenzione e l'installazione
- mancanza di adeguate normative nazionali e comunitarie: il procedimento autorizzativo per questa tipologia di impianti risulta molto complesso e ostativo, comportando forti ritardi nella progettazione e un conseguente aumento dei costi. L'incertezza della corretta applicazione della normativa ambientale può ulteriormente prolungare i processi di autorizzazione.
- scarsa conoscenza degli impatti ambientali previsti: non sono stati valutati non solo quelli ambientali ma anche quelli cumulativi derivanti dall'influenza con altre attività umane (come ad esempio l'integrazione dell'energia oceanica nei piani di gestione degli spazi marittimi) per far fronte ai problemi di sicurezza marittima
- mancanza di politiche fiscali adeguate e sussidi volti ad incentivare gli investimenti privati: la mancanza di un sostegno finanziario stabile, che rispecchi lo stadio di avanzamento delle tecnologie nel ciclo di sviluppo, può allungare i tempi necessari affinché i progetti diventino redditizi.

POTENZIALITÀ DI SVILUPPO TECNOLOGICO IN AMBITO NAZIONALE

Il maggior potenziale per lo sviluppo dell'energia oceanica si trova sul litorale atlantico, ma anche nel Mediterraneo esistono siti molto produttivi come, nel caso italiano, lo stretto di Messina.

Particolare importanza può avere questo aspetto in Regioni insulari come la Sardegna e la Sicilia, con ricadute positive in termini occupazionali e di crescita dell'economia locale in tutte le aree aventi rilevanza nella filiera per la produzione, installazione e impiego dei dispositivi in mare.

POTENZIALITÀ DI ESPORTAZIONE DELLA TECNOLOGIA

Il settore dell'energia oceanica ha un potenziale enorme se si pensa che secondo il World Energy Council è possibile produrre dalle correnti marine circa 1.200 TWh/anno. Il Carbon Trust britannico stima che, tra il 2010 e il 2050, il mercato mondiale dell'energia proveniente dal moto ondoso e dalle maree potrebbe raggiungere i 535 miliardi di Euro.

E' una economia quindi nascente, dove è ancora possibile conquistare un ruolo leader come paese fornitore di tecnologia e know-how non solo per il mercato interno ma anche per i mercati stranieri e dove l'Italia vanta tecnologie all'avanguardia (KOBOLD e GEM) in fase di sperimentazione.

Spesso paesi con grandi potenziali in termini di risorsa energetica come nel caso del Sud America e del Sud-Est Asia non sono tecnologicamente in grado di operare un adatto sfruttamento.

POSSIBILI RICADUTE PER IL SISTEMA INDUSTRIALE, DEI TRASPORTI, RESIDENZIALE E NEL TERZIARIO

Una tecnologia come il GEM per la produzione di energia elettrica ad emissioni zero non può che impattare positivamente sui sistemi industriali, sui settori dei trasporti, residenziale e terziario non emettendo in operazione alcun emissione inquinante.

A titolo di esempio, se nello Stretto di Messina venissero installati impianti GEM per 260 MW di potenza con una produzione energetica complessiva pari a circa 160 GWh potrebbero essere alimentate circa 65000 abitazioni con un risparmio notevole nelle emissioni relative al settore residenziale.

MAGGIORI ATTORI ITALIANI COINVOLTI

Utilizzo della tecnologia

- Utilities: ENEL e TERNA per lo sfruttamento industriale e la immissione dell'energia prodotta nella rete
- ESCO, servizi energetici
- ENEL Green Power, per lo sviluppo di nuove iniziative industriali per lo sfruttamento delle tecnologie.

Sviluppo della tecnologia

Numerose industrie manifatturiere aventi rilevanza nella filiera per l'installazione, la gestione e la manutenzione delle installazioni.

ECCELLENZE IN TERRITORIO NAZIONALE

Numerose sono le Università in Italia che hanno sviluppato competenze nei vari settori che interessano la progettazione e l'impiego di sistemi per la generazione di energia dalle correnti marine, tra di essi si distinguono il Politecnico di Milano, l'Università di Messina e l'Università della Calabria. Merita particolare menzione l'Università di Napoli "Federico II".

Dal 1988 ad oggi, i ricercatori dell'Università di Napoli "Federico II", hanno operato nella società senza scopo di lucro SEAPOWER scarl, all'ideazione e realizzazione di progetti nel settore dell'energia da fonte rinnovabile tramite lo sviluppo e l'ottimizzazione dei componenti delle turbine eolico-marino-fluviali.

Tra i centri di ricerca nazionali, ENEA e alcuni istituti del CNR portano avanti attività di rilevanza internazionale nello studio della circolazione del mar Mediterraneo e conducono attività di supporto ad aziende nazionali ed estere interessate allo sviluppo delle tecnologie.

Le attività svolte riguardano settori complementari:

- **ENEA:** effettua studi relativi alla caratterizzazione della risorsa energetica. Si occupa di individuare, mediante l'impiego di modelli numerici ad alta risoluzione, i siti marini più promettenti per l'installazione dei dispositivi di conversione. Tali modelli, che tengono conto anche della rappresentazione dei moti mareali, sono utilizzati sia in modalità previsionale che climatologica e forniscono i principali parametri della circolazione marina [7]
- **CNR:** si occupa dello sviluppo e la messa a punto di tecniche e strumenti per la progettazione dei sistemi di generazione e conversione dell'energia marina (modelli computazionali sviluppati in sede e la sperimentazione di modelli in scala dei dispositivi); della modellazione e sperimentazione delle componenti elettriche dei sistemi di conversione dell'energia e sviluppo delle strategie di controllo dei flussi di energia dalla macchina verso la rete elettrica; dell'analisi di impatto ambientale e delle problematiche connesse alle installazioni delle macchine in ambiente marino. Di particolare rilevanza gli impianti di prova (bacini di rimorchio e canali di circolazione) tra i più importanti al mondo per queste applicazioni.
- **RSE:** ha effettuato studi sulla disponibilità delle risorse da onde e correnti per la produzione di energia elettrica lungo le coste italiane. I risultati sono consultabili tramite i WebGIS MAREENERGY (<http://map.rse-web.it/mares/map.phtml>) e TRITONE (<http://map.rse-web.it/tritone/map.phtml>) che è uno strumento più ampio dedicato alla gestione integrata delle aree marine e costiere in relazione allo sviluppo delle rinnovabili offshore [1].

BEST PRACTICES

Tra le varie tecnologie oggetto di prolungati studi e sperimentazioni si segnalano i seguenti esempi che, in base alle proiezioni attuali, potranno fornire i primi casi di impianti per sfruttamento industriale.

- **OpenHydro**: della francese DCNS. Turbina ad asse orizzontale intubata e bidirezionale con potenza di oltre 1 MW. La conversione avviene mediante un generatore a magneti permanenti. A lungo provata in mare, la società costruttrice ha piani di costruzione di tidal arrays per svariati MW in Europa e America. <http://openhydro.com/home.html>
- **Schottel Hydro**, Germania: in corso la sperimentazione di turbine ad asse orizzontale di dimensioni medio/piccole (54-70 kW) da usare in clusters con una potenza installata complessiva fino a 2-4 MW. <https://www.schottel.de/it/schottel-hydro/>
- **SABELLA SaS**, Francia: turbina ad asse orizzontale di tipo bidirezionale. Dopo lunga sperimentazione, anche in collaborazione con il CNR, un prototipo di 10 metri di diametro è stato installato al largo della Bretagna nell'aprile del 2015. Ad oggi è il primo esempio di turbina connessa alla rete in Francia, con una produzione di circa 700 kW. <http://sabella-d10.bzh/>

Oltre a queste tecnologie promettenti, si segnala per completezza la tecnologia **SEA-GEN**, il primo sistema di grande scala connesso alla rete elettrica (2008) con potenza prodotta fino a 1.2 MW da due turbine orizzontali montate con bracci a sbalzo su un pilone centrale. La sperimentazione condotta per anni in Irlanda del Nord è stata sospesa di recente.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] 1. Guandalini R. Agate G., Peviani M., Carli F.: "Valutazione del potenziale di producibilità energetica dal moto ondoso e dalle correnti marine dei mari italiani" (Rapporto RSE n. 11000312) 2011
- [2] Peviani M., Carli F., Bonamano : "Mappa del potenziale energetico dal moto ondoso nelle coste italiane" (Rapporto RSE n. 11000809) 2011
- [3] IEA-OES, Ocean Energy Europe, <https://www.oceanenergy-europe.eu/en/programme>
- [4] IEA-OES, report Ocean Energy Systems (2014)
- [5] A Douglas, G P Harrison, J P Chick, 2004, Life cycle assessment of the Seagen marine current turbine, Department of Engineering and Electronics, University of Edinburgh, Edinburgh, UK[6] European Ocean Energy – Industry Vision Paper, 2013
- [7] 11. L. Libert, A. Carillo and G. Sannino: "Wave energy resource assessment in the Mediterranean, the Italian perspective" Ren. En. 50 (2013) pp. 938-949
- [8] 12. D. Magagna , A. Uihlein - Ocean energy development in Europe: Current status and future perspectives, International Journal of Marine Energy, pp. 84-104 no. September 2015 vol. 11
- [9] 13. B. Zanuttigh, E. Angelelli -ENEA – Ricerca Sistema Elettrico - Analisi delle attuali tecnologie esistenti per lo sfruttamento della energia marina dai mari italiani, Report RdS/2011/72
- [10] International Energy Agency – World Energy Outlook 2015
- [11] Sustainable Energy Authority of Ireland (SEAI)– Ocean Energy Roadmap, <http://www.seai.ie>
- [12] Horizon 2020 - Programma d'azione 2016-2017
- [13] www.ocwna-energy-systems.org
- [14] Brevetto Italiano, GEM n. 0001403558 richiesto nel 2010 e rilasciato il 31/10/2013 – Autori: D. Coiro – N. G. Morrone
- [15] Brevetto Francese, n. FR3013397(A1) – 22-5-2015 riguardante il sistema HELIOS GEM per la produzione di energia dalle correnti marine: Autori: D. Coiro – N. G. Morrone