

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-2021 DELLA RICERCA DI SISTEMA
ELETTRICO NAZIONALE**

**Presentazione dei progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26
gennaio 2000**

1.8 Energia elettrica dal mare

Durata: 36 mesi

ENTI	
Affidatario	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
Cobeneficiario 1	Politecnico di Torino

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Dati generali	pag. 1 / 1
-------------------------------	--------------------------------	------------------	------------

DATI GENERALI DEL PROGETTO

Titolo del progetto: **1.8 Energia elettrica dal mare**

Durata in mesi: **36**

ENTI

Nome dell' Affidatario: ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Nome del Cobeneficiario (1): PoliTO - Politecnico di Torino

COSTO

Costo complessivo del progetto: **€ 1.499.877,34**

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 1 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Abstract del progetto

(in lingua italiana)

Il progetto mira a diminuire il costo dell'energia (Levelized Cost Of Energy) l'LCOE del sistema Pendulum Wave Energy Converter (PEWEC) fino a raggiungere un valore di interesse per l'applicazione sul Decreto (DM.14/02/2017), a validarne il funzionamento in condizioni estreme e a fornire un progetto di design esecutivo di un dimostratore per test in scala reale. I mari di riferimento saranno i maggiormente rilevanti per le applicazioni wave power all'interno del Mediterraneo e verrà fornito un upscale verso i siti globali di maggiore interesse.

Il parametro LCOE verrà diminuito come segue:

- 1.Utilizzo di algoritmi genetici per la progettazione avanzata di un sistema PEWEC full scale con diversi gradi di affidabilità (modelli lineari, non lineari e CFD) e utilizzo massivo delle facilities HPC (High Performance Calculation) di ENEA e Polito.
- 2.Utilizzo di tecniche di controllo avanzate rispetto al controllo smorzante lineare precedentemente usato. Le tecniche avanzate, principalmente su architettura data driven, permetteranno un incremento delle produttività atteso nel range 20-50%
- 3.Progettazione esecutiva mirata alla riduzione del CAPEX tramite utilizzo di materiali avanzati, quali il cemento marino, e riduzione dell'OPEX, garantendo una vita del dispositivo di 50 anni di cui almeno 20 anni senza manutenzione straordinaria

La validazione in condizioni operative ed estreme avverrà tramite utilizzo estensivo di tecniche CFD e, per le condizioni estreme, tramite test sperimentale in vasca prova.

Il progetto esecutivo terrà conto delle norme IEC e dei maggiori standard marini di settore (RINA, DNV, Bureau Veritas), al fine di garantire la fattibilità al termine del progetto.

L'attività modellistica si propone di fornire dati aggiornati, ad alta risoluzione spaziale e per diverse scale temporali, utili alla valutazione della producibilità energetica lungo le coste italiane. I risultati ottenuti supporteranno la valutazione della sostenibilità economica dei sistemi di produzione energetica in siti specifici e la loro compatibilità con altri usi delle risorse marine. Le diverse scale temporali analizzate andranno da quelle della previsione operativa a quelle climatiche. Le previsioni ad alta risoluzione spazio-temporale consentiranno la calibrazione dei convertitori contribuendo all'abbassamento del LCoE.

Dettaglio delle attività:

- 1.Sviluppo del sistema operativo di circolazione del mare Mediterraneo, per la previsione delle correnti, inclusa la componente mareale, finalizzato all'ottimizzazione dell'operatività dei dispositivi di conversione e all'abbassamento del LCoE
- 2.Aggiornamento del sistema operativo delle onde, anche includendo l'effetto delle correnti sulla distribuzione spettrale dell'energia ondosa, per l'ottimizzazione dell'operatività dei dispositivi di conversione e l'abbassamento del LCoE
- 3.Valutazione della risorsa energetica marina a diverse scale temporali, da quella stagionale a quella climatica, per l'individuazione dei siti idonei alla produzione energetica tenendo anche conto dei diversi usi del mare, potenzialmente in conflitto.
 - Realizzazione di una climatologia della circolazione marina e dello stato del mare con una versione climatica dei modelli operativi, in condizioni di clima presente e futuro, per la stima della disponibilità della risorsa futura.
 - studio della applicabilità e della capacità predittiva delle previsioni stagionali dell'energia disponibile in siti marini (moto ondoso, radiazione solare, intensità del vento), con l'obiettivo di valutare la fattibilità di piattaforme multifunzione e la loro resilienza alla variabilità climatica e agli eventi impattanti.
- 4.Studio di possibili miglioramenti delle parametrizzazioni attualmente in uso nel modello di circolazione tramite lo studio delle interazioni aria-mare nella regione mediterranea

Abstract del progetto

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 2 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

(in lingua inglese)

The project tents to, on one hand, decreasing the Levelized Cost of Energy (LCOE) of the Pendulum Wave Energy Converter (PEWEC) in order to obtain an interesting energy cost regarding to (DM.14/02/2017), , on the other hand, at validating in the extreme conditions and, in addition, to provide an executive design of a full scale experimental demonstrator. The most interesting sites will be the most relevant for wave power application in the Mediterranean Sea. In addition, a focus regarding the most appealing worldwide sites will be provided.

The LCOE parameter will be decrease as following:

- Using a genetic algorithm for PEWEC full-scale advanced design with different ranks of reliability (linear and non-linear model, CFD), also, a large use of Polito and ENEA HPC facilities (High-Performance Calculation).
- Using advanced control techniques in comparison with linear damping control used previously. The advanced techniques, based on Data-driven architecture mainly, will allow an increase in productivity in the 20-50% range.

•Executive designing will focus on a CAPEX large decreasing through the using of advanced materials such as marine cement. In addition, the design will aim to an OPEX decreasing and at the same time to guarantee a device lifetime about 50 years of which 20 years without extraordinary maintenance.

The device validation in extreme and operative conditions will be through extensive use of CFD techniques and, for the extreme conditions specifically, through an experimental test in a wave tank.

The executive design will take into account IEC regulations and, in addition, the most important marine field standards (RINA, DNV, Bureau Veritas), in order to guarantee the project feasibility.

The modelling activities aim to provide high-resolution constantly updated data over a wide spectrum of temporal scales that allow the evaluation of marine energy productivity along the Italian coasts. Such results will help assess the economic sustainability of marine energy converters in specific sites, and the feasibility of their coexistence with possible competing uses of the sea space. Analyses will focus on temporal scales that range from a few days (operative forecast) to several years (climatic scales). The high space and time resolution forecasts will allow optimal calibration of the converters, thus contributing to the LCoE reduction.

More specifically:

1.An operative forecasting system of the circulation in the Mediterranean basin will be implemented, including tidal forcing and capable of providing high resolution currents for the optimization of converter operability and the consequent reduction of the LCoE

2.The upgrade of the operative system for wave forecast already developed at ENEA will be implemented, by also considering the effect of currents on the spectral distribution of wave, for both the optimization of converter operability and the LCoE reduction

3.The marine energy resource will be assessed at different time scales, from the seasonal to the climatological, for the optimal siting of marine energy converters, also accounting for the different, potentially competing, uses of marine space

•the climatological versions of the operative models will be used to create a climatological dataset of the circulation and the state on the Mediterranean Sea, under future climate scenarios, in order to assess the availability of marine energy resources

•the applicability and skill of seasonal forecasts will be assessed with regard to their capability of providing accurate estimates of marine energy resources (wave energy, solar radiation, wind speed), in order to support the design of multi-purpose platforms and their resilience to climate variability and extreme events

4.The parameterizations currently adopted in the circulation model will be improved based on new observations of air-sea interactions in the Mediterranean region

Attività svolte nel triennio precedente

Il primo step di prototipazione ha previsto la realizzazione di un dispositivo small scale (1:45) che si configura come risultato di un design basato su una modellazione a parametri concentrati. Il layout del dispositivo sintetizza, già nello step small scale, tramite la definizione dei sottosistemi in termini di Power Take Off (PTO)

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 3 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

al cui albero è vincolato un Pendolo, la mission dell'ottenimento di energia dalla risorsa mediante una massa inerte oscillante (Numerical Modeling and Experimental Testing of a Pendulum Wave Energy Converter (PEWEC), 2018). L'intero sistema è quindi alloggiato in uno scafo la cui forma tende a massimizzare la risposta sia di beccheggio che di rotazione relativa PTO-scafo al fronte d'onda; la quale è mediata da un sistema di controllo Proporzionale-Integrativo-Derivativo basato su una proporzionalità tra la coppia estratta dal PTO e la velocità angolare relativa PTO-scafo.

L'avanzamento del progetto ha, poi, contemplato un upgrade in termini di prototipazione a media scala (1:12) dalle medesime caratteristiche formali ed oggetto di due serie di test in vasca prova, in partnership con ENEA, atte a valutare le performances estrapolabili grazie ad un embedded system data acquisition. Il rispetto delle condizioni al contorno prescritte dal modello è stato affidato ad un sistema di ormeggio, si possono trovare dei richiami in (Mooring design approach for wave energy converters, 2006), il cui schema operativo prevede un ancoraggio al fondo della vasca prova ed un collegamento intermedio con un jumper. Questo layout, caratterizzato da un comportamento elastico non lineare, ha raggiunto un duplice scopo: il trattenimento dello scafo nella posizione prescritta senza influenzare la dinamica di beccheggio dello stesso. I test sperimentali in vasca prova hanno permesso di identificare sia la risposta in frequenza a pendolo bloccato che la risposta dinamica dell'intero dispositivo a dei fronti d'onda selezionati la cui qualità è stata oggetto di test.

Data la variabilità della risorsa in condizioni operative, determinata mediante benchmarking del sito di Pantelleria, il dispositivo è stato testato con profili di onda sia regolari che irregolari evidenziando un'efficienza di cattura superiore al 60% in onda regolare ed al 40% in onda irregolare. Inoltre, il dispositivo risulta essere stato validato in condizioni di onda regolare.

Nel corso del triennio precedente è stato realizzato un prototipo di sistema operativo di previsione della circolazione nel mar Mediterraneo, le cui caratteristiche fondamentali consistono nella scelta di un grigliato di calcolo che copre l'intero bacino Mediterraneo e il Mar Nero, con una risoluzione della griglia molto elevata nelle regioni degli stretti, e nell'introduzione esplicita della forzante mareale. Lo sviluppo di questo modello è stato necessario per poter adeguatamente descrivere gli scambi di masse d'acqua e i controlli idraulici in corrispondenza degli Stretti. La risoluzione spaziale all'interno del bacino è di $1/48^\circ$ raggiungendo negli stretti un massimo dell'ordine delle centinaia di metri. Il modello tiene esplicitamente conto sia della componente mareale laterale che si propaga dall'Atlantico all'interno del bacino che della marea locale. E' stata messa a punto la catena di codici di calcolo che permettono l'esecuzione in maniera operativa del modello di previsione sui computer dell'ENEA, ed è stata effettuata una prima validazione su casi studio, fornendo in output le mappe di previsione della circolazione superficiale per l'intero bacino e per lo stretto di Gibilterra, con cadenza oraria per 4, 5 giorni.

Inquadramento del Progetto nello stato dell'arte

Stato dell'arte nazionale e internazionale relativamente alle attività previste dalla proposta di progetto

La risorsa energetica derivante dal moto ondoso è stimata in circa 2 TW (Quantifying the global wave power resource, 2012) con una densità di potenza venti volte superiore a quella solare, configurandosi come la risorsa energetica rinnovabile meno sfruttata. L'Italia può vantare un buon posizionamento a livello globale nello sviluppo di Convertitori (WEC), sia all-in one che a supporto fisso. Tra i dispositivi a supporto rigido, che sfruttano l'energia del fronte d'onda, si distinguono:

- GENEMA WEC;
- ORBREC;
- SINNERPOWER;
- ECOWAVE POWER CONVERTOR;
- GEL SYSTEM;
- SSG;
- REWEC.

Tali soluzioni, tuttora in via di sviluppo, sono state progettate specificamente per il Mar Mediterraneo (State of the Art and Perspectives of Wave Energy in the Mediterranean Sea: Backstage of ISWEC, 2019) tranne SSG. Ad esse si aggiunge il POWERBUOY (Howard, 2018), basato su una tecnologia point-absorber, sviluppato in collaborazione con ENI, capace di produrre una potenza dell'ordine dei 3 kW.

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 4 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

Tra i dispositivi all-in one tipicamente impiegati in scenari off-shore, ricordiamo:

- ISWEC;
- PEWEC;
- OYSTER;
- LANGLEE.

Questi dispositivi generano energia mediante un embedded system basato su masse inerti oscillanti o masse giroscopiche che sfruttano la risposta dello scafo al beccheggio. Tra questi ISWEC, il dispositivo di proprietà di Wave for Energy (W4E) sviluppato in collaborazione con il Politecnico di Torino ed ENI, ha una taglia energetica nell'ordine dei 60 kW.

La produzione di energia si basa sulla conversione del moto del gruppo giroscopico mediante un PTO. Ad oggi ne esiste un prototipo full scale situato in prossimità dell'isola di Pantelleria che prevede un sistema di ancoraggio sul fondale marino mediato da dei jumper che mantiene il dispositivo in posizione con una influenza minima sulla dinamica di beccheggio dello scafo.

Lo sviluppo dei WEC ha ricevuto nuovo impulso anche a seguito delle raccomandazioni da parte dell'Unione Europea, di portare entro il 2020 la produzione di energia elettrica da moto ondoso a 5 GWh (2009/28/CE), concorrendo alla quota minima del 32% di energia da fonti rinnovabili al 2030 indicata nella EU Energy Strategy.

Per il loro funzionamento operativo i convertitori necessitano di previsioni accurate di altezza e direzione delle onde e intensità di correnti. Per quanto riguarda le previsioni operative della circolazione del mare nel bacino Mediterraneo, i prodotti più avanzati attualmente disponibili distribuiti dal servizio Copernicus non includono la forzante mareale e hanno una risoluzione regolare di $1/24^\circ$, insufficiente a descrivere gli scambi attraverso gli stretti. Recentemente in questo sistema previsionale è stato inserito l'accoppiamento onda-corrente, che si è dimostrato non cruciale per la rappresentazione della circolazione mentre migliora la rappresentazione dello spettro delle onde (DOI 10.1007/s10236-017-1087-7). E' inoltre operativo il sistema di previsione del moto ondoso realizzato da ENEA nell'ambito dei PAR precedenti ad $1/32^\circ$ sull'intero bacino, e a più alta risoluzione ($1/128^\circ$) su sottodomini di interesse.

Lo sviluppo di previsioni meteorologiche stagionali utili alla programmazione del settore energetico è stato oggetto di alcuni progetti H2020 (S2S4E 2017-2020 e SEACLIFIRM 2017-2021) e delle attività Copernicus C3S Energy. Tuttavia, in questi contesti ci si è limitati a valutare la domanda e la produzione di energia su terra (eolico, solare, idroelettrico), trascurando le applicazioni nel settore di produzione dell'energia dal mare (onde, eolico e solare offshore).

Obiettivi scientifici e tecnologici e progressi attesi rispetto allo stato dell'arte

Lo sviluppo tecnologico del progetto PEWEC è teso a ottemperare alla minimizzazione delle inefficienze pregiudicanti la resa energetica. Questo sforzo si può riassumere in alcuni punti cardine presentati di seguito:

1. Riduzione del costo dell'energia fino a un livello di interesse per il Decreto (DM.14/02/2017) tramite:
 - a. Implementazione di algoritmi genetici nella fase di early-design atti a ottenere il miglior layout in termini di forme e distribuzione dei sottosistemi.
 - b. Impiego di tecniche di controllo state of art (Data Driven) mirate all'incremento di produttività e del bearing lifetime del complesso del convertitore con l'obiettivo di ottenere una riduzione sensibile degli aspetti manutentivi mediante un'affidabilità migliorata.
 - c. abbattimento dei costi realizzativi dello scafo (che rappresentano il 30% dell'effort economico totale) mediante la definizione di una linea di produzione in serie di scafi in cemento armato.
2. Sviluppo di un WEC innovativo basato su masse inerti oscillanti che riduca drasticamente il numero di componenti in movimento ad alta velocità in ambiente marino aggressivo, con il risultato di azzerare la necessità di manutenzione sia ordinaria che straordinaria. L'elevata affidabilità permette di abbattere drasticamente i costi e, di conseguenza, il LCoE.

L'impiego di Algoritmi genetici avanzati consente di ottenere il miglior compromesso in fase di design fornendo soluzioni atte a massimizzare non solo l'energia estratta a livello meccanico e fluidodinamico, ma

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 5 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

anche una distribuzione ottimale degli spazi e delle masse di zavorra con notevoli ricadute economiche sulla quota parte assorbita dalla produzione dello scafo.

L'utilizzo del cemento armato nella realizzazione dello scafo consente di abbattere i costi dello stampo mediante un processo tecnologico facilmente riproducibile, caratterizzato da alte velocità di esecuzione e decisamente affidabile. L'elevata reliability del processo sintetizza perfettamente il concetto di Total Quality che si concretizza nell'abbattimento dei costi di produzione con una percentuale di oltre il 50%.

La tecnologia a masse inerti oscillanti introdotta dal PEWEC denota l'assenza di masse rotanti ad alta velocità aumentando sensibilmente la vita utile dei sottosistemi e del dispositivo nella sua totalità. Essendo quindi i componenti sottoposti a stress sensibilmente inferiori, gli stessi presentano un aumento della resistenza a fatica per alti numeri di cicli. Tutto questo si traduce in termini economici in un assorbimento nettamente minore da parte di lubrificazione, raffreddamento e in generale dell'intero sistema di estrazione.

Per quanto riguarda i sistemi previsionali e i database climatologici, si attendono i seguenti progressi:

- Il sistema di previsione della circolazione fornirà quotidianamente previsioni ad alta risoluzione su tutta l'area mediterranea per i cinque giorni successivi, includendo l'effetto della marea e verrà continuamente utilizzato in versione operativa

- Sulla base dei risultati più recenti sugli effetti dell'interazione onda-corrente nel bacino Mediterraneo, verrà realizzato l'accoppiamento tra il modello di circolazione e quello di moto ondoso, che verrà aggiornato utilizzando il codice WAVEWATCH III; tale codice permette la selezione di parametrizzazioni alternative costantemente aggiornate dei processi rappresentati, facilitandone il tuning per le specifiche condizioni del bacino

- Realizzazione di uno studio di fattibilità per l'utilizzo innovativo di previsioni stagionali nel settore dell'energia dal mare

- Realizzazione di nuovi database climatologici per scenari climatici futuri, utilizzando le versioni climatologiche dei modelli previsionali forzate con le proiezioni atmosferiche regionali più aggiornate (EURO-CORDEX)

- Verifica delle possibilità di miglioramento del sistema previsionale attraverso l'implementazione di nuove parametrizzazioni dei processi di scambio di massa e calore all'interfaccia atmosfera-oceano.

Eventuali collegamenti con altri progetti/soggetti relativamente alle attività previste dalla proposta di progetto

Non sono previsti al momento collegamenti con altri progetti/soggetti relativamente alle attività previste dalla proposta di progetto.

Bibliografia stato dell'arte

Non presente in allegato

Obiettivi e risultati

Obiettivi finali del progetto

L'obiettivo finale della ricerca è la definizione di un layout full scale di PEWEC che integri le attività svolte nel triennio precedente, volte alla validazione in condizioni operative, con la validazione di un dispositivo ottimizzato, grazie a nuove tecniche di analisi e costruzione, in onda estrema e che possa essere realizzato e installato nel Mar Mediterraneo. Lo scopo ultimo è quindi dimostrare un costo dell'energia, prodotta dal sistema PEWEC, che possa essere di interesse per un utilizzo nel nuovo decreto energia di cui (DM. 14/02/2017). Durante il progetto si procederà alla costruzione di un dispositivo PEWEC a media scala e la sua successiva validazione in condizioni estreme implementando non solo tecniche di controllo innovative, basate su MPC e Data-Drive, ma anche loop di design ottimali sfruttando gli algoritmi genetici. Altro obiettivo prefisso, certamente non di minore importanza, è la definizione di uno standard, coincidente con un avanzamento dello stato dell'arte precedentemente descritto, nella progettazione, costruzione e validazione di

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 6 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

sistemi WEC basati su masse inerti oscillanti la cui definizione affonda le proprie radici in un iter di progetto coinvolgente numerosi attori dalle più disparate competenze. In ultimo, è doveroso considerare un apporto in termini di accelerazione dello sviluppo commerciale dei sistemi di conversione del moto ondoso, qualificare le aziende italiane nei confronti di un prossimo futuro mercato internazionale, attraverso un programma di attività articolato sui diversi aspetti, sia oceanografici che ingegneristici, della produzione di energia elettrica dal mare. Tra questi aspetti ricordiamo la valutazione del clima d'onda presente nelle regioni di massimo interesse, lo sviluppo di sistemi di previsione dell'energia associata ai diversi stati del mare, la valutazione degli estremi climatici. L'obiettivo finale delle attività di modellistica è costituire un sistema di supporto stabile e affidabile per la progettazione e la gestione dei convertitori, attraverso il continuo aggiornamento dei sistemi previsionali e di assessment, anche in considerazione degli scenari di cambiamento climatico previsti. Questo contribuirà all'ottimizzazione della produzione energetica da rinnovabili marine e alla sua compatibilità con i molteplici usi del mare da parte di attività economiche tradizionali (e.g. pesca, turismo, etc.). Più in generale, tra gli obiettivi attesi c'è quello della sostenibilità ambientale. In particolare, grazie alla semplicità di utilizzo, alla mancanza di impattanti infrastrutture fisse al fondale, al completo rispetto dell'ambiente marino, viene garantita la produzione dell'energia a ridottissimo impatto ambientale. A titolo di esempio, un sistema come quello proposto nel range 50 - 100 kW, porta a una riduzione delle emissioni inquinanti rispetto a un gruppo Diesel equivalente (emissione 1.27 kgCO₂/kWh) pari a 100-200 ton CO₂/anno

Principali risultati attesi

I risultati attesi al termine dell'iter del progetto si possono sintetizzare in:

- Caratterizzazione del sito di interesse mediante analisi della risorsa ondosa e produzione di report di scenario basati su calcolo della potenza del sito, delle occorrenze e dell'intensità dell'onda mediante analisi in frequenza tramite l'utilizzo del software Matlab©.
- Distribuzione dei carichi che interessano il dispositivo in condizioni operative ed estreme mediante analisi del panorama normativo nazionale ed internazionale.
- Modelli numerici per il controllo del dispositivo basati su MPC e Data-Drive ottenuti tramite implementazioni in ambiente Matlab©.
- Progettazione di Algoritmi Genetici per la definizione dei layout ottimi dello scafo del dispositivo tramite implementazioni in ambiente Matlab©.
- Modello fluidodinamico e caratteristiche dei carichi di pressione e dei profili di velocità attorno allo scafo del dispositivo ottenuti tramite StarCCM+©.
- Prototipo medium scale del dispositivo equipaggiato con celle di carico integrate in un data acquisition system basato su National Instrument©.
- Avamprogetto del dispositivo PEWEC completo di note di rilascio ed installazione.
- Catena operativa implementata su macchine ENEA, realizzata attraverso codici numerici innovativi.

Diffusione risultati

La diffusione dei risultati della ricerca sarà effettuata nel modo più adatto a rendere la comunità scientifica e industriale, sia nazionale che internazionale, consapevole dei risultati ottenuti e delle competenze acquisite nel corso del progetto. I documenti saranno proposti sia alle principali riviste internazionali sia ai congressi scientifici del settore. I risultati scientifici attesi dallo svolgimento del programma di ricerca saranno pienamente divulgati. Come ulteriore attività di divulgazione saranno realizzati rapporti tecnici in cui saranno descritti in dettaglio i risultati ottenuti. I rapporti saranno resi disponibili sul sito web ENEA dedicato al progetto.

Sarà assicurata una presenza tecnicamente qualificata in sedi internazionali quali la European Energy Research Alliance (EERA).

Nell'ambito di questo obiettivo si prevede inoltre di mantenere in operatività il Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS, Decision Support System) di tipo GIS-based (DSS-WebGIS), già implementato nel corso di

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 7 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

precedenti Accordi di Programma e denominato “Waves Energy” (<http://utmea.enea.it/energiadalmare/>). Inoltre sarà garantita la continuità della divulgazione a mezzo di sito web dedicato dei dati di forecast dell’energia del moto ondoso e delle correnti marine.

Al termine del progetto sarà organizzato un workshop per divulgare i risultati ottenuti.

TRL iniziale

5

TRL finale

6

Livelli di Maturità Tecnologica (TRL) secondo la Commissione Europea

Nelle precedenti fasi del progetto si è giunti a una dimostrazione a media scala (1:12), che ha permesso di validare le performances di un sistema a geometria semplificata.

L’incremento di TRL risiede in:

- Validazione del sistema a media scala.
- Validazione in onda estreme e utilizzo di tecniche avanzate.
- Progettazione finale del basic-design e acquisizione di know-how.

Impatto sul sistema elettrico e benefici attesi

Impatto sul sistema elettrico nazionale

Il focus energetico sulle Isole minori non può che vertere sull’alto costo dell’energia, imputabile alle fonti di approvvigionamento e alla natura del combustibile fossile usato (Diesel). A tutela del consumatore esistono dei meccanismi perequativi che livellano il costo finale all’utente con la media nazionale, a questo proposito, la ricaduta del progetto sul sistema elettrico nazionale è quantificabile nella riduzione dei costi dei meccanismi di perequazione garantiti dall’installazione di dispositivi di produzione di energia elettrica da onde del mare in loco. Inoltre, l’applicazione del device in siti in cui il LCoE è superiore, permette di fornire un proof of concept utilizzabile dagli stakeholders in applicazioni su larga scala sulla rete nazionale.

A questo proposito, solo per l’Italia, si contano più di 50 isole minori in cui il costo dell’energia è molto elevato, ben superiore ai 0.2161 €/kWh (EUROSTAT, 2019).

I casi di riferimento riguarderanno i principali hotspot italiani dal punto di vista della risorsa e sociale. A titolo esemplificativo saranno sicuramente incluse

Almeno due location lungo la costa ovest della Sardegna, la zona a maggior potenziale mediterraneo

L’Isola di Pantelleria, oggetto degli studi nel triennio precedente

Per stimare il mercato potenziale nel bacino del mediterraneo partiamo da questi dati:

popolazione media delle piccole/medie isole: 2.500 abitanti

consumo medio per abitante: 6 kWh/g

Soddisfare il 10% del fabbisogno energetico relativo al 32% della produzione totale di energia che entro il 2030 dovrà essere ottenuta da fonti rinnovabili, come espresso da (2018/2001).

L’installazione di Wave Energy Converter (WEC) può supplire, se non addirittura sostituire del tutto, al fabbisogno energetico di isole medio-piccole non autosufficienti che basano il proprio approvvigionamento di energia su impianti a combustibili fossili, con notevoli ricadute sulla qualità della vita e ambientale. Chiaramente queste tecnologie sono implementabili non soltanto nella fornitura di energia elettrica per usi domestici o civili, ma anche industriali, ne è un esempio il possibile impiego negli impianti di acquacoltura. a livello europeo gli impianti marini di acquacoltura rappresentano il 65.4% dell’intero valore di mercato di circa

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 8 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

7 miliardi di euro, completato con il 34.6% di impianti di acquacoltura in acqua dolce. Il sistema si può rivolgere all'acquacoltura in ambiente marino data la maggiore presenza di onde e il più difficilmente reperimento di energia elettrica data la maggiore distanza dalla costa. L'energia elettrica negli impianti di acquacoltura è sempre maggiormente utilizzata per i fini di distribuzione del cibo, ricircolo dell'acqua/ossigenazione, illuminazione. Per il solo allevamento del salmone sono utilizzati ogni anno 3 milioni di tonnellate di gasolio per un valore di 2.7 miliardi di euro. Il costo dell'energia elettrica dovuto al solo gasolio per la produzione del pesce negli impianti di acquacoltura marina è valutato al 2018 nel range 0.4-0.6 €/kWh e corrispondente al 19%-45% del valore di vendita all'ingrosso del pesce prodotto. L'impatto di un sistema come quello proposto che permette la produzione eco-compatibile di energia in loco può essere quindi rilevante, anche a livello di marketing nell'ottica del "Green fish farming".

In ultimo, bisogna considerare il ruolo che le installazioni WEC possono avere nello smantellamento delle piattaforme off-shore. La procedura di dismissione di questi impianti necessita l'utilizzo di generatori di potenza Diesel, che vengono quindi rimorchiati in loco e impiegati per la segnalazione delle operazioni. Tale scenario può migliorare significativamente con l'inserimento di fonti energetiche rinnovabili direttamente in loco, per la riduzione dei costi e l'aumento dell'affidabilità globale dei sistemi di segnalazione.

Benefici per gli utenti

L'obiettivo di produrre energia mediante lo sfruttamento delle fonti rinnovabili è diventato un target ormai consolidato e rientra nei programmi di ricerca e industriali di quasi tutte le strategie politiche nazionali ed internazionali. L'utilizzo di fonti rinnovabili attraverso specifici sistemi di produzione deve tenere in conto anche un basso impatto ambientale, pertanto lo sfruttamento dell'energia del moto ondoso risulta poco invasivo in quanto non necessita, almeno per quanto riguarda le soluzioni proposte dal progetto in esame, di strutture fisse sul fondale e non genera danni significativi alla morfologia e all'habitat.

Le attività relative ai sistemi di produzione di energia dal mare sono particolarmente interessanti per le numerose isole presenti in Italia: in molte di queste l'approvvigionamento energetico, realizzato comunemente da centrali termoelettriche a gasolio, risulta oneroso dal punto di vista economico. Per tali realtà la possibilità di utilizzare sistemi che convertono l'energia del mare appare particolarmente interessante. A livello sociale si avrebbe il vantaggio della sicurezza della continuità della produzione di energia ed il coinvolgimento nella manutenzione dei sistemi. Lo sviluppo dei sistemi di assorbimento e conversione energetica di tipo costiero, sia galleggianti sia di tipo a barriere sommerse poggiate su bassi fondali, può avere un significativo interesse nel nostro Paese, per la riduzione dei fenomeni di erosione costiera. Per quanto riguarda viceversa l'impatto economico, lo sviluppo di tecnologie innovative quali quelle relative ai sistemi di conversione dell'energia del mare possono fare crescere delle realtà produttive che potrebbero agevolmente svilupparsi in un mercato per lo più ancora inesplorato. Parallelamente, la crescita delle realtà di conversione di energia da onde marine può avere sostanziali ricadute positive su ESCo (Energy Service Company) e realtà comunali.

Previsione delle ricadute applicative

Le ricadute per i proponenti riguardano l'apertura verso il mercato nascente e in espansione delle applicazioni su rinnovabili offshore.

La creazione e la qualificazione di un nuovo prodotto cardine per tale mercato permetteranno al consorzio di imporsi con anticipo sulla concorrenza e poter guadagnare rilevanti fette di mercato.

Il partenariato guadagnerà inoltre il know-how sui settori di riferimento disponibile presso ENEA e il Politecnico di Torino e potrà efficacemente approcciare il mercato e adattarsi alle esigenze richieste, anche indirizzandosi verso i mercati limitrofi e le opportunità di progetti industriali congiunti a livello nazionale e internazionale.

Si potrà valutare la convenienza di registrare un brevetto congiunto della tecnologia sviluppata, al fine di poter presentare sul mercato una tecnologia proprietaria in grado di imporsi nei contesti di utilizzo.

I soggetti coinvolti otterranno un prodotto a livello pre-commerciale in grado di indirizzare i mercati di riferimento, attirando al contempo i finanziamenti necessari allo sviluppo fino a TRL9, anche grazie alla

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 9 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	-------------

ricerca di schemi di finanziamento dedicati.

Al termine dell'attività di ricerca, sarà possibile rivolgersi ai principali portatori di interesse (stakeholder) nel settore delle rinnovabili (gestori di reti nazionali e isolate, privati e pubblici, gestori di impianti di acquacoltura, gestori di strutture off-shore, ESCO, gestori e proprietari di micro-reti, utility) per promuovere sinergicamente la commercializzazione dei sistemi sviluppati.

Il progetto è di interesse per la riqualificazione di piattaforme petrolifere, un mercato in crescita visto il crescente numero di piattaforme petrolifere in fase di smantellamento.

Verifica dell'esito del Progetto

Oggetti e documentazione dei risultati finali

- layout definitivo di progetto
- disegni di avamprogetto
- report sulle performance
- scenari energetici di utilizzo
- Sito web per la pubblicazione delle previsioni meteo-marine
- articoli scientifici
- presentazioni in conferenza, workshop ed eventi
- press release su siti web, social e piattaforme diversificate dei consorziati

Elementi per la verifica finale del progetto

• Per quanto riguarda il layout definito e i disegni di avamprogetto verrà prodotta una reportistica dettagliata contenente tavole tecniche, particolari di installazione ed eventuali criticità riscontrate. Altresì verranno indicate sia le schede tecniche dei materiali utilizzati sia la componentistica degli organi di trasmissione con particolare riferimento ai prodotti da utilizzare per l'eventuale lubrificazione.

• Verranno prodotti dei report contenenti LCOE e in generale le performance del dispositivo in relazione al sito di utilizzo.

• Produzione reportistica indicante lo scenario energetico di utilizzo caratterizzato da un ampio focus su flusso energetico e densità specifica di potenza del sito scelto durante un congruo periodo temporale.

• La produzione scientifica verrà sottoposta alle maggiori riviste di settore monitorabili mediante impact factor.

• Le presentazioni durante conferenze, workshop ed eventi verranno adeguatamente diffuse mediante i numerosi canali di press release a disposizione. In particolare, si farà largo uso dell'utilizzo di website e social media diversificati di cui si può tenere traccia dell'attività, in relazione all'impatto sul pubblico, mediante monitoraggio dei trend di interazione.

Coordinamento tra gli affidatari

Il progetto prevede attività in sovrapposizione con gli altri affidatari?

SI

Coordinamento tra gli affidatari

In data 22 Settembre 2019 è stato costituito il Comitato di Coordinamento del Progetto di Ricerca "Energia

PTR_19_21_ENEA_PRG_7_C AP1	1.8 Energia elettrica dal mare	Descrizione del progetto	pag. 10 / 10
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------	--------------

“Elettrica dal Mare”, al fine di evitare sovrapposizioni tra le tematiche di ricerca svolte in parallelo tra CNR, ENEA, RSE, come da indicazioni CSEA, e con l’obiettivo ulteriore di identificare sinergie tecnico-scientifiche al fine di favorire lo sviluppo integrato dell’energia rinnovabile dal mare, includendo le risorse disponibili dalle onde, vento e correnti.

Il comitato è composto dai tre referenti scientifici dei tre Enti, presenti alla riunione:

- Claudio Lugni (CNR)
- Gianmaria Sannino (ENEA)
- Maximo Peviani (RSE)

PROPOSTA DI COORDINAMENTO

Il comitato del CdC all’unanimità concordano:

i) a collaborare nella promozione del laboratorio a mare, che costituirà un valore aggiunto per il nostro paese (unico laboratorio integrato onde/vento/sole in Italia) coinvolgendo gli sviluppatori, il settore industriale e gli operatori nazionali, mirato a testare le tecnologie più adatte alle condizioni meteo-marine italiane.

ii) al fine di caratterizzare le condizioni meteo-marine stagionali esistenti nell’area marina prossima al laboratorio a mare, ENEA e RSE forniranno i dati dei modelli previsionali e di misure a mare rispettivamente (in termini di onde, correnti e vento) che verranno utilizzati dal CNR per completare e integrare i rilievi delle boe che saranno installate presso l’area di prova, ed inizializzare i modelli di propagazione ondosa su piccola scala (scala locale del lab) sviluppati dal CNR stesso;

iii) nell’interesse della ricerca reciproca, RSE metterà a disposizione di ENEA i dati delle misure effettuate a mare, utili per la verifica dei modelli numerici. A sua volta ENEA fornirà a RSE i risultati modellistici del moto ondoso, utili per la valutazione della producibilità effettiva in siti specifici.

A tal fine, i componenti del CdC decidono per un pieno scambio delle informazioni e dei risultati scientifici relativi all’avanzamento delle attività dei rispettivi progetti, attraverso degli incontri periodici con cadenza semestrale. Durante gli incontri avranno lo scopo di

- condividere lo stato di avanzamento delle attività;
- verificare nel tempo l’assenza di sovrapposizioni o duplicazioni di attività di ricerca;
- condividere l’avanzamento e i risultati di ricerca per quelle attività che possono beneficiarne in maniera sinergica, quale quella prevista per il laboratorio a mare.
- valutare l’opportunità per incontri scientifici, sottoforma di workshop, in cui verranno presentate e scambiate le informazioni tra i ricercatori coinvolti nel progetto.

Immagini allegate:

Non presenti in allegato

Coordinamento affidatari:

Presente in allegato