

## **AFFIDATARIO CNR**

Tema - Titolo del progetto: Progetto 1.8: Energia Elettrica dal Mare

Durata: 36 M

Semestre n. 1 – Periodo attività: M01-M06

### **ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:**

Il progetto di ricerca propone un cambio di rotta della situazione italiana per la progettazione e lo sviluppo di soluzioni innovative per piattaforme galleggianti dedicate allo sfruttamento di risorse rinnovabili marine, in grado di sopportare condizioni complesse e severe e, come nel caso delle turbine eoliche, carichi indotti esterni all'ambiente marino. Enfasi e' dedicata alla progettazione integrata e multidisciplinare delle turbine eoliche galleggianti (TEG) che, a partire dalle linee di ancoraggio e piattaforma galleggiante, fino alla turbina, comprensiva di hub, pale, controllo e convertitori di potenza, costituisce la dorsale portante del progetto, attraverso un'azione congiunta dal punto di vista teorico-numerico e sperimentale, sia in laboratorio che in mare. Lo studio di forme innovative e idrodinamicamente efficienti consente l'accoppiamento ottimo con l'aerogeneratore al fine di massimizzarne la produzione energetica per le condizioni meteo-marine tipiche di alcune aree nel Mediterraneo, opportunamente identificate attraverso i dati sulla risorsa disponibili in letteratura e/o forniti dai colleghi di ENEA e RSE. Congiuntamente allo studio di nuovi tipi di ancoraggio ed il loro accoppiamento con le TEG, questo progetto di ricerca mira ad una progettazione ottima della piattaforma, con lo scopo di ridurre il costo di costruzione e di manutenzione delle TEG, favorendo una riduzione del Levelized Cost of the Energy (LCOE) ed un incremento sostanziale del TRL di alcune soluzioni tecnologiche innovative che verranno proposte. Particolare attenzione sarà dedicata a nuove soluzioni progettuali per una riduzione consistente dell'impatto ambientale che tali tecnologie possono avere.

Il principale output del progetto di ricerca e' la progettazione e costruzione di un laboratorio a mare per energie rinnovabili, il primo in Italia e tra i pochi in Europa. La disponibilità di un sito nel quale poter effettuare prove in ambiente reale consentirà: a) un innalzamento del TRL delle tecnologie sviluppate in Italia; b) una più profonda comprensione della scalatura di alcuni fenomeni fisici quando si passa da modello a prototipo; c) di costituire un valore aggiunto nel prossimo futuro per l'intera comunità scientifica italiana e per l'industria nazionale del settore. Attraverso una tale infrastruttura si potrà approfondire lo studio del comportamento dinamico di un dimostratore di TEG (in scala 1:7 di una 5MW, il primo in Italia) in condizioni ambientali rilevanti, il suo monitoraggio strutturale e di performance nel tempo, e valutare la fattibilità di alcuni moduli di quello che sarà l'Arcipelago Energetico, un'idea innovativa per il Mediterraneo proposta recentemente dal CNR-INM. Verranno quindi studiati, sia dal punto di vista teorico-numerico che sperimentale in laboratorio indoor, dei moduli galleggianti con la duplice funzionalità di frangiflutto e Wave Energy Converter (WEC). Nel concetto di Arcipelago, questi ne delimiteranno il perimetro, favorendo la realizzazione di una zona di mare protetta nella quale sarà possibile installare nuove forme di sfruttamento di energia in mare (e.g. isola solare), che insieme a quella prodotta dalle TEG (presenti al di fuori dell'arcipelago) permetteranno in futuro: a) nuove attività produttive (e.g. acquacultura); b) storage

dell'energia attraverso la produzione di combustibile liquido a basso impatto ambientale (e.g. metanolo e idrogeno), c) desalinizzazione di acqua marina.

All'interno del presente PR si svilupperanno possibili soluzioni innovative di piattaforme galleggianti per isole solari, che verranno realizzate, dapprima in scala modello per studi in laboratorio indoor, e poi in scala prototipale per prove in laboratorio a mare.

Infine, utilizzando l'opera civile del dimostratore del wave energy converter "OBREC" già esistente nel sito del laboratorio a mare ed integrato nella diga portuale prospiciente il sito stesso, si procederà alla progettazione e costruzione di una turbina idraulica a basso carico che consentirà di quantificare l'efficienza energetica del dimostratore.

In tal modo si vuole proporre un cambiamento di paradigma con il quale affrontare le sfide tecnologiche delle rinnovabili marine nel futuro: l'industria propone dei topic rilevanti per il suo sviluppo futuro e per la sua competitività nel medio-lungo termine nel mercato delle rinnovabili; il mondo della ricerca studia e propone delle progettualità per risolvere i problemi posti dall'industria. Queste vengono poi revisionate e discusse con l'industria per arrivare a delle soluzioni costruttive da utilizzare e testare. La disponibilità di una rete di laboratori indoor e, soprattutto di un laboratorio a mare, permetterà uno sviluppo consistente ed omogeneo delle progettualità proposte, favorendo una più rapida crescita del TRL associato. In questo processo virtuoso, si introducono fin dall'inizio le competenze scientifiche che coinvolgono aspetti interdisciplinari quali basso impatto ambientale delle tecnologie proposte ed alto valore aggiunto per l'economia delle comunità locali.

Il presente progetto si propone pertanto come obiettivo primario di fungere da punto di attrazione per l'industria nazionale ed europea che opera nel settore delle energie rinnovabili marine e più in particolare dell'eolico galleggiante, che si presenta come una delle tecnologie più promettenti per una soluzione ecosostenibile del problema energetico del nostro paese.

<b>ATTIVITA' SVOLTE</b>	
<b>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</b>
CNR	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ WP1: Studi sulla producibilità energetica da fonte marina lungo la costa italiana, anche a sfruttamento delle infrastrutture esistenti a mare (piattaforme offshore) e mappatura di siti idonei anche in relazione all' integrazione tra sfruttamento energetico e altre attività produttive nonché attività di supporto allo sviluppo della generazione eolica offshore su piattaforme ancorate e sistemi galleggianti</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ WP2: Valutazioni di sostenibilità ambientale ed economica di siti specifici, in funzione della disponibilità delle risorse energetiche, compatibilità con gli altri usi del mare, la prossimità ed il valore della domanda energetica, complessità d'installazione/manutenzione, costi, ecc.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ WP3: Sistemi di previsione a breve e medio termine della producibilità energetica in ambiente marino e costiero da moto ondoso, correnti marine e vento, anche in funzione delle caratteristiche di sistemi di conversione innovativi.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ WP4: Sviluppo di soluzioni e studio di materiali innovativi per lo sfruttamento energetico da fonte marina, allo scopo non solo di ottimizzare la produzione di energia, ma anche di ridurre il costo di costruzione e di manutenzione dei sistemi e quindi favorire una riduzione del LCOE.</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ WP5: Sperimentazione e realizzazione di prototipi in scala 1:1.</li></ul>

Responsabile scientifico: Claudio Lugni

## Progetto 1.8: Energia Elettrica dal Mare

### Relazione Semestrale 1: M1 – M6



#### 1) Introduzione

Il progetto di ricerca propone un cambio di rotta della situazione italiana per la progettazione e lo sviluppo di soluzioni innovative per piattaforme galleggianti dedicate allo sfruttamento di risorse rinnovabili marine, in grado di sopportare condizioni complesse e severe e, come nel caso delle turbine eoliche, carichi indotti esterni all'ambiente marino. Enfasi è dedicata alla progettazione integrata e multidisciplinare delle turbine eoliche galleggianti (TEG) che, a partire dalle linee di ancoraggio e piattaforma galleggiante, fino alla turbina, comprensiva di hub, pale, controllo e convertitori di potenza, costituisce la dorsale portante del progetto, attraverso un'azione congiunta dal punto di vista teorico-numerico e sperimentale, sia in laboratorio che in mare. Lo studio di forme innovative e idrodinamicamente efficienti consente l'accoppiamento ottimo con l'aerogeneratore al fine di massimizzarne la produzione energetica per le condizioni meteo-marine tipiche di alcune aree nel Mediterraneo, opportunamente identificate attraverso i dati sulla risorsa disponibili in letteratura e/o forniti dai colleghi di ENEA e RSE. Congiuntamente allo studio di nuovi tipi di ancoraggio ed il loro accoppiamento con le TEG, questo progetto di ricerca mira ad una progettazione ottima della piattaforma, con lo scopo di ridurre il costo di costruzione e di manutenzione delle TEG, favorendo una riduzione del Levelized Cost of the Energy (LCOE) ed un incremento sostanziale del TRL di alcune soluzioni tecnologiche innovative che verranno proposte. Particolare attenzione sarà dedicata a nuove soluzioni progettuali per una riduzione consistente dell'impatto ambientale che tali tecnologie possono avere.

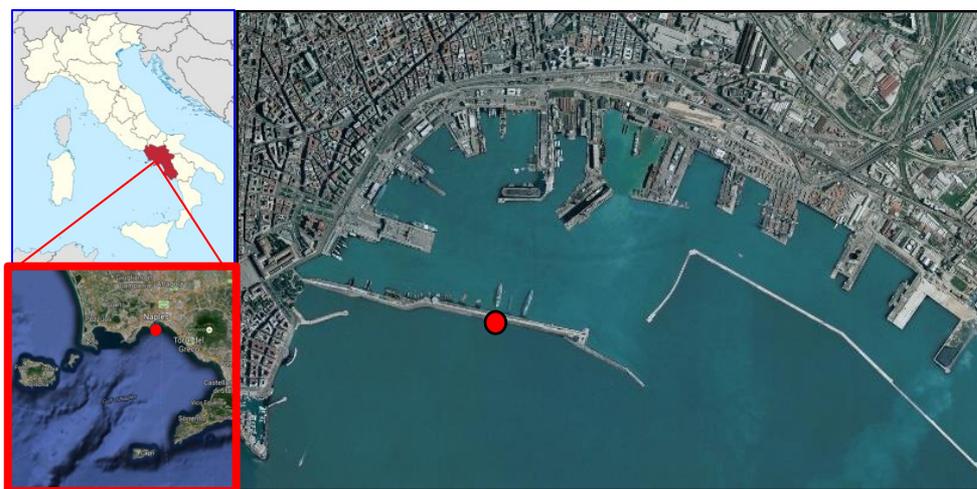


Figura 1: Sito per il laboratorio a mare

Il principale output del progetto di ricerca è la progettazione e costruzione di un laboratorio a mare per energie rinnovabili, il primo in Italia e tra i pochi in Europa. La disponibilità di un sito nel quale

poter effettuare prove in ambiente reale consentirà: a) un innalzamento del TRL delle tecnologie sviluppate in Italia; b) una più profonda comprensione della scalatura di alcuni fenomeni fisici quando si passa da modello a prototipo; c) di costituire un valore aggiunto nel prossimo futuro per l'intera comunità scientifica italiana e per l'industria nazionale del settore. Attraverso una tale infrastruttura si potrà approfondire lo studio del comportamento dinamico di un dimostratore di TEG (in scala 1:7 di una 5MW, il primo in Italia) in condizioni ambientali rilevanti, il suo monitoraggio strutturale e di performance nel tempo, e valutare la fattibilità di alcuni moduli di quello che sarà l'Arcipelago Energetico, un'idea innovativa per il Mediterraneo proposta recentemente dal CNR-INM. Verranno quindi studiati, sia dal punto di vista teorico-numerico che sperimentale in laboratorio indoor, dei moduli galleggianti con la duplice funzionalità di frangiflutto e Wave Energy Converter (WEC). Nel concetto di Arcipelago, questi ne delimiteranno il perimetro, favorendo la realizzazione di una zona di mare protetta nella quale sarà possibile installare nuove forme di sfruttamento di energia in mare (e.g. isola solare), che insieme a quella prodotta dalle TEG (presenti al di fuori dell'arcipelago) permetteranno in futuro: a) nuove attività produttive (e.g. acquacultura); b) storage dell'energia attraverso la produzione di combustibile liquido a basso impatto ambientale (e.g. metanolo e idrogeno), c) desalinizzazione di acqua marina.

All'interno del presente PR si svilupperanno possibili soluzioni innovative di piattaforme galleggianti per isole solari, che verranno realizzate, dapprima in scala modello per studi in laboratorio indoor, e poi in scala prototipale per prove in laboratorio a mare.

Infine, utilizzando l'opera civile del dimostratore del wave energy converter "OBREC" già esistente nel sito del laboratorio a mare ed integrato nella diga portuale prospiciente il sito stesso, si procederà alla progettazione e costruzione di una turbina idraulica a basso carico che consentirà di quantificare l'efficienza energetica del dimostratore.



Figura 3: Schema concettuale dell'Arcipelago Energetico

In tal modo si vuole proporre un cambiamento di paradigma con il quale affrontare le sfide tecnologiche delle rinnovabili marine nel futuro: l'industria propone dei topic rilevanti per il suo sviluppo futuro e per la sua competitività nel medio-lungo termine nel mercato delle rinnovabili; il mondo della ricerca studia e propone delle progettualità per risolvere i problemi posti dall'industria. Queste vengono poi revisionate e discusse con l'industria per arrivare a delle soluzioni costruttive da



utilizzare e testare. La disponibilità di una rete di laboratori indoor e, soprattutto di un laboratorio a mare, permetterà uno sviluppo consistente ed omogeneo delle progettualità proposte, favorendo una più rapida crescita del TRL associato. In questo processo virtuoso, si introducono fin dall'inizio le competenze scientifiche che coinvolgono aspetti interdisciplinari quali basso impatto ambientale delle tecnologie proposte ed alto valore aggiunto per l'economia delle comunità locali.

Il presente progetto si propone pertanto come obiettivo primario di fungere da punto di attrazione per l'industria nazionale ed europea che opera nel settore delle energie rinnovabili marine e più in particolare dell'eolico galleggiante, che si presenta come una delle tecnologie più promettenti per una soluzione ecosostenibile del problema energetico del nostro paese.

Il progetto si articola in 5 diversi WP che affrontano le diverse tematiche interdisciplinari connesse con le Risorse rinnovabili marine: la modellistica teorico-numerica (WP1) di tutte le componenti di un sistema complesso quale è una TEG; l'aspetto dell'impatto ambientale (WP2) e della stima accurata della forzante ondosa vicino alle strutture (WP3); lo studio e la validazione sperimentale in laboratorio indoor, i.e. in condizioni controllate (WP4); e infine la fase di testing dei dispositivi studiati e sviluppati nei precedenti WP, in condizioni realistiche e in ambiente rilevante quale è il laboratorio a mare MaRELab (WP5) che verrà realizzato all'interno del progetto stesso e costituirà uno degli output più rilevanti del progetto. Le attività in ogni WP sono strettamente correlate tra loro e comunque sono tutte funzionali alla piena realizzazione degli ultimi due WP, dove vengono realizzati materialmente i prototipi che saranno provati su due scale diverse.

## 2) Stato di avanzamento al Mese 6

Nei primi sei mesi del progetto sono state avviati tutte le linee di attività che sono funzionali alla scelta ed alla definizione dei prototipi che saranno poi utilizzati per lo studio teorico-numerico, finalizzato alla creazione di un sistema di progettazione avanzato, e per la sperimentazione in laboratorio ed al vero. Le attività scientifiche, in termini di risultati, sono dettagliate nelle linee nel seguito del presente documento.

## 3) Dettagli attività svolte nel periodo M1-M6:

**WP1: Studi sulla producibilità energetica da fonte marina lungo la costa italiana, anche a sfruttamento delle infrastrutture esistenti a mare (piattaforme offshore) e mappatura di siti idonei anche in relazione all'integrazione tra sfruttamento energetico e altre attività produttive nonché attività di supporto allo sviluppo della generazione eolica offshore su piattaforme ancorate e sistemi galleggianti**

Il WP1 mira allo sviluppo di modelli teorici e numerici a complessità crescente per la tecnologia delle piattaforme galleggianti dedicate allo sfruttamento dell'energia eolica e solare in mare. Particolare enfasi è stata data allo studio del sistema complesso costituito da una turbina eolica galleggiante per il Mediterraneo, esplorando i modelli che caratterizzano ciascun sottosistema: quello idrodinamico, aerodinamico, controllo di convertitori elettronici di potenza, regolazione e azionamenti elettrici, monitoraggio strutturale e delle performance della macchina. Tali modelli, una volta verificati e validati all'interno del progetto stesso, saranno resi disponibili per l'industria nazionale del settore,



con evidenti vantaggi per la progettazione preliminare ed avanzata, sia in termini di costi che di affidabilità ed accuratezza.

L'attività del primo semestre è stata una attività di definizione degli obiettivi e delle strategie investigative, come di seguito brevemente riportato per ciascuna linea:

*LA 1.1: Sviluppo di modelli numerici a complessità crescente per la progettazione di piattaforme galleggianti. Anno I (CNR-INM):* Il focus di questo primo semestre è stata la definizione di una strategia modellistica dedicata alla progettazione a complessità crescente per l'idrodinamica della piattaforma galleggiante, a partire da modelli puramente lineari, fino a modelli completamente nonlineari per l'idrodinamica e la stima dei carichi sulla piattaforma stessa. E' stata inoltre impostata la parte di accoppiamento del modello idrodinamico con gli algoritmi aerodinamici e per il controllo delle performance di una turbina eolica galleggiante da sviluppare nell'attività LA 1.3.

*LA 1.3: Progettazione delle pale eoliche e sviluppo di modelli per il controllo delle prestazioni di floating offshore wind turbines. Anno I (Università Roma Tre):* L'attività svolta ha riguardato la progettazione concettuale delle pale eoliche che devono costituire il rotore da applicare sulle floating offshore wind turbine (FOWT). E' stata eseguita una doppia azione di progettazione: una dedicata alla turbina che verrà esaminata in vasca e una dedicata alla turbina che verrà installata nel laboratorio a mare. Il processo della progettazione concettuale partendo da un'accurata analisi dello stato dell'arte ha portato alla definizione di massima delle dimensioni e tipologie di pale, in funzione degli obiettivi applicativi e delle condizioni operative attese. Per prima cosa è stata effettuata l'opportuna scalatura dei modelli destinati all'uso in vasca e a mare, il modello di riferimento è stato identificato in una macchina da 5MW tra le più utilizzate attualmente in ambito industriale e sulla quale è disponibile una cospicua letteratura scientifica e tecnica esaminante tutti gli aspetti costruttivi e di funzionamento. Sono state scelte due diverse scale per la realizzazione dei modelli sperimentali, nel caso della macchina da testare in vasca il limite sulla dimensione viene dalle limitazioni dettate dalle strutture a disposizione mentre nel caso del generatore da installare in mare è stata eseguita una valutazione più complessa considerando anche tutti gli aspetti legati alle condizioni meteo-marine del sito identificato per gli esperimenti.

*LA1.6 Modellistica e regolazione di azionamenti elettrici per l'inseguimento della massima potenza generabile in floating offshore wind turbine. Anno I (CNR-INM):* Nel corso del primo semestre del progetto si è proceduto ad un'analisi tecnica di tutte le soluzioni tecniche possibili, in termini di combinazione macchina elettrica / convertitore elettronico di potenza, per l'implementazione del sistema di generazione eolica off-shore oggetto di studio (potenza 5 MW). A seguito dell'analisi tecnica condotta, si è potuto concludere che la soluzione ottimale è costituita dalla combinazione di una macchina sincrona a magneti permanenti con elevato numero di coppie polari e di un convertitore elettronico di potenza bidirezionale del tipo back-to-back. Si è infine valutato che tale soluzione si presta perfettamente a essere implementata a mezzo di una macchina multifase e in particolare una macchina dual three-phase.

*LA1.9 Sviluppo e controllo di convertitori elettronici di potenza per floating offshore wind turbine. Anno I (Università Roma Tre):* L'attività condotta nel corso del semestre ha inizialmente riguardato la rassegna sullo stato dell'arte e la definizione delle caratteristiche elettriche principali nei sistemi FOWT, in funzione della potenza estraibile e della distanza dalla terraferma. Sono state analizzate le diverse soluzioni (HVAC e HVDC) per la trasmissione della potenza elettrica generata e le relative



tendenze a seguito dello sviluppo tecnologico di dispositivi e componenti. Lo studio svolto conferma l'interesse a sviluppare un sistema prototipale sperimentale in cui sia prevista la trasmissione in DC. In seguito, la classificazione delle tecnologie per i dispositivi elettronici da impiegare nei convertitori AC-DC e DC-AC ha fornito i riferimenti da impiegare per le opportune scelte in fase di dimensionamento degli apparati prototipali, dando la possibilità di individuare indicazioni necessarie alla realizzazione del dimostratore da collaudare e successivamente installare sul campo. I risultati conseguiti si riferiscono all'acquisizione di informazioni utili alle successive scelte progettuali e di modellistica per la realizzazione di un azionamento elettrico di generazione da inserire nel sistema prototipale di floating offshore wind turbine (FOWT) per la sperimentazione nel laboratorio a mare.

*LA1.12 Modelli di simulazione high-fidelity per la verifica delle strategie di controllo (per floating offshore wind turbine). Anno I (CNR-INM):* Nell'ambito della LA 1.12 è stato messo a punto un solutore agli elementi di contorno (Boundary Integral Equation Method, BIEM) per l'aerodinamica di sistemi rotanti in flusso potenziale. Tale solutore (FUNAERO) descrive i carichi non stazionari agenti sulle pale di un aerogeneratore in condizioni operative e la dinamica delle strutture vorticosose a valle del rotore tenendo conto della variazione di profilo e direzione del vento, e di un moto imposto dovuto, ad esempio, alla dinamica della piattaforma galleggiante. Durante il semestre in esame il solutore sviluppato è stato anche validato mediante confronto con dati sperimentali ottenuti in galleria del vento sul rotore eolico in scala dell'esperimento Mexico. Nell'ambito della stessa LA 1.12 è stato, parallelamente, sviluppato un modello di sintesi basato su metamodelli adattivi multifedeltà per l'assimilazione/fusione dei risultati da solutori a fedeltà variabile. Le caratteristiche distintive del modello sono la sua capacità di aumentare la densità dei casi oggetto di validazione riducendo il costo computazionale mediante l'utilizzo di griglie multiple e campionamento adattivo, la possibilità di fornire un modello alternativo per l'aerodinamica – accurato, ma caratterizzato da bassi oneri computazionali – per l'accoppiamento con altri modelli sviluppati nel progetto (e non) qualora di interesse, nonché di costituire una base per ulteriori raffinamenti ed indagini sulle prestazioni di piattaforma/impianto. Il modello realizzato si basa su funzioni a base radiale di tipo stocastico che forniscono, unitamente alla predizione anche l'incertezza ad essa associata.

*LA1.15 Sviluppo e progettazione di un sistema di monitoraggio strutturale per turbina eolica galleggiante. Anno I (CNR-INM):* In questo semestre sono stati definiti gli obiettivi generali della LA 1.15 che si intende conseguire mediante il sistema di monitoraggio e lo scambio di informazioni atteso sia in fase di progettazione del sistema stesso (input dagli altri WP-LA interessati) sia in fase operativa (output per gli altri WP-LA interessati). Inoltre, sono state prese in considerazione altre attività simili condotte sulle turbine eoliche offshore in modo da avere un riferimento sullo stato dell'arte nel settore.

**WP2: Valutazioni di sostenibilità ambientale ed economica di siti specifici, in funzione della disponibilità delle risorse energetiche, compatibilità con gli altri usi del mare, la prossimità ed il valore della domanda energetica, complessità d'installazione/manutenzione, costi, ecc.**

*LA2.1 - Valutazione di sostenibilità ambientale del sito identificato per il laboratorio a mare. Anno I (Università della Campania):* Nell'ambito della LA 2.1, volta alla Valutazione di sostenibilità ambientale del sito identificato per il laboratorio a mare, è stato necessario una preventiva fase di raccolta documentale inerente il contesto attuale ed in prospettiva delle modifiche da attuarsi per il



Progetto. Sono stati affrontati i temi ambientali e tutto il regime “vincolistico” a 360°, ponendo attenzione a tutti i possibili scenari di impatto generabili dal nuovo laboratorio a mare comprensivo di tutti gli impianti e sottosistemi previsti. Lo studio, in questo primo semestre ha riguardato analisi di dettaglio circa: lo stato attuale del bene paesaggistico interessato; gli elementi di valore paesaggistico-ambientale in esso presenti, nonché le eventuali presenze di beni culturali tutelati dalla parte II del Codice dei Beni Culturali. La raccolta ha fornito una mole di dati molto significativa e – ad una analisi preliminare – esaustiva. Sono in corso le elaborazioni dei dati.

**WP3: Sistemi di previsione a breve e medio termine della producibilità energetica in ambiente marino e costiero da moto ondoso, correnti marine e vento, anche in funzione delle caratteristiche di sistemi di conversione innovativi.**

*LA3.1- Sviluppo di un modello su scala locale per la previsione del moto e energia ondosa. Applicazione al sito del lab a mare. Anno I (CNR-INM):* nel primo semestre del 2019 è stata completata una prima fase di sviluppo e validazione del codice di propagazione ondosa. In particolare sono stati effettuati test di robustezza del codice e, successivamente, dei confronti con dati sperimentali disponibili in letteratura per problemi di propagazione unidirezionale su fondali uniformi e non uniformi. Il codice ha mostrato buone capacità di previsione della velocità di propagazione ondosa e dell’interazione onda/batimetria sia in acque intermedie/profonde che in acque basse.

**WP4: Sviluppo di soluzioni e studio di materiali innovativi per lo sfruttamento energetico da fonte marina, allo scopo non solo di ottimizzare la produzione di energia, ma anche di ridurre il costo di costruzione e di manutenzione dei sistemi e quindi favorire una riduzione del LCOE.**

Lo scopo di questo WP consiste nello sviluppo in scala modello di prototipi fisici per soluzioni innovative di nuovi dispositivi per l’estrazione di energia marina da vento, sole e onda. In accordo agli obiettivi di progetto, al fine di portare avanti lo sviluppo del concetto di arcipelago energetico galleggiante (AEG), vengono proposte diverse soluzioni progettuali da poter integrare nel concept di AEG, utilizzando le caratteristiche uniche degli impianti sperimentali disponibili presso il CNR-INM e l’Università’ Unicampania.

*LA4.3 Sviluppo di una turbina Idroelettrica a salto ridotto per applicazioni marine. Anno I (Università della Campania):* Per la LA 4.3, inerente la ricerca e sviluppo di una macchina idraulica operatrice per l’innovativo “idroelettrico ad acqua salata”, il semestre di attività ha consentito di far convergere gli studi preliminari dalle diverse branche dell’ingegneria coinvolte (parte elettromeccanica, idromeccanica, idroelettrica). Le criticità sono state affrontate in un contesto “open mind” riunendo insieme diverse competenze ed expertise specialistiche. Contestualmente, e con una tipologia di attività integrabili con quelle della LA 5.4, sono state svolte attività di campo per raccogliere dati sperimentali su un sistema primordiale di turbina. I risultati, in parte ancora oggetto di elaborazione, stanno supportando notevolmente le deduzioni analitico-teoriche.

*LA4.6 Sperimentazione in vasca su modello in scala di una piattaforma galleggiante per solare fotovoltaico: Anno I (CNR-INM)*



L'attività del primo semestre della LA4.6 è stata svolta in stretta correlazione con la linea di attività della LA5.1 ed ha riguardato la definizione delle caratteristiche geometriche e di performance energetica della struttura per l'isola solare e del sito di possibile installazione. Basandosi sui dati dei siti identificati nel Mediterraneo (prevalentemente nel Tirreno) sono state definite le possibili scale geometriche, i.e. diametro e immersione ( $D = 40$  m e immersione circa 0.5 m), e le possibili caratteristiche dinamiche della piattaforma, in termini di periodi naturali della piattaforma flessibile rispetto ai periodi del mare caratteristico del sito in condizioni operative ( $T = 5$  s) ed estreme ( $T = 10$ s). In tal modo è stato possibile effettuare il processo di scalatura per le prove in vasca (variabile tra 16 e 20) che verranno progettate nel seguito della LA4.6.

*LA4.9 Sperimentazione in vasca su modello in scala di turbine eolica galleggiante: Anno I (CNR-INM).*

L'attività del primo semestre della LA4.9, ha riguardato la definizione delle caratteristiche geometriche e di performance energetica della struttura per la turbina eolica galleggiante e del sito di possibile installazione. Come turbina prototipo di riferimento è stata considerata la 5MW NREL con piattaforma spar-buoy. In cooperazione con l'Università di Roma 3 è stata quindi fissata una scala 1:42 per le prove in vasca, basandosi sulle performance dell'impianto sperimentale disponibile all'INM e sulla scalatura delle frequenze aeroelastiche di pala della turbina. E' iniziata inoltre la progettazione del sistema di controllo e del setup sperimentale per le prove in vasca. E' stata avviata anche la progettazione per un nuovo sistema di generazione di vento presso i bacini con generatore d'onda del CNR-INM..

*LA4.12 Sperimentazione in vasca su modello in scala di un sistema galleggiante multiuso per l'estrazione di energia dalle onde / frangiflutti: Anno I (Università della Campania)*

L'attività del primo semestre relativa alla LA 4.12 si è concentrata sul comprendere come rendere efficaci le modifiche da realizzarsi nella vasca ondogeno del Dipartimento di Ingegneria al fine di poter realizzare la sperimentazione dei frangiflutti galleggianti. In primis, è stato necessario comprendere le effettive necessità sperimentali richieste dalla modellazione fisica di tali strutture. Il processo è stato iterativo poiché, a priori, non è nota la geometria del dispositivo ricercato ne la sua scala di riproduzione con riferimento alle caratteristiche ondose generabili in canale. Una delle attività principali è una verifica preliminare circa le incertezze connesse all'operare con scalatura "alla Froude". Successivamente sono state proposte alcune geometrie semplificate del modello di frangiflutto/convertitore galleggiante e sono state dedotte le modifiche principali da effettuare alla vasca. Attualmente, questa si presenta con un fondale inclinato atto a simulare spiagge. Per dover studiare il dispositivo in oggetto, invece, è necessario considerare fondali "offshore": ciò impone di dover demolire l'attuale fondale e ricrearne uno orizzontale, sfruttando tutto il tirante idrico disponibile in prossimità dei battitori.

**WP5: Sperimentazione e realizzazione di prototipi in scala 1:1.**

Il WP5 è finalizzato alla costruzione del primo laboratorio a mare del Mediterraneo per le Energie Rinnovabili Marine. Il sito prescelto è quello presso la diga foranea del porto di Napoli, dove esiste uno spazio di mare dato in concessione ad Unicompania (per un'area rettangolare di circa 100m verso mare x 40 m lungo la diga). La batimetria del sito è tale per cui già a qualche decina di metri



dalla diga si realizzano profondità del fondale intorno ai 30 metri, consentendo quindi un corretto scaling del comportamento delle piattaforme in acque intermedie. All'interno del progetto si doterà il lab di : una turbina idraulica a basso carico per il sistema di conversione di energia dalle onde OBREC in scala 1:1 già presente nel sito; - una piattaforma galleggiante per solare fotovoltaico.- un dimostratore di turbina eolica galleggiante; – un sistema di monitoraggio strutturale per il dimostratore turbina eolica galleggiante; - sistemi di conversione di energia.

*LA5.1 Realizzazione di un laboratorio a mare per prove su sistemi per la conversione di energie rinnovabili marine presso il porto di Napoli: Anno I (CNR-INM)*

Nei primi sei mesi di attività sono stati definiti i criteri di progettazione per la messa in sicurezza del laboratorio a mare e per la realizzazione di un laboratorio a terra, necessario per per la parte di acquisizione e storage dei segnali e monitoraggio delle strutture; sono stati inoltre definiti i criteri di progettazione per la realizzazione della parte infrastrutturale, di misura e acquisizione delle grandezze fisiche e di collegamento tra i dispositivi installati a mare e la parte di accumulo fatta a terra. Questo avverrà attraverso il posizionamento di cavi sul fondale marino che verranno portati in superficie nei punti in cui si prevede il collocamento del prototipo e ancorati ad una boa galleggiante. Per un facile utilizzo si cercheranno delle soluzioni semplici e più possibili Plug&Play.

*LA5.4 Realizzazione di una turbina idraulica a basso carico per il sistema di conversione di energia dalle onde OBREC in scala 1:1 (lab a mare): Anno I (Università della Campania)*

La LA 5.4, che ha come obiettivo la realizzazione di una turbina idraulica a basso carico per il sistema di conversione di energia dalle onde OBREC in scala 1:1 (lab a mare), vede un intenso scambio "osmotico" con la LA 4.3. L'obiettivo è procedere alla realizzazione di un prototipo adattato alle condizioni di mare del Laboratorio a Mare nel Porto di Napoli. Si tratta di un salto notevole, vista la necessità di passare dalla definizione di regole (e paradigmi) di un mero studio teorico ad una macchina reale da analizzarsi in ambiente naturale. In questo primo semestre, si è cercato di approfondire il tema dei materiali (asse, cuscinetti, guarnizioni, parti immerse).