



REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA SUD SARDEGNA

**PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO  
OFFSHORE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE A MARE E A TERRA  
CON POTENZA COMPLESSIVA DI 504 MW  
PROVINCIA SUD SARDEGNA (SU)**



00	29/09/2022	PRIMA EMISSIONE	REGOLO	REGOLO	REGOLO
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
Titolo del documento: <b>STIMA PRELIMINARE DELLE OPERE E QUADRO ECONOMICO</b>			Cod. Commessa	<b>SAN PIETRO SUD</b>	
 <b>REGOLO RINNOVABILI</b>			Cod. Elaborato	<b>REL-04</b>	
			Rev. Numero	<b>00</b>	

## **INDICE DELLA RELAZIONE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>STIMA DEI COSTI DELLA PIATTAFORMA GALLEGGIANTE .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ULTERIORI OPERE .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>REFERENZE.....</b>	<b>10</b>

### **Indice delle figure**

Figura 3-1 – Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore.....	6
--	---

### **Indice delle tabelle**

Tabella 3-1- Quadro economico piattaforma galleggiante.....	7
---	---

## 1 INTRODUZIONE

L'incremento delle emissioni di anidride carbonica e di altre sostanze inquinanti legato allo sfruttamento delle fonti energetiche tradizionali costituite da combustibili fossili, assieme alla loro limitata disponibilità, ha creato una crescente attenzione per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica.

Negli ultimi anni la politica di produzione di energia eolica ha rivolto la sua attenzione alla realizzazione di parchi eolici offshore.

L'Italia è una penisola circondata da immensi spazi di mare che offrono una ventosità maggiore rispetto alla terraferma. Anche gli impatti visivi e ambientali che possono essere generati dall'installazione di un parco eolico offshore sono generalmente inferiori rispetto a quelli generati da un campo eolico a terra.

La collocazione degli impianti in mare ha il vantaggio di offrire una migliore risorsa eolica e quindi una migliore producibilità energetica, una minore turbolenza del vento e quindi di una maggiore durabilità delle parti meccaniche, ed una migliore reperibilità di siti, essendo i siti onshore soggetti a saturazione, anche per la non facile accettazione da parte delle popolazioni locali nelle aree di installazione. Questo consente quindi la creazione di windfarms molto più grandi.

La scelta del posizionamento di un parco eolico è strettamente dipendente dall'approfondita analisi delle condizioni di vento in termini di velocità ma anche delle sue direzioni prevalenti disponibili.

Condizioni di vento, distanza dalla terraferma, condizioni di moto ondoso e correnti, profondità e caratteristiche morfologiche del sito costituiscono tutte fondamentali tematiche che vanno affrontate nella ricerca del posizionamento ottimale.

Un altro fattore che gioca a favore della scelta in mare, è il basso impatto paesaggistico che le windfarms hanno nonostante occupino vaste superfici, questo grazie alla loro locazione a diversi chilometri dalla costa.

E' possibile quindi costruire turbine più grandi e più alte rispetto a quelle onshore consentendo una maggiore raccolta di energia.

Il progetto prevede l'installazione offshore di 33 aerogeneratori di potenza nominale di 15 MW cadauno e di 1 aerogeneratore di potenza nominale di 9.0MW per una potenza nominale complessiva totale installata pari a 504.0 MW ad una distanza minima di circa 23km dall'Isola di San Pietro e 28km dall'Isola di Sant'Antioco (SU).

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione è stata redatta al fine di fornire una stima economica delle opere necessarie alla realizzazione di un impianto di produzione elettrica da fonte eolica offshore, di tipo galleggiante, situato nel Mar di Sardegna, al largo dell'isola di San Pietro e dell'Isola di Sant'Antioco.

La relazione è stata realizzata utilizzando principalmente tre fonti:

- Dati a consuntivo di progetti analoghi.

La tecnologia flottante per l'eolico offshore è ancora ad oggi considerata innovativa. Come per ogni innovazione, il prezzo di mercato dello sviluppo è estremamente volatile negli anni e fare previsioni a lungo termine risulta complesso. Tuttavia, è fondamentale considerare come dati di partenza quelli relativi ad iniziative simili, sebbene si tratti di progetti di potenza installata e numero di WTG installate molto inferiori. In particolare, sono stati considerati i dati a consuntivo relativi a due iniziative in Europa, rispettivamente costituite da 5 isole flottanti e 3 isole flottanti, per un totale di 30 MW e 25.2 MW, entrambe implementate nel 2020.

- Dati di letteratura scientifica.

La stima delle opere in ambito eolico offshore è stato un tema dibattuto a livello di letteratura scientifica. Sono molteplici gli articoli che trattano delle possibilità di stima del quadro economico per un'innovativa piattaforma flottante.

- Dati a consuntivo di progetti assimilabili.

L'analisi di progetto viene sviluppata in conformità a quanto già definito per piani di realizzazione simili, come riportato da fonti ministeriali.

Infine, sono stati considerati numerosi dati a consuntivo di progetti eolici offshore non flottanti, di piattaforme galleggianti adibite ad altri fini, di grandi impianti elettrici in AT in generale.

In particolare, i dati di letteratura suggeriscono una suddivisione dei CapEx per una wind farm offshore flottante come segue (stima del 2020 per una singola piattaforma):

- 48% per le fondazioni (ossia, la piattaforma galleggiante e le opere di ancoraggio e ormeggio necessarie);
- 27% per la WTG;
- 6% per l'installazione di tutte le parti;
- 13% per i cavi di collegamento;
- 1% per la sottostazione;
- 5% per i costi di sviluppo;

È evidente che i CapEx, rispetto ad un offshore tradizionale, siano fortemente spostati e incentrati sulla piattaforma galleggiante. Infatti, la voce "fondazioni" per un eolico offshore tradizionale solitamente si attesta sul 20% del costo totale.

Lo studio delinea il costo capitale atteso per il Progetto, fornendo un esploso dei costi sufficientemente dettagliato per la presentazione di un Progetto preliminare.

### 3 STIMA DEI COSTI DELLA PIATTAFORMA GALLEGGIANTE

In questo paragrafo si spiegano le ipotesi sulle quali è basata la stima dei costi per quanto riguarda la piattaforma galleggiante, comprendente:

- Galleggiante;
- Ancoraggio;
- Ormeggio;
- WTG.

Visto la natura preliminare del Progetto, la stima sarà effettuata con un grado di incertezza elevato, pertanto maggiorata in modo che risulti cautelativa. Infatti, non è stata ancora effettuata una vera e propria progettazione del galleggiante, né ancora definita con esattezza la WTG che sarà implementata. A valle del dimensionamento della piattaforma, la presente stima potrà essere opportunamente affinata e fornire un risultato più preciso.

Per la struttura galleggiante è stato considerato un tripode, che da dati di letteratura risulta una delle tecnologie più consolidate in ambito eolico flottante.

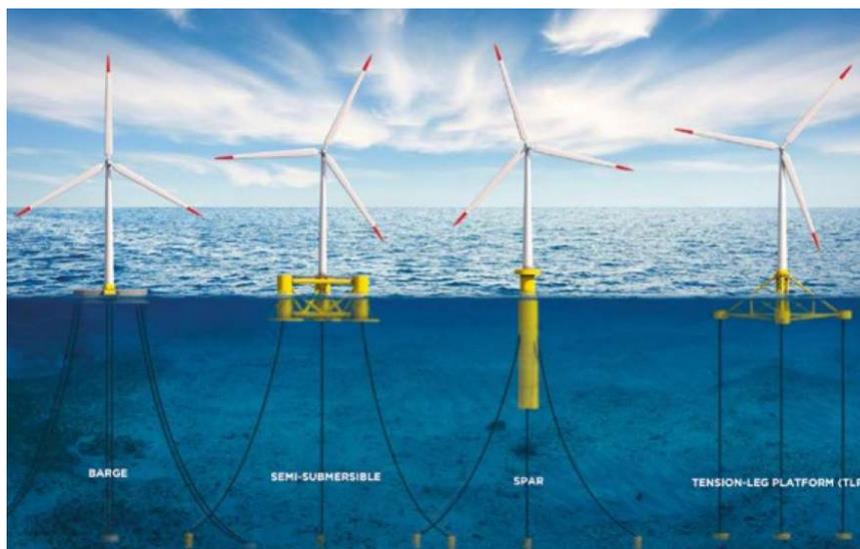


Figura 3-1 – Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore

Per quanto riguarda l'ormeggio, è stata ipotizzata una catenaria, caratterizzata secondo i seguenti parametri progettuali:

- Profondità fondale: 200-450 m;
- Profondità media fondale: 325 m;
- Numero catenarie: 3;
- Numero ancoraggi: 3;

La WTG considerata da 15 MW ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle WTG onshore del 2022: sono stati considerati 12,000,000€ per ogni WTG mentre per quanto riguarda la WTG da 9 MW è stato considerato un costo di 8,000,000€.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante adeguatamente dimensionata per la tipologia di turbina sopra indicata:

Item	Costo Budgettario di una piattaforma galleggiante
Struttura galleggiante	10,000,000 €
WTG - 15 MW	12,000,000 €
WTG - 9 MW	8,000,000 €
Ormeggio (3 catenarie)	2,047,500 €
Ancoraggio (3 ancore)	1,200,000 €
Costo installazione giornaliero	150,000 €

Tabella 3-1- Quadro economico piattaforma galleggiante

I valori riscontrati sono coerenti con lo share dei costi previsti dalla letteratura scientifica.

## 4 ULTERIORI OPERE

In questo paragrafo si analizzano le ulteriori voci di costo che vanno ad impattare sui costi capitali del Progetto. Si tratta delle voci di:

- Cavidotti marini:
  - Di media tensione di collegamento tra gli aerogeneratori e la ESP Offshore
  - Di alta tensione di collegamento tra la ESP Offshore e la buca giunti terra/mare
- Sottostazioni elettriche offshore;
- Cavidotto terrestre:
  - Di alta tensione di collegamento tra la buca giunti terra/mare e la ESP Onshore
  - Di alta tensione di collegamento tra la ESP Onshore e la RTN esistente
- Stazione elettrica di utenza onshore;
- Opere di connessione alla RTN;
- Spese generali

Pertanto, si hanno le seguenti specifiche progettuali:

- Lunghezza totale dei cavidotti inter-array: 151 km;
- Lunghezza del cavidotto verso terra: 67 km;
- Lunghezza del cavidotto terrestre: 2 km;
- Posa sul fondale in trench.

Anche questi aspetti sono fortemente influenzati dal carattere preliminare della progettazione. Pertanto, si ritiene opportuno effettuare una stima cautelativamente maggiorata.

## 5 QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI

N°	Descrizione	Unità	Quantità	Prezzo unitario [€]	Importo [€] (IVA inclusa)	Perentuale su TOT
<b>1 AEROGENERATORI + SISTEMA GALLEGGIANTE</b>						
1.1	Fornitura e assemblaggio aerogeneratori (15 MW)	n.	33	12'000'000 €	396'000'000 €	766'950'000 € 55.2%
1.1	Fornitura e assemblaggio aerogeneratori (9 MW)	n.	1	8'000'000 €	8'000'000 €	
1.2	Fornitura fondazione galleggiante	n.	34	10'000'000 €	340'000'000 €	
1.3	Trasporto su chiatte ( <i>barge</i> ) e installazione fondazione + turbina	days	153	150'000 €	22'950'000 €	
TOT	<b>SOMMA</b>				766'950'000 €	
<b>2 SISTEMA DI ANCORAGGIO</b>						
2.1	Fornitura linee di ormeggio (3 linee per turbina)	n.	102	682'500 €	69'615'000 €	139'215'000 € 10.0%
2.2	Ancoraggio (3 ancore per turbina)	n.	102	400'000 €	40'800'000 €	
2.3	Trasporto e installazione sistema d'ancoraggio (ancore e linee di ormeggio)	days	192	150'000 €	28'800'000 €	
TOT	<b>SOMMA</b>				139'215'000 €	
<b>3 CAVI ELETTRICI A MARE</b>						
<b>3.1 Cavi marini in media tensione, corrente alternata, di collegamento tra gli aerogeneratori e la ESP Offshore</b>						
3.1.1	Fornitura cavo 66kV Array	[m]	151121	400 €	60'448'520 €	280'686'387 € 20.2%
3.1.2	Galleggianti + posa in opera	[m]	151121	213 €	32'188'837 €	
TOT	<b>SOMMA PARZIALE</b>				92'637'357 €	
<b>3.2 Cavidotto marino in alta tensione, corrente alternata, di collegamento tra la ESP offshore e la buca giunti terra/mare</b>						
3.2.1	Fornitura cavo 380kV Export	[m]	133179	750.0 €	99'884'400 €	280'686'387 € 20.2%
3.2.2	Posa e interrimento a profondità max. di 2,0 m rispetto al fondale marino nave posacavi e imbarcazioni di appoggio	[m]	133179	662 €	88'164'630 €	
TOT	<b>SOMMA PARZIALE</b>				188'049'030 €	
TOT	<b>SOMMA</b>				280'686'387 €	
<b>4 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA OFFSHORE</b>						
4.1	Sottostazione elettrica offshore (fabbricazione, installazione, allacciamento e messa in servizio)	n.	1	60'000'000 €	60'000'000 €	60'000'000 € 4.3%
TOT	<b>SOMMA</b>				60'000'000 €	
<b>5 CAVIDOTTO ELETTRICO A TERRA</b>						
5.1	Cavo terrestre	[m]	4242	300.0 €	1'272'480 €	4'729'130 € 0.3%
5.2	Scavo, installazione e posa in opera	[m]	4242	756 €	3'206'650 €	
5.3	HDD (incluso in posa in opera a mare)	n.	1	250'000 €	250'000 €	
TOT	<b>SOMMA</b>				4'729'130 €	
<b>6 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA ONSHORE</b>						
6.1	Realizzazione di una sottostazione elettrica di utenza, comprendente interruttori AT, opere di fondazione, sala di controllo, gruppo elettrogeni, sistemi di sicurezza, di ventilazione, di comunicazione, gruppo di compensazione ecc. CONNESSIONE ALLA RTN	n.	1	11'000'000 €	11'000'000 €	11'000'000 € 0.8%
TOT	<b>SOMMA</b>				11'000'000 €	
<b>7 SPESE GENERALI</b>						
7.1	Ingegneria + surveys	MW	504	100'000 €	50'400'000 €	126'000'000 € 9.1%
7.2	Contingenze	MW	504	150'000 €	75'600'000 €	
TOT	<b>SOMMA</b>				126'000'000 €	
<b>TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO</b>					<b>1'388'580'517 €</b>	
					<b>2.76 M€/MW</b>	

N°	Descrizione	Importo [€]	%
1	AEROGENERATORI E FONDAZIONI	906'165'000 €	65.3%
3	CAVI MARINI	280'686'387 €	20.2%
4	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA OFFSHORE	60'000'000 €	4.3%
5	CAVIDOTTO TERRESTRE	4'729'130 €	0.3%
6	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA ONSHORE	11'000'000 €	0.8%
7	SPESE GENERALI (ingegneria + contingenze)	126'000'000 €	9.1%
TOT	<b>TOTALE COMPUTO METRICO ESTIMATIVO</b>	<b>1'388'580'517 €</b>	100.00%
		<b>2.76 M€/MW</b>	

Infine, in questo paragrafo si mette insieme quanto rilevato nei paragrafi precedenti con la finalità di fornire un quadro economico per le opere nel loro complesso.

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 2.76 M€/MW. Si tratta di una misura coerente con tutti i dati macroeconomici in termini di valori medi e con tutti i dati a consuntivo disponibili per progetti analoghi.

## 6 REFERENZE

*/A1/Platform Optimization and Cost Analysis in a Floating Offshore Wind Farm - Alberto Ghigo, Lorenzo Cottura, Riccardo Caradonna, Giovanni Bracco and Giuliana Mattiazzo - Pubblicato il 23 ottobre 2020*

*/A2/Floating offshore wind: Economic and ecological challenges of a TLP solution - Michael Kausche, Frank Adam, Frank Dahlhaus, Jochen Großmann - Pubblicato il 23 marzo 2018*

*/A3/Definizione contenuti SIA progetti depositati (Ministero della transizione ecologica)  
<https://va.minambiente.it/it-IT/Procedure/ViaElenco/1/9>*