

Vestas[®]

RIFA

Parco Eolico Offshore Galleggiante “Calypso”

Stima preliminare delle opere e quadro economico

Aprile 2022

Calypso Wind S.r.l.



Wind. It means the world to us.™

Committente:

Calypso Wind S.r.l.

Calypso Wind S.r.l.

Via Sardegna, 40
00187 Roma
P.IVA/C.F. 16422461000

Titolo del Progetto:

Parco Eolico Offshore Galleggiante "Calypso"

Documento:

Stima preliminare delle opere e quadro economico

N° Documento:

IT-OFF-VesCal-RN-EW-TR015



Progettista:



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	13/04/2022	Prima Emissione	MMO08	OSC02 / NNO01	SSA RZA01



Sommario

1. PREMESSA	5
2. INTRODUZIONE	5
3. STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME GALLEGGIANTI	6
3.1. STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME GALLEGGIANTI COMPRENSIVE DI AEROGENERATORI	6
3.2. STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME PER LE OSS	8
4. STIMA DEI COSTI DELLE OPERE MARINE	9
5. STIMA DEI COSTI DELLE OPERE TERRESTRI	10
6. QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI	11
APPENDICE - REFERENZE	12

 	Stima preliminare delle opere e quadro economico	Rev 0	Pagina 4 di 12
	N° Doc. IT-OFF-VesCal-RN-EW-TR015		

Acronimi

AT	Alta Tensione
OSS	Off Shore Substation - Sottostazione Galleggiante
RTN	Rete di Trasmissione Nazionale
S.r.l.	Società a responsabilità limitata
WTG	Wind Turbine Generator - Aerogeneratore

 	Stima preliminare delle opere e quadro economico	Rev 0	Pagina 5 di 12
	N° Doc. IT-OFF-VesCal-RN-EW-TR015		

1. PREMESSA

La presente relazione è stata commissionata da *Calypso WIND S.r.l.* (la Committente), Società controllata indirettamente e interamente da Vestas Wind Systems A/S, operatore leader a livello mondiale nel settore della fabbricazione, installazione e manutenzione di turbine per la produzione di energia da fonte eolica sia onshore che offshore. Con particolare riferimento alla tecnologia offshore, Vestas annovera oltre 7 GW di potenza installata su circa 40 progetti a livello mondiale e oltre 25 anni di esperienza nel settore.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 40 aerogeneratori, di taglia unitaria pari a 15 MW, per una capacità totale di 600 MW, al largo della costa occidentale della Regione Sicilia, in particolare nello specchio di mare antistante la città di Marsala (TP) a circa 50 km dalla costa.

Nel dettaglio la scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, dei possibili nodi di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) gestita da Terna S.p.A. e, non da ultimo, minimizzando/evitando il più possibile le aree di maggior interferenza a livello ambientale.

Il presente documento è stato redatto con lo scopo di fornire il quadro economico associato alla realizzazione delle opere previste per il progetto in oggetto.

2. INTRODUZIONE

Per la realizzazione della presente stima delle opere necessarie alla realizzazione del Progetto “Calypso”, wind farm offshore galleggiante di potenza complessiva di 600 MW, sono state prese in considerazione diverse fonti tra cui:

✓ 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 turbine flottanti e 3 turbine flottanti, per un totale di 30 MW e 25.2 MW, entrambe in esercizio dal 2020.

✓ Dati di letteratura scientifica



Sono molteplici gli articoli che trattano delle possibilità di stima del quadro economico per un’innovativa piattaforma flottante. In particolare, la presente analisi considera quanto illustrato all’interno dello studio “*Platform Optimization and Cost Analysis in a Floating Offshore Wind Farm*” [1] e dello studio “*Floating offshore wind: Economic and ecological challenges of a TLP solution*” [2]. Per i riferimenti degli autori si rimanda all’Appendice dedicata.

✓ Dati di costo per progetti simili

Quale ulteriore fonte dati considerata per eseguire un raffronto relativo alle voci di costo, sono stati anche esaminati i progetti preliminari presentati dagli altri operatori in quanto disponibili pubblicamente presso il sito del Ministero della Transizione Ecologica.

Infine, sono stati considerati numerosi dati a consuntivo di progetti eolici offshore non galleggianti, 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 (spese in conto capitale) per una wind farm offshore galleggiante come segue:

 	Stima preliminare delle opere e quadro economico	Rev 0	Pagina 6 di 12
	N° Doc. IT-OFF-VesCal-RN-EW-TR015		

- 50% per le fondazioni delle WTG (ossia, la piattaforma galleggiante e le opere di ancoraggio e ormeggio necessarie);
- 23% per le WTG;
- 6% per le fondazioni delle OSS (ossia, la piattaforma galleggiante e le opere di ancoraggio e ormeggio necessarie);
- 4% per le OSS;
- 3% per i cavi di collegamento delle WTG;
- 10% per i cavi di collegamento a terra;
- 1% per la sottostazione;
- 3% per le altre strutture di terra.

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 una stima dei costi sufficientemente dettagliata per la presentazione nell’ambito della procedura di Scoping. I costi saranno specifici per ogni sottocampo di Calypso:

- ✓ **Calypso - Gruppo 1:** n. 20 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 300 MW;
- ✓ **Calypso - Gruppo 2:** n. 20 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 300 MW.

3. STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME GALLEGGIANTI

In questo paragrafo si riportano le ipotesi sulle quali RINA ha basato la stima dei costi per quanto riguarda le piattaforme galleggianti, sia per le WTG, che per le OSS. Si evidenzia che la stima potrà essere affinata una volta che si procederà con le fasi successive di sviluppo progettuale ed in accordo con le previsioni dei prezzi di mercato.

3.1. STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME GALLEGGIANTI COMPRENSIVE DI AEROGENERATORI

I componenti dei quali RINA ha tenuto conto per la stima dei costi sono i seguenti:

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

Per la fondazione galleggiante è stata considerata una struttura tipologica a tre colonne semi sommergibile, che, da dati di letteratura, risulta una delle tecnologie più consolidate in ambito eolico galleggiante. In particolare, si tratta dell’opzione centrale esposta in Figura 1.

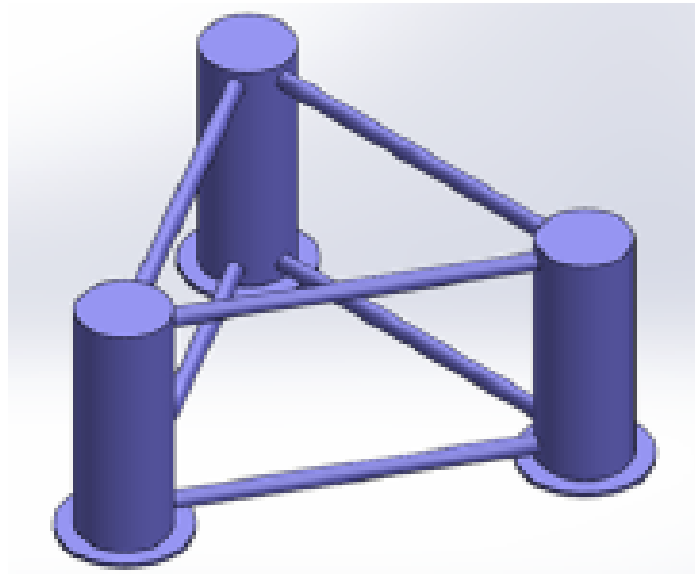


Figura 1: Tipologico struttura piattaforma galleggiante a tre colonne per parco eolico offshore (immagine da [1])

Il peso stimato per il tripode galleggiante, secondo dati a consuntivo per soluzioni analoghe (scalate secondo la potenza della turbina del Progetto), è di 8.000 t.

Il costo per la struttura integrata che include fondazione e turbina, ha un costo complessivo indicativo di 36.500.000 €.

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

- ✓ Profondità media fondale ipotizzata: 350 m;
- ✓ Lunghezza linee per struttura galleggiante: $350 \times 4^1 \text{ m} = 1400 \text{ m}$;
- ✓ Numero catenarie: 3;
- ✓ Costo unitario catenaria: 800 €/m (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 3;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400.000 €/unità.

Per quanto riguarda gli ancoraggi, mediamente il costo di un'ancora (comprensivo dell'installazione) è di 400.000 €, all'interno di un range 200.000 €-1.000.000 €, quest'ultimo è variabile in funzione della tipologia di fondale e di ormeggio. In questa fase si valuta adeguata la scelta di assumere il costo medio come riferimento, riservandosi un certo grado di incertezza che andrà valutato successivamente in modo più preciso e influirà sulla voce delle contingencies complessiva.

In aggiunta a quanto sopra detto, è stato stimato un costo per il trasporto della struttura galleggiante assemblata dall'area portuale al sito. Sono stati ipotizzati 3 rimorchiatori per le turbine (costo medio di noleggio: 60.000 €/giorno/rimorchiatore). Per la stima delle tempistiche è stato preliminarmente considerato 1 giorno per ogni trasporto.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante delle WTG:

¹ Il valore di 4 si basa sul valore medio della lunghezza delle catenarie che si può considerare preliminarmente compreso tra 3 e 5 volte la profondità del fondale.

Tabella 1: Quadro economico piattaforma galleggiante per WTG

Item	Costo budgetario
Struttura galleggiante	36.500.000 €
Ormeggio (3 linee x 3 catenarie)	3.360.000 €
Ancoraggio (3 ancore – prezzo massimo) – costo inclusivo di installazione in sito	1.200.000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito (3 rimorchiatori per 1 giornata)	180.000 €
TOTALE	41.240.000 €

I valori riscontrati sono coerenti con l'analisi dei costi disponibile dalla letteratura scientifica [1] e [2] e sono comprensivi di costi di progettazione ed installazione.

3.2. STIMA DEI COSTI DELLE PIATTAFORME PER LE OSS

I componenti dei quali RINA ha tenuto conto per la stima dei costi sono i seguenti:

- ✓ struttura galleggiante;
- ✓ ancoraggio;
- ✓ ormeggio;
- ✓ i vari componenti elettrici e strutture necessarie per la OSS.

Per la struttura galleggiante è stata ipotizzata una base quadrata, che da dati di letteratura risulta una delle tecnologie più utilizzate in ambito di sottostazioni offshore. In Figura 2 si riporta un esempio di come è stata ipotizzata la OSS.



Figura 2: Esempio di OSS semisommersibile a pianta quadrata

Il costo specifico per un galleggiante di questo tipo utilizzato per le sottostazioni offshore è di 28.800.000 €, dato economico medio caratteristico di soluzioni progettuali similari.

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

- ✓ Profondità media fondale: 350 m;
- ✓ Lunghezza linee per struttura galleggiante: 350x4 m=1400 m;
- ✓ Numero catenarie: 4;

- ✓ Costo unitario catenaria: 800 €/m (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 4;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400.000 €/unità.

Infine, la OSS comprensiva di tutti i componenti per una potenza di 300 MW ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle sottostazioni galleggianti di 11.970.000 €.

In aggiunta a quanto sopra detto, è stato stimato un costo per il trasporto della struttura galleggiante assemblata dall'area portuale al sito. È stato ipotizzato 1 rimorchiatore per la OSS (costo medio di noleggio: 60.000 €/giorno/rimorchiatore). Per la stima delle tempistiche è stato preliminarmente considerato 1 giorno per ogni trasporto.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante delle OSS (Tabella 2):

Tabella 2: Quadro economico piattaforma galleggiante per OSS

Item	Costo budgetario
Struttura galleggiante	28.800.000 €
Componenti elettrici per la OSS	11.970.000 €
Ormeggio (3 linee x 3 catenarie)	4.480.000 €
Ancoraggio (3 ancore – prezzo massimo) – costo inclusivo di installazione in sito	1.600.000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito (1 rimorchiatori per 1 giornata)	60.000 €
TOTALE	46.910.000 €

I valori riscontrati sono coerenti con l'analisi dei costi indicati dalla letteratura scientifica [1] e sono comprensivi di costi di sviluppo ed installazione.

4. STIMA DEI COSTI DELLE OPERE MARINE

Ai costi relativi le piattaforme galleggianti esposti nel capitolo precedente, per quanto riguarda la parte marina delle opere da realizzare, vanno aggiunti i costi relativi alle interconnessioni da realizzare tra le WTG e la OSS, così come le interconnessioni tra le OSS e terra.

Per questo motivo la voce del cavidotto assume un'importanza chiave nell'esplosione dell'intero budget.

Di seguito le specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto tra le WTG e la OSS: 66 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto inter-array + lunghezza del cavidotto WTG-OSS:
 - 44 km per il Gruppo 1
 - 43 km per il Gruppo 2
- ✓ Tensione del cavidotto tra le OSS e terra: 150 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto verso terra:
 - 124 km (2 linee da 62 km mediamente) per il Gruppo 1
 - 126 km (2 linee da 63 km mediamente) per il Gruppo 2
- ✓ Posa sul fondale in trench o soluzione alternativa con inter-distanziamento 50 metri.

In maniera cautelativa la stima è stata effettuata in maniera maggiorata considerando il cavidotto di collegamento tra le turbine e la turbina di fine stringa e la OSS come un'unica entità, nonostante quello inter-array abbia una sezione inferiore. Pertanto, si considerano 41 km e 30 km di cavidotto a 66 kV. Le stime economiche preliminari basate su dati ricavati da esperienze pregresse definiscono un prezzo budgettario di 900.000 €/km per cavidotti sommersi eserciti a questo livello di tensione, comprensivo dei costi di posa e trasporto.

Per la parte di cavidotto per l'interconnessione a terra a 150 kV sono previste due conduttore tripolari in partenza da ognuna delle due OSS. Le stime economiche preliminari basate su dati ricavati da esperienze pregresse definiscono un prezzo budgettario di 1.000.000 €/km per cavidotti sommersi eserciti a questo livello di tensione, comprensivo dei costi di posa e trasporto.

Per questo motivo, il prezzo definito è anche molto cautelativo e comprensivo di tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

Nelle seguenti Tabella 3 e Tabella 4 sono riportate le stime dei costi complessivi relativi a ciascuno dei due Gruppi:

Tabella 3: Stima complessiva dei costi per Calypso - Gruppo 1

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	41.240.000 €	20	824.800.000 €
Sottostazione Galleggiante	46.910.000 €	1	46.910.000 €
Cavi sommersi WTG - OSS	900.000 €	44 (km)	39.600.000 €
Cavi sommersi OSS - Giunzione a terra	1.000.000 €	124 (km)	124.000.000 €
Contingencies	100.000.000 €	1	100.000.000 €
Totale			1.135.310.000 €

Tabella 4: Stima complessiva dei costi per Calypso - Gruppo 2

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	41.240.000 €	20	824.800.000 €
Sottostazione Galleggiante	46.910.000 €	1	46.910.000 €
Cavi sommersi WTG - OSS	900.000 €	43 (km)	38.700.000 €
Cavi sommersi OSS - Giunzione a terra	1.000.000 €	126 (km)	126.000.000 €
Contingencies	100.000.000 €	1	100.000.000 €
Totale			1.136.410.000 €

5. STIMA DEI COSTI DELLE OPERE TERRESTRI

In questo paragrafo si analizzano le ulteriori voci di costo che vanno ad impattare sui costi capitali del Progetto, ovvero le apparecchiature di terra necessarie per il collegamento alla RTN.

Si tratta delle voci di:

- ✓ Punto di giunzione a terra con il locale di sezionamento e misura;
- ✓ Cavidotto di collegamento;
- ✓ Sottostazione elettrica di collegamento a terra.

Per la sottostazione di collegamento alla RTN è possibile utilizzare come fonte di stima dei costi quella di sottostazioni elettriche “tradizionali”, che scalano come prezzo quasi linearmente con la potenza di trasformazione. Quindi per la sottostazione 150/220 kV sono stati stimati circa 50.000 €/MW, pertanto circa 30 milioni di sottostazione (600 MW). Il prezzo definito è molto cautelativo e comprensivo di tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

Per la voce del cavidotto si assume un costo di 1.500.000 €/km, considerando di includere in questa voce tutte le spese necessarie dall’autorizzazione fino alla messa in opera. Il cavidotto terrestre si sviluppa con le seguenti specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto: 150 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto: 120km (2 doppie terne da 30 km mediamente).

In Tabella 5 e Tabella 6 è riportata la stima dei costi complessivi delle installazioni di terra relativo al Progetto:

Tabella 5: Stima complessiva dei costi per le opere a terra

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
Punto di giunzione a terra - Stallo di Sezionamento	2.000.000 €	1	2.000.000 €
Cavi interrati di collegamento	1.500.000 €	120(km)	180.000.000 €
Sottostazione di connessione	30.000.000 €	1	30.000.000 €
Contingencies	2.000.000 €	1	2.000.000 €
Totale			214.000.000 €

Oltre a quanto riportato in Tabella 5, si stima una quota aggiuntiva di 750.000 €/km per le infrastrutture realizzate mediante trivellazione orizzontale controllata (TOC).



6. QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI

Infine, in questo paragrafo RINA mette insieme quanto rilevato nei paragrafi precedenti con la finalità di fornire un quadro economico per le opere nel loro complesso, riportate sotto in Tabella 6:

Tabella 6: Stima complessiva dei costi Calypso

Voce di costo	Importo totale
Calypso - Gruppo 1	1.135.310.000 €
Calypso - Gruppo 2	1.136.410.000 €
Sottostazione elettrica di connessione	214.000.000 €
TOTALE	2.485.720.000 €

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 4.142.866 €/MW. Si tratta di un valore coerente con tutti i dati macroeconomici in termini di valori medi e con tutti i dati a consuntivo disponibili per progetti analoghi.

 	Stima preliminare delle opere e quadro economico	Rev 0	Pagina 12 di 12
	N° Doc. IT-OFF-VesCal-RN-EW-TR015		

APPENDICE - REFERENZE

- [1] 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
- [2] Floating offshore wind: Economic and ecological challenges of a TLP solution - Michael Kausche, Frank Adam, Frank Dahlhaus, Jochen Großmann - Pubblicato il 23 marzo 2018
- [3] Definizione contenuti SIA progetti depositati (Ministero della transizione ecologica)
<https://va.minambiente.it/it-IT/Procedure/ViaElenco/1/9>