



# Minervia Vento S.r.l.

## Progetto preliminare per la realizzazione di un parco eolico offshore - Catanzaro – Minerva Energia

### Stima preliminare delle opere e quadro economico

Doc. No. P0025305-3-H17 Rev.01 - Dicembre 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
00	Commenti	S. Macri/N.Nobile	O. Scala	S.Sadowski/R.Zaccone	19/08/2021
01	Prima Emissione	N.Nobile	O. Scala	S.Sadowski/R.Zaccone	20/12/2021

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	3
1   PREMESSA CATANZARO MINERVA VENTO	4
2   INTRODUZIONE	5
3   STIMA DEI COSTI DELLA PIATTAFORMA GALLEGGIANTE	6
4   STIMA ULTERIORI OPERE	8
5   QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI	9
REFERENZE	11

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3:1: Quadro economico piattaforma galleggiante	7
Tabella 5:1: Stima costi complessiva Odra Energia - sottocampo A	9
Tabella 5:2: Stima costi complessiva Odra Energia - sottocampo B	9
Tabella 5:5: Stima costi complessiva Odra Energia	9

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per eolico offshore (immagine da [1])	6
--	---

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

<b>AT</b>	Alta Tensione
<b>LE</b>	Lecce
<b>RTN</b>	Rete di Trasmissione Nazionale
<b>SE</b>	Stazione Elettrica
<b>S.r.l</b>	Società a responsabilità limitata
<b>WTG</b>	Wind turbine generator

## 1 PREMESSA CATANZARO MINERVA VENTO

La presente relazione è stata commissionata da Minervia Vento (la Committente) società controllata dal partenariato di Falck Renewables Spa, operatore internazionale nel campo delle energie rinnovabili, attivo nello sviluppo, nella progettazione, realizzazione e gestione di impianti di produzione di energia pulita da fonte eolica e solare e presente in 13 paesi e BlueFloat Energy, uno sviluppatore internazionale di progetti offshore con un'esperienza unica nella tecnologia galleggiante.

La Committente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 45 aerogeneratori, per una taglia totale di 675 MW, individuato tra il Comune di Belcastro e località La Petrizia, nel Comune di Sellia Marina, in provincia di Catanzaro, in particolare nello specchio di mare del Golfo di Squillace.

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. In questa zona il fondale ha una profondità molto variabile e in particolare l'area scelta per l'installazione delle turbine varia dai 600 m ai 1100 m.

## 2 INTRODUZIONE

Per la realizzazione della presente stima delle opere necessarie alla realizzazione del Progetto “Minerva Energia”, wind farm offshore flottante di potenza complessiva di 675 MW, RINA ha utilizzato 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. In particolare, la presente analisi considera le rimostranze ottenute in **Error! Reference source not found.e Error! Reference source not found.**

- ✓ 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 ministeriale [3].

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);
- ✓ 26% per la WTG;
- ✓ 5% per l'installazione di tutte le parti;
- ✓ 14% per i cavi di collegamento;
- ✓ 2% per la sottostazione;
- ✓ 4% 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 esplosione dei costi sufficientemente dettagliato per la presentazione di un Progetto di scoping. I costi saranno specifici per ogni sottocampo di Minerva Vento:

- ✓ Minerva Vento – Sottocampo A: n. 20 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 300 MW;
- ✓ Minerva Vento – Sottocampo B: n. 25 aerogeneratori da 15 MW cadauno, per una potenza totale di 375 MW;

### 3 STIMA DEI COSTI DELLA PIATTAFORMA GALLEGGIANTE

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

- ✓ Galleggiante;
- ✓ Ancoraggio;
- ✓ Ormeaggio;
- ✓ WTG.

Visto la natura preliminare del Progetto di scoping, 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. In particolare, si tratta dell'opzione centrale esposta in Figura 3:1.

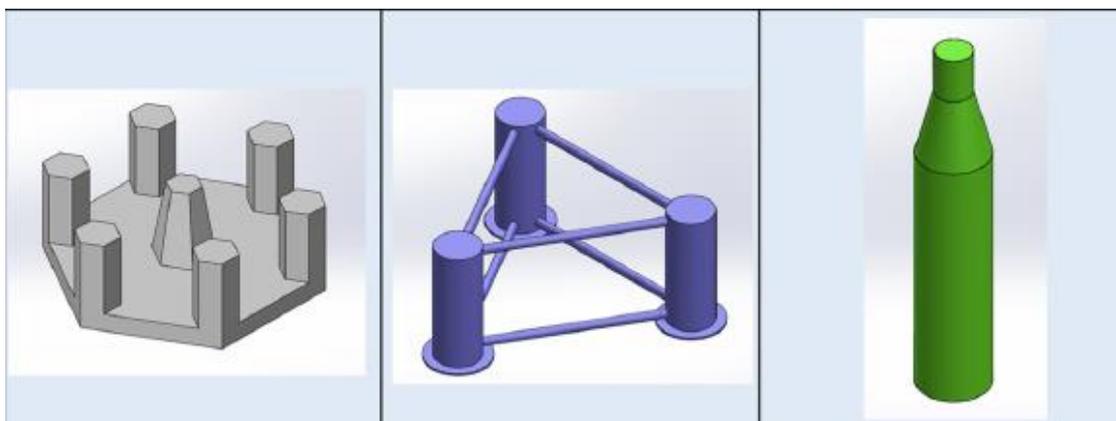


Figura 3:1: Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per eolico offshore (immagine da [1])

Il costo specifico per un galleggiante adeguato al tipo di applicazione è stato stimato come consuntivo esposto in Tabella 3:1.

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

- ✓ Profondità fondale: 1,000-1,400 m;
- ✓ Profondità media fondale: 760 m;
- ✓ Lunghezza e numero linee per struttura galleggiante:  $760 \times 4^1$  m=3,040 m;
- ✓ Numero catenarie: 3;
- ✓ Costo unitario catenaria: 800€/m (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 3;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 400,000 €/unità.

\*\*\*\*\*

<sup>1</sup> 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 media del fondale.

Per quanto riguarda gli ancoraggi, la stima ha un range di accuratezza elevato. 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.

Infine, la WTG considerata da 15 MW ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle WTG onshore del 2021: sono stati considerati 12,500,000€ per ogni WTG.

Pertanto, la stima porta alla seguente tabella per quanto riguarda le opere relative alla piattaforma galleggiante (Tabella 3:1).

**Tabella 3:1: Quadro economico piattaforma galleggiante**

Item	Costo Budgettario 1 piattaforma galleggiante – Sito di Catanzaro
Struttura galleggiante	16,000,000 €
WTG – 15 MW	12,500,000 €
Ormeggio (3 linee x 3 catenarie)	7,297,000 €
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 €
<b>TOTALE</b>	<b>37,176,000 €</b>

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 (costo medio di noleggio: 60,000€/giorno/rimorchiatore). La stima delle tempistiche risulta molto complessa non avendo indicazioni sulla distanza fra il luogo dell'assemblaggio ed il sito: è stato preliminarmente considerato 1 giorno per ogni trasporto.

I valori riscontrati sono coerenti con lo share dei costi previsti dalla letteratura scientifica [1] e [2] e sono comprensivi di costi di sviluppo ed installazione. Tuttavia, è evidente che un fondale così profondo caratteristico del Golfo di Squillace abbia un forte impatto sui costi di investimento del progetto.

## 4 STIMA 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:

- ✓ Sottostazione elettrica a terra: n.2 SE di trasformazione;
- ✓ Cavidotto di collegamento a terra;
- ✓ Cavidotto interrato per il collegamento a Terna (nell'area di Maida).

Il presente Progetto mostra una particolarità dal punto di vista dell'implementazione della sottostazione di trasformazione: infatti, in questo caso essa sarà costruita a terra e non offshore come si può riscontrare nella quasi totalità dei progetti analoghi. Per questo motivo, è possibile utilizzare come fonte di stima dei costi di sottostazione quella di sottostazioni elettriche "tradizionali", che scalano come prezzo quasi linearmente con la potenza di trasformazione. Inoltre, si evidenzia un'eccezione rispetto a quanto previsto dalla letteratura scientifica: in questo caso, i chilometri di cavidotto marino a 66 kV sono da moltiplicare per il numero di centro-stella (array) previsti dal progetto, visto che ognuno sarà connesso separatamente a terra. Per questo motivo, la voce del cavidotto assume un'importanza chiave nell'esplosione dell'intero budget.

Pertanto, si hanno le seguenti specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto: 66 kV;
- ✓ Lunghezza del cavidotto inter-array (3x120 mmq): 150 km;
- ✓ Lunghezza del cavidotto verso terra (3x800 mmq): 122.4 km (9 linee da 13.6 km, mediamente);
- ✓ Posa sul fondale in trench con inter-distanziamento 50 metri.

Anche questi aspetti sono fortemente influenzati dal carattere preliminare della progettazione di scoping. Pertanto, si ritiene opportuno effettuare una stima cautelativamente maggiorata considerando il cavidotto come un'unica entità, nonostante quello inter-array abbia una dimensione inferiore. Pertanto, si considerano 272.4 km di cavidotto a 66 kV. Le fonti stabiliscono un prezzo di 900,000 €/km per cavidotti sommersi eserciti a questo livello di tensione, comprensivo dei costi di posa e trasporto. Suddividendo in particolare i costi per i 2 sottocampi del Progetto, si ottiene:

- ✓ A: 121.1 km di cavidotto per un totale di 108,990,000 €;
- ✓ B: 121.1 km di cavidotto per un totale di 108,990,000 €;

Per quanto riguarda le sottostazioni di trasformazione ne sono previste due: una in prossimità della costa nelle vicinanze del punto di giunzione tra cavi marini e terrestri con un rapporto di trasformazione 66/150kV e una in prossimità del nodo a 380kV della RTN di Terna nell'area del Comune di Maida con un rapporto di trasformazione 150/380kV. Sono stati stimati 33,300 €/MW (secondo i dati a consuntivo). Pertanto, si stimano circa 11.655.000 € a sottostazione (700 MW), suddivisibili approssimativamente in maniera equa tra i 2 sottocampi: infatti, si tratta di una voce di costi percentualmente poco impattante sul totale. Per questo motivo, il prezzo definito è anche molto cautelativo e comprensivo di tutte le opere accessorie, di sviluppo, trasporto ed installazione.

Infine, per il Progetto Minerva Vento sono da valutare i costi capitali da impiegare per il collegamento della wind farm dalla SE in prossimità della costa a quella in prossimità del nodo alla RTN di Terna, nel comune di Galatina (a 41 km in linea d'aria, 43 km circa secondo il tracciato previsto). Visti alcuni precedenti per grossi impianti nella zona, RINA suggerisce di valutare, almeno in via preliminare in attesa di indicazioni da parte di Terna, di implementare un collegamento via cavidotto interrato. Tale soluzione a 150kV ha un costo che si aggira attorno a 1,000,000 €/km: per il presente studio, visti i 42 km in linea d'aria da coprire, si impone un costo capitale per il cavidotto interrato di 67.5 milioni di euro, al fine di cautelarsi rispetto a possibili esigenze specifiche di posa interrata della zona (diritti di superficie, vincoli ambientali, ecc.). Inoltre, la SSE di Maida è ad un'altitudine sopra il livello del mare di oltre 400 m.

## 5 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. Si presentano le conclusioni rispettando la suddivisione dei sottocampi:

**Tabella 5:1: Stima costi complessiva Odra Energia - sottocampo A**

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	37,176,000 €	20	743,520,000 €
Cavi sommersi	900,000 €/km	121.1 km	108,990,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
<b>Totale</b>			<b>952,510,000 €</b>

**Tabella 5:2: Stima costi complessiva Odra Energia - sottocampo B**

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	37,176,000 €	25	929,400,000€
Cavi sommersi	900,000 €/km	121.1 km	108,990,000 €
Contingencies	100,000,000 €	1	100,000,000 €
<b>Totale</b>			<b>1,138,390,000 €</b>

Infine, si presenta la stima complessiva del Progetto nel suo complesso:

**Tabella 5:3: Stima costi complessiva Odra Energia**

Voce di costo	Importo totale
Sottocampo A	952,510,000 €
Sottocampo B	1,138,390,000 €
Sottostazione elettrica (x2)	23,310,000 €
Cavidotto interrato	67,500,000 €
<b>TOTALE</b>	<b>2,181,710,000 €</b>

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 3,232,163 €/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. Nonostante le grandi cautele imposte, il prezzo di mercato risulta opportunamente ribassato rispetto alle iniziative analoghe ma di dimensioni decisamente inferiori. Tuttavia, l'impatto del costo degli ormeggi, visto il fondale profondo, è elevato. Il Cliente, anche per questo motivo, ha optato per una WTG di capacità molto elevata, in modo da diminuire le piattaforme galleggianti per unità di potenza installata, pervenendo ad una soluzione ottimizzata da questo punto di vista.

---

## 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>



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.