



COMMITTENTE:



SCS 28 S.R.L.

Via Generale Giacinto Antonelli 3
Monopoli - BA, P.IVA/C.F. 08760740723

Titolo del Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO OFFSHORE, DENOMINATO “ULISSE 1”, DI POTENZA NOMINALE PARI A 1620 MW, DA LOCALIZZARSI NEL MAR ADRIATICO AL LARGO DELLA COSTA DEL COMUNE DI MONOPOLI (BA)

Località	MONOPOLI (BA)	Codice A.U.	-
----------	----------------------	-------------	---

PROGETTO PRELIMINARE

ID PROGETTO:	PEAL	DISCIPLINA:	P	TIPOLOGIA:	FORMATO:
--------------	------	-------------	---	------------	----------

TITOLO: STIMA PRELIMINARE DELLE OPERE E QUADRO ECONOMICO

N° DOCUMENTO: **P0039039-3-H4**

IL TECNICO:

Ing. Riccardo Zaccone



RINA CONSULTING S.P.A.

Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102

REV:	DATA REVISIONE	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	Maggio 2024	Prima Emissione	SMA13	MAB	RZA01

INDICE

LISTA DELLE TABELLE	3
LISTA DELLE FIGURE	3
1 PREMESSA	5
2 STIMA DEI COSTI IN CONTO CAPITALE (CAPEX)	6
2.1 INTRODUZIONE	6
2.2 STIMA DEI COSTI DELLE OPERE MARINE	6
2.2.1 Stima dei costi delle WTG	7
2.2.2 Stima dei costi delle OSS	8
2.2.3 Stima complessiva delle opere marine	9
2.3 STIMA COSTI DELLE OPERE TERRESTRI	10
2.4 QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI	11
DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	12

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 2.1 Quadro economico per singola WTG	8
Tabella 2.2 Quadro economico per singola OSS	9
Tabella 2.3 Stima complessiva dei costi delle opere marine	10
Tabella 2.4 Stima complessiva dei costi delle opere a terra	10
Tabella 2.5 Stima complessiva dei costi	11

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1 Inquadramento generale del parco eolico offshore flottante “Ulisse 1”	5
Figura 2.1 Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore (immagine da [1])	7
Figura 2.2 Esempio di OSS semisommersibile a pianta quadrata	8

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

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

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta per illustrare le principali informazioni sulle caratteristiche del progetto e sui potenziali effetti significativi sull'ambiente relativi alla realizzazione del Parco Eolico Offshore Flottante, denominato "Ulisse 1", proposto dalla Società SCS 28 S.r.l. (di seguito la "Proponente"), controllata da SCS Innovation S.r.l., Società con un'esperienza pluriennale nei principali ambiti delle energie rinnovabili, specializzata nello sviluppo, progettazione ed installazione di impianti fotovoltaici ed eolici, ponendosi come obiettivo principale quello di fornire al cliente impianti di elevate qualità e rendimento.

La Proponente è intenzionata a realizzare un parco eolico offshore composto da 108 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 15 MW, per una capacità totale nominale di 1620 MW e una potenza richiesta di immissione alla RTN di 1620 MW.

Il parco sarà localizzato nel Mar Adriatico, nello specchio di mare prospiciente il comune di Bari, al di fuori del limite delle acque territoriali, ad una distanza minima dalla costa della Regione Puglia di circa 40 km e ad una distanza massima di circa 60 km. Nell'area scelta per l'installazione delle turbine il fondale ha una profondità indicativa tra i -300 m e i -1100 m.

Il parco sarà suddiviso in due sub-aree: una posizionata a Nord-Est (NE) e una posizionata a Sud-Ovest (SO), come mostrato in Figura 1.1.

La scelta di tale sito è stata effettuata tenendo conto della risorsa eolica potenzialmente disponibile, della distanza dalla costa, della profondità, 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 potenziale maggior interferenza a livello ambientale.

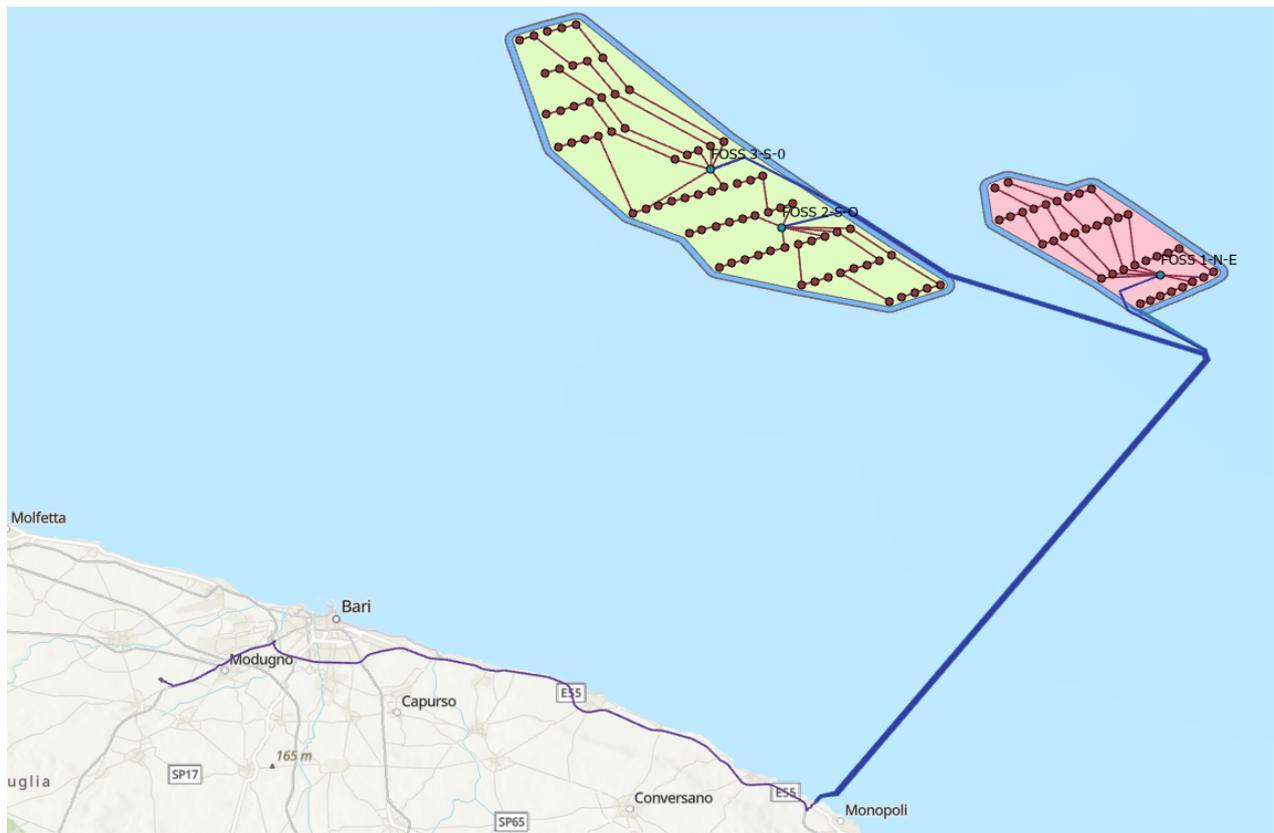


Figura 1.1 Inquadramento generale del parco eolico offshore flottante "Ulisse 1"

2 STIMA DEI COSTI IN CONTO CAPITALE (CAPEX)

2.1 INTRODUZIONE

Per la realizzazione della presente stima delle opere, necessarie alla realizzazione del parco eolico flottante “Ulisse1” della capacità nominale di 1620 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 turbine flottanti e 3 turbine flottanti, per un totale di 30 MW e 25.2 MW, entrambe implementate nel 2020.

✓ *Dati di letteratura scientifica*

Sono molteplici gli articoli che trattano delle possibilità di stima del quadro economico per un innovativo parco eolico 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 ai Documenti di Riferimenti presenti in fondo al presente documento.

✓ *Dati a consuntivo di progetti assimilabili*

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 [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):

- 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 interconnessione delle WTG;
- 10% per cavi i cavi di export a terra;
- 1% per le sottostazioni;
- 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 un esploso dei costi sufficientemente dettagliato.

2.2 STIMA DEI COSTI DELLE OPERE MARINE

In questo paragrafo si riportano le ipotesi sulle quali RINA ha basato la stima dei costi delle opere marine del Progetto.

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 dei galleggianti, né ancora definita con esattezza la WTG o le OSS che saranno implementate. A valle del dimensionamento delle piattaforme, la presente stima potrà essere opportunamente affinata e fornire un risultato più preciso.

Per le turbine di taglia pari a 15 MW sono già disponibili le caratteristiche tecniche.

2.2.1 Stima dei costi delle WTG

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

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

Per la struttura galleggiante delle WTG 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 2.1

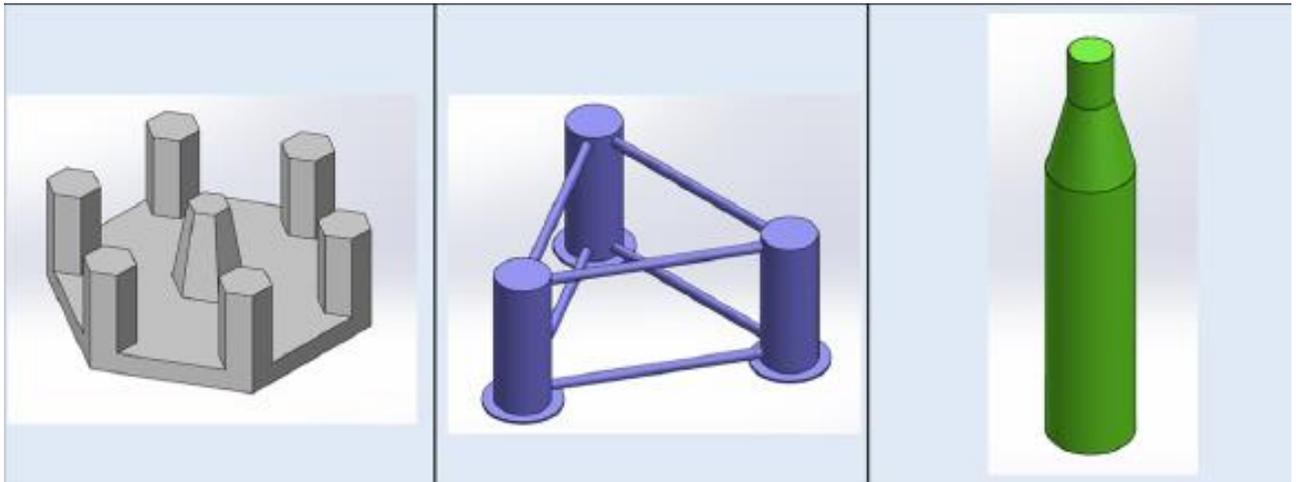


Figura 2.1 Opzioni possibili per una piattaforma galleggiante per parco eolico offshore (immagine da [1])

Il peso stimato per il tripode galleggiante, secondo dati a consuntivo per soluzioni analoghe (scalate secondo la potenza della turbina del Progetto), è di 4.000 t. Il costo specifico per un galleggiante di questo tipo è di 3.300 €/t, dato economico medio caratteristico di soluzioni progettuali similari.

Per quanto riguarda l'ormeaggio, è stata ipotizzata una soluzione "semi-taut", caratterizzata secondo i seguenti parametri progettuali:

- ✓ Profondità media fondale: 800 m;
- ✓ Lunghezza linee & catenarie per struttura galleggiante: 1.200 m;
- ✓ Numero linee & catenarie: 3;
- ✓ Costo unitario: 400€/m linee & 880€/m catenarie (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 3;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 440.000 €/unità.

Mediamente, il costo di un'ancora (comprensivo dell'installazione) è di 440.000 €, all'interno di un range 220.000 €-1.100.000 € quest'ultimo variabile in funzione della tipologia di fondale e di ormeaggio. 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.

La WTG considerata da 15 MW ha un costo stimabile, secondo i prezzi di mercato delle WTG onshore del 2023, di 13.750.000 €.

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: 66.000€/giorno/rimorchiatore). La stima delle tempistiche risulta molto complessa al momento, non avendo indicazioni sulla distanza fra il luogo dell'assemblaggio ed il sito: è stato preliminarmente considerato 1 giorno per ogni trasporto.

Di seguito la stima complessiva delle opere relative alla turbina e alla relativa piattaforma galleggiante (Tabella 2.1).

Tabella 2.1 Quadro economico per singola WTG

Voce di costo	Importo totale
Struttura galleggiante	13.200.000 €
WTG – 15 MW	13.750.000 €
Ormeggio (3 linee x 3 catenarie)	2.304.000 €
Ancoraggio (3 ancore – prezzo medio) – inclusi i costi di installazione in sito	1.320.000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito (3 rimorchiatori per 1 giornata)	198.000 €
TOTALE	30.772.000 €

I valori riscontrati sono coerenti con lo share dei costi previsti dalla letteratura scientifica [1] e sono comprensivi di costi di sviluppo ed installazione.

2.2.2 Stima dei costi delle OSS

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

- ✓ 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 2.2 si riporta un esempio di come è stata ipotizzata la OSS.

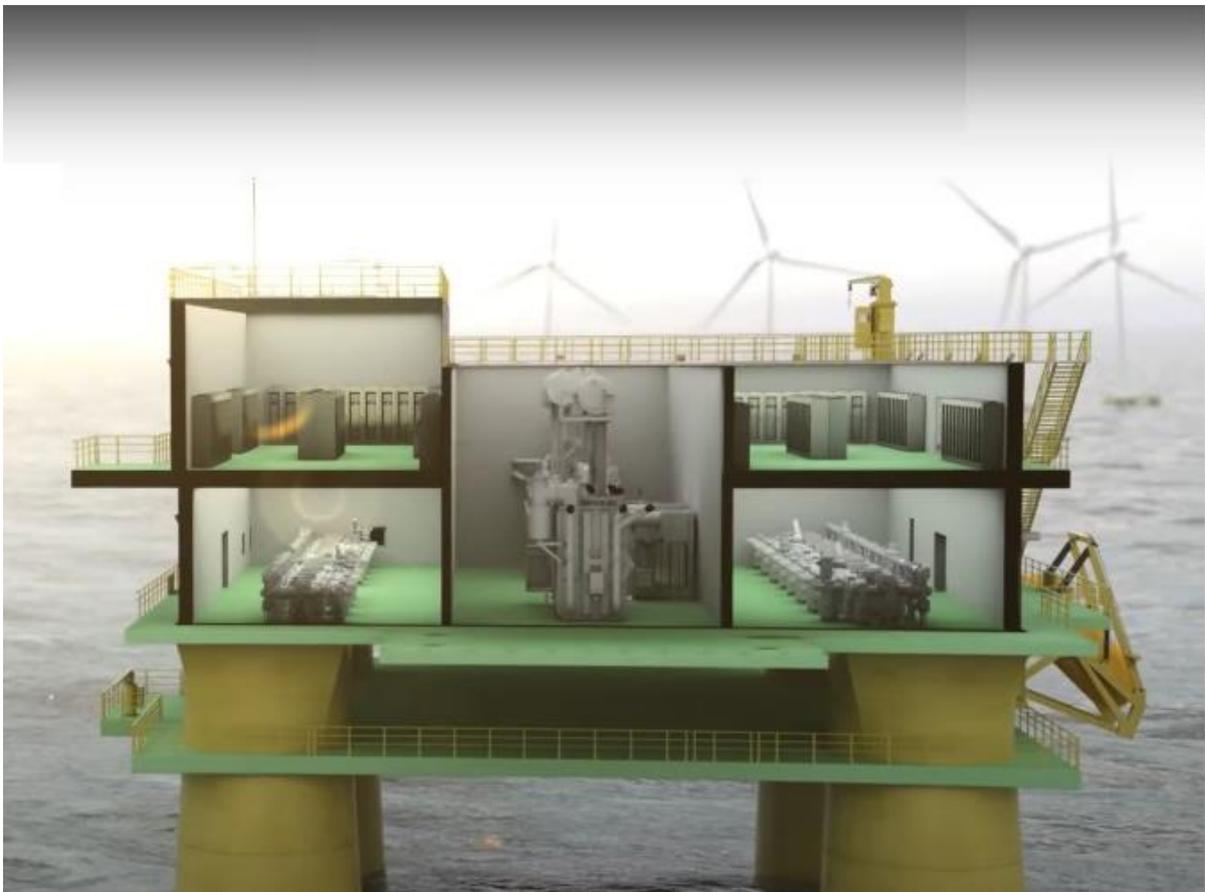


Figura 2.2 Esempio di OSS semisommersibile a pianta quadrata

Il peso stimato, secondo dati a consuntivo per soluzioni analoghe (scalate secondo la potenza del Progetto), è di 8.000 t. Il costo specifico per un galleggiante di questo tipo è di 3.960 €/t, 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: 800 m;
- ✓ Lunghezza linee per struttura galleggiante: 1.200 m;
- ✓ Numero linee & catenarie: 4;
- ✓ Costo unitario: 400€/m linee & 880€/m catenarie (assunzione secondo tipico di mercato);
- ✓ Numero ancoraggi: 4;
- ✓ Costo medio ancoraggio: 440.000 €/unità.

Infine, la OSS, comprensiva di tutti i componenti, per una potenza di 540 MW (potenza della singola OSS), ha un costo stimabile secondo i prezzi di mercato delle sottostazioni galleggianti di 27.000.000 €.

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 ogni OSS (costo medio di noleggio: 2.000.000 €). 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.

Di seguito la stima complessiva delle opere relative alla singola OSS e alla relativa piattaforma galleggiante (Tabella 2.2).

Tabella 2.2 Quadro economico per singola OSS

Voce di costo	Importo totale
Struttura galleggiante	31.680.000 €
Componenti elettrici per la OSS	27.000.000 €
Ormeggio (4 linee x 4 catenarie)	3.072.000 €
Ancoraggio (4 ancore – prezzo massimo) – costo inclusivo di installazione in sito	1.760.000 €
Costo per trasporto struttura galleggiante in sito	2.000.000 €
TOTALE	65.512.000 €

I valori riscontrati sono coerenti con lo share dei costi previsti dalla letteratura scientifica [1] e sono comprensivi di costi di sviluppo ed installazione.

2.2.3 Stima complessiva delle opere marine

Ai costi esposti nei paragrafi precedenti, vanno aggiunti i costi relativi alle interconnessioni da realizzare tra le WTG e le OSS così come i cavi di export tra le OSS e terra.

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

Si hanno le seguenti specifiche progettuali:

- ✓ Tensione del cavidotto tra le WTG e la OSS: 66 kV;
- ✓ Lunghezza dei cavi inter-array + lunghezza dei cavi WTG-OSS: 320 km;
- ✓ Tensione del cavidotto tra le OSS e terra: 220 kV;
- ✓ Lunghezza dei cavi verso terra: totale 469 km;
- ✓ Posa sul fondale in trench o soluzione alternativa con inter-distanziamento 50 metri.

Anche questi aspetti sono fortemente influenzati dal carattere preliminare della progettazione. Pertanto, si ritiene opportuno effettuare una stima cautelativamente maggiorata considerando i cavi di collegamento tra le turbine e tra le turbine di fine stringa e la relativa OSS come un'unica entità, nonostante quelli di inter-array abbiano una sezione inferiore. Le stime economiche preliminari, basate su dati ricavati da esperienze pregresse, definiscono un prezzo

budgettario di 990.000 €/km per cavi sommersi eserciti a questo livello di tensione, comprensivo dei costi di posa e trasporto.

Per i cavi per l'interconnessione a terra a 220 kV sono previste due conduttore tripolari in partenza da ognuna delle tre OSS. Le stime economiche preliminari basate su dati ricavati da esperienze pregresse definiscono un prezzo budgettario di 1.100.000 €/km per cavi 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.

Nella seguente Tabella 2.3 sono riportate le stime dei costi complessivi relativi alle opere marine.

Tabella 2.3 Stima complessiva dei costi delle opere marine

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
WTG flottante con piattaforma, ormeggio ed ancoraggio	30.772.000 €	108	3.323.376.000 €
Sottostazione Galleggiante	65.512.000 €	3	196.536.000 €
Cavi sommersi WTG - OSS	990.000 €	320 km	316.800.000 €
Cavi sommersi OSS - Giunzione a terra	1.100.000 €	469 km	515.900.000 €
Contingencies	490.000.000 €		490.000.000 €
TOTALE			4.842.612.000 €

2.3 STIMA 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 a terra necessarie per il collegamento alla RTN.

Si tratta delle seguenti voci:

- ✓ Punto di giunzione a terra all'approdo;
- ✓ Stazione di Sezionamento/Compensazione;
- ✓ Cavidotto di collegamento;
- ✓ Sottostazione elettrica di Utenza.

Per la Sottostazione elettrica di Utenza 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 220/380 kV, per una capacità complessiva di 1.620 MW, sono stati stimati circa 36.000 €/MW; pertanto, il costo è di circa 58.320.000 €. 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 850.000 €/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 dei cavi: 220 kV;
- ✓ Lunghezza dei cavi: 56 km (6 linee tripolari).

In Tabella 2.4 è riportata la stima dei costi complessivi delle installazioni a terra relative al Progetto.

Tabella 2.4 Stima complessiva dei costi delle opere a terra

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
Punto di giunzione a terra all'approdo	2.200.000 €	1	2.200.000 €
Cavi interrati di collegamento	850.000 €	336 km	285.600.000 €
Sottostazione elettrica di Utenza	58.320.000 €	1	58.320.000 €
Stazione di Sezionamento/Compensazione	30.000.000	1	30.000.000

Voce di costo	Importo unitario	Quantità	Importo totale
Contingencies	3.800.000 €		3.800.000 €
TOTALE			379.920.000 €

2.4 QUADRO ECONOMICO COMPLESSIVO E CONCLUSIONI

Mettendo insieme quanto rilevato nei paragrafi precedenti, con la finalità di fornire un quadro economico per le opere nel loro complesso, si stima quanto riportato nella seguente tabella.

Tabella 2.5 Stima complessiva dei costi

Voce di costo	Importo totale
Stima complessiva delle opere marine	4.842.612.000 €
Stima complessiva delle opere terrestri	379.920.000 €
TOTALE	5.222.532.000 €

Il quadro economico complessivo porta ad una stima di circa 3.223.785 €/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.

DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[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 | www.rina.org
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.