

REGIONE ABRUZZO  
PROVINCIA DI CHIETI

Comune:  
Ortona

PROGETTO PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE  
DI ENERGIA ELETTRICA OFFSHORE DA FONTE FOTOVOLTAICA

Sezione 5:

**RELAZIONE ED ELABORATI SPECIALISTICI**

Titolo elaborato:

**RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI ED ANCORAGGI**

N. Elaborato: 5.8

Scala: -

Committente



**Fred Olsen Renewables Italy S.r.l.**

Viale Castro Pretorio 122  
Roma (RM) - 00185  
P.IVA 15604711000  
pec fred.olsenrenewablesitaly@legalmail.it

Progettazione



**sede legale e operativa**  
San Martino Sannita (BN) Località Chianarile snc, Area industriale  
**sede operativa**  
Lucera (FG) via Alfonso La Cava 114  
P.IVA 01465940623  
**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**

Procuratore speciale  
**Lorenzo Longo**

  
Progettista  
Dott. Ing. Vittorio Iacono



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	Novembre 2022	SC	VI	VI	Progetto preliminare
		sigla	sigla	sigla	

Nome File sorgente	PP.OP.FOR01.5.8.R00.doc	Nome file stampa	PP.OP.FOR01.5.8.R00.pdf	Formato di stampa	A4
--------------------	-------------------------	------------------	-------------------------	-------------------	----

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 1 di 13
---	---	---	--

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA FLOTTANTE</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>SISTEMA DI ORMEGGIO</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>SISTEMA DI ANCORAGGIO</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>FONDAZIONE STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE E SISTEMA DI ACCUMULO</b>	<b>11</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>13</b>

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 2 di 13
---	---	---	--

## INDICE FIGURE

Figura 1 – inquadramento impianto .....	4
Figura 2 - schematico di galleggiante puro.....	6
Figura 3 - schematico di galleggiante a zattera.....	7
Figura 4 - schematico di galleggiante a membrana .....	7
Figura 5 - esempi di stazione di trasformazione offshore con fondazione fissa.....	11
Figura 6 - Protezione dai fenomeni di erosione "Scour protection" .....	12

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 3 di 13
---	---	---	--

## 1 PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico galleggiante di potenza nominale in DC pari a 101,3 MWp comprensivo di un sistema di accumulo (BESS) da 20 MW per una potenza totale di connessione pari a 100 MW da installare nello specchio d'acqua marino antistante il comune di Ortona (CH).

Proponente dell'iniziativa è la società Fred Olsen Renewables Italy S.r.l. con sede in Viale Castro Pretorio 122- 00185 ROMA.

L'impianto fotovoltaico è costituito da 151200 moduli bifacciali in silicio monocristallino, organizzati su 40 piattaforme galleggianti, ciascuna di dimensioni pari a 200m x 200m.

Il progetto prevede, inoltre, l'installazione di un sistema di accumulo da 20 MW e di una stazione di trasformazione offshore MT/AT entrambi da ubicare in prossimità dell'area di impianto offshore.

L'energia elettrica, prodotta da ogni gruppo di moduli fotovoltaici in corrente continua, viene trasmessa agli inverter che provvedono alla conversione in corrente alternata. Sulla stessa piattaforma sono collocati anche i trasformatori MT/BT a partire dai quali si sviluppano le linee MT a 30 kV per consentire il trasferimento dell'energia alla stazione elettrica di trasformazione offshore 30/150 kV. Da quest'ultima una volta innalzata alla tensione di 150 kV, l'energia viene trasferita al punto di consegna alla rete RTN, mediante un cavidotto a 150 kV parte marino e parte terrestre.

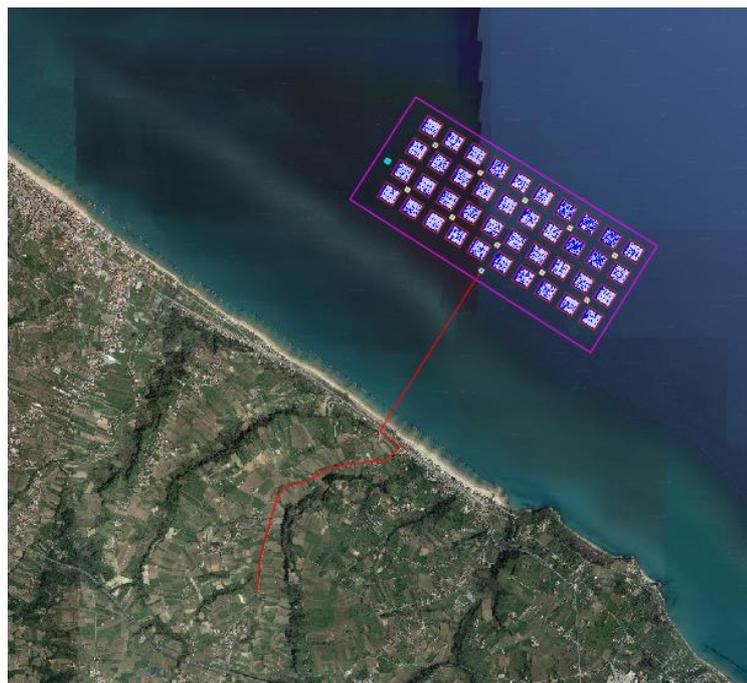
	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 4 di 13
---	---	---	--

## 2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede l'installazione di una centrale fotovoltaica offshore comprensiva di un sistema di accumulo, da realizzare nello specchio di mare antistante la costa di Ortona (CH), ad una distanza che va da circa 2,5 km nel punto più prossimo a 3,5 km nel punto più distante dalla costa.

Più in particolare, l'impianto si compone come segue:

- 151.200 moduli fotovoltaici ognuno di potenza pari a 670 Wp;
- Un sistema di accumulo (BESS) da 20 MW da installare su piattaforma a fondazioni fisse di dimensioni pari a 50 x 50 m;
- 40 piattaforme galleggianti di dimensioni pari a 200 x 200 m atte ad ospitare l'installazione dei moduli;
- 10 piattaforme galleggianti/fisse di dimensioni pari a 40 x 40 m atte ad ospitare l'installazione dei gruppi di conversione e trasformazione BT/MT;
- Una stazione di trasformazione MT/AT offshore 150 kV/30 kV da installare su piattaforma a fondazione fissa;
- Una rete elettrica MT di tensione nominale pari a 30 kV interna all'area di impianto, che collega tra loro i sottocampi. Il cavidotto giungerà, successivamente, alla stazione di trasformazione offshore 30/150 kV;
- Un cavidotto marino AT di tensione nominale pari a 150 kV che consenta il trasporto dell'energia elettrica dalla stazione di trasformazione offshore fino al punto di giunzione;
- Una buca giunti per la transizione da cavo marino a cavo terrestre;
- Un cavidotto terrestre AT di tensione nominale pari a 150 kV che dal punto di giunzione consenta il trasporto dell'energia elettrica fino al punto di inserimento alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN)



**Figura 1 – inquadramento impianto**

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 5 di 13
---	---	---	--

L'impianto sarà connesso alla RTN mediante cavidotto a 150 kV.

Dalla stazione offshore il cavidotto marino si collega alla terraferma tramite un percorso di circa di 3,1 km. Il punto di approdo è previsto in località Ariella nel comune di Ortona (CH).

A partire dal punto di approdo, il cavidotto terrestre interrato, che è previsto venga realizzato lungo la viabilità esistente, giungerà al punto di inserimento alla RTN indicato nella richiesta della soluzione di connessione inviata al Gestore di Rete ovvero la linea RTN 150 kV "Ortona-Miglianico".

Si sottolinea che il punto di approdo così come il percorso del cavidotto, potrebbero variare a seguito dell'emissione della Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) da parte di Terna.

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 6 di 13
---	---	---	--

### 3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente documento è di fornire una descrizione delle principali tipologie costruttive disponibili e in corso di sviluppo nell'ambito dei sistemi flottanti fotovoltaici.

Il sistema di sostegno dei moduli fotovoltaici previsti in progetto consiste in strutture flottanti di dimensioni areali 200 x 200 m, le strutture saranno vincolate al fondale tramite apposito sistema di ormeggio e ancoraggio. La scelta di un sistema è influenzata da numerosi fattori legati alle caratteristiche ambientali del sito di installazione, nonché la prontezza e adeguatezza delle tecnologie.

### 4 SISTEMA FLOTTANTE

I sistemi galleggianti sono utilizzati per garantire il sostegno dei moduli fotovoltaici mantenendo a galla l'apparecchiatura. I galleggianti devono essere concepiti per mantenere la propria integrità strutturale per l'intera vita utile del progetto, garantendo adeguata resistenza ai carichi idrodinamici e del vento previsti.

I materiali impiegati per la realizzazione delle strutture devono essere idonei allo scopo previsto e avere proprietà adeguate a tutte le condizioni di progetto. Tipicamente sono possibili soluzioni differenti, che prevedano l'utilizzo di materiali metallici e/o polimeri sintetici (HDPE).

I sistemi più comuni sono distinti in tre categorie principali così definite:

- 1) Galleggianti puri
- 2) Zattere modulari
- 3) Membrane

#### **Galleggianti puri**

Questa categoria è caratterizzata dal montaggio diretto dei moduli fotovoltaici sui galleggianti. I mezzi per il fissaggio delle apparecchiature di generazione FV (ad esempio, morsetti/fissaggi) sono incorporati nella struttura galleggiante.



**Figura 2 - schematico di galleggiante puro**

### **Zattere modulari**

Questa categoria è caratterizzata da strutture portanti sostenute da galleggianti. I mezzi di fissaggio delle apparecchiature di generazione FV (ad esempio, morsetti/fissaggi) sono fissati ai telai strutturali. Le strutture possono trasportare diversi moduli FV e supportare anche inverter e/o trasformatori.



Figura 3 - schematico di galleggiante a zattera

### **Membrane**

Questa categoria è caratterizzata da una tecnologia di generazione FV collegata a una membrana rinforzata, sostenuta da strutture aggiuntive, come anelli tubolari per fornire supporto alla galleggiabilità.

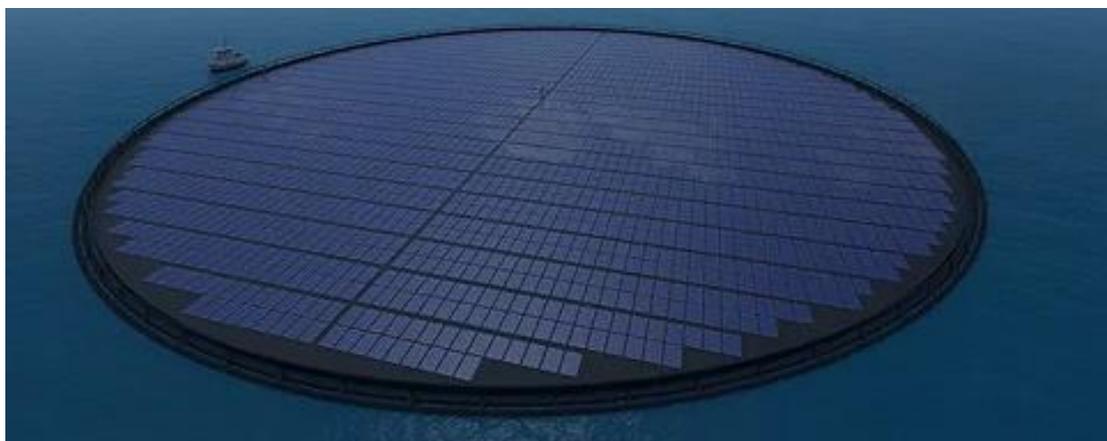


Figura 4 - schematico di galleggiante a membrana

La definizione del sistema di sostegno sarà approfondita in una fase più evoluta del progetto, in considerazione di approfondimenti e valutazioni tecniche e ambientali, nonché sull'avanzamento dello sviluppo tecnologico e la prontezza delle soluzioni flottanti.

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 8 di 13
---	---	---	--

## 5 SISTEMA DI ORMEGGIO

La struttura galleggiante è soggetta a diverse forze esterne agenti sul sistema e, per poter rimanere in posizione, deve essere ormeggiata tramite linee di ormeggio e fondazioni nel fondale marino.

La disposizione del sistema di ormeggio vale a dire la configurazione, la disposizione e il numero/tipo di linee, deve essere progettata con l'intento di mantenere le escursioni orizzontali delle isole entro livelli accettabili.

Per quanto concerne il sistema di ormeggio, le soluzioni applicate sono le seguenti:

- Catenaria;
- Elementi tesi ('taut mooring').

### **Catenaria**

Il sistema di ormeggio a catenaria collega l'ancora e la piattaforma galleggiante con una linea sospesa ed utilizza il peso proprio della catenaria come sistema stabilizzante. Quando il sistema flottante si muove dalla posizione iniziale, la catena viene sollevata man mano che aumenta la distanza tra la piattaforma e l'ancora. Ciò fa sì che il peso aggiuntivo della parte portata in sospensione provochi una forza di ripristino della posizione iniziale.

La rigidità prodotta dalla catenaria è dovuta alla variazione della sua geometria. In posizione di equilibrio, un ampio segmento della catenaria di ormeggio giace sul fondale del mare mentre il resto della catenaria rimane sospesa. Quando la struttura galleggiante si allontana dalla sua posizione di equilibrio a causa delle sollecitazioni ambientali, la lunghezza della linea sospesa della linea di ormeggio aumenta mentre diminuisce la lunghezza del segmento. Questa variazione della geometria origina una forza di ripristino dovuta al peso della catenaria che riporta il sistema in posizione di equilibrio. Questo sistema prevede l'installazione di catene pesanti alla quale possono essere aggiunti pesi nella sezione del punto di contatto del fondo marino. Inoltre, le catene possono essere implementate in combinazione con altri materiali con lo scopo di aumentare il peso nella sezione che giace sul fondale e ridurre il peso della linea sospesa.

### **Elementi tesi**

Il sistema di ormeggio ad elementi tesi, inclinati o verticali, collega invece la piattaforma galleggiante direttamente all'ancora utilizzando linee di ormeggio diritte. L'ancoraggio di un sistema di ormeggio ad elementi tesi deve essere progettato per gestire grandi carichi verticali e orizzontali.

Tali sistemi richiedono un pretensionamento in modo che la tensione nelle linee di ormeggio sia sufficientemente grande da tenerle dritte e contemporaneamente fornire la giusta forza di ripristino.

La stabilità di questo sistema è data dalle grandi forze verticali che si generano nelle linee di ormeggio e che mantengono la piattaforma galleggiante in posizione nonostante le forze di spinta. Con il sistema di ormeggio ad elementi tesi piccoli spostamenti di oscillazione si traducono in grandi sforzi di ripristino e tuttavia questo sistema di ormeggio ha l'impronta più piccola possibile e può essere utilizzato per ridurre l'ingombro del sistema di ormeggio.

L'individuazione del sistema di ancoraggio più idoneo avverrà simulando il comportamento oltre che del sistema con catenaria, attualmente il più diffuso nelle installazioni off-shore, anche di sistemi tecnicamente più

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 9 di 13
---	---	---	--

sofisticati ad ancoraggio teso, ottenuti mediante l'utilizzo di strutture puntuali sul fondale. In tale sistema le linee di ancoraggio non si posano sul fondale, evitando così i movimenti di strisciamento su di esso.

I sistemi di ormeggio possono essere concepiti utilizzando diverse tipologie di materiali, la soluzione più comune è rappresentata dalla catena ma sono possibili alternative rappresentate dai cavi in acciaio (trefoli) ma anche corde di fibra. Nella scelta è importante valutare fattori come la resistenza, la rigidità, la durata, la degradazione, la facilità di installazione e manutenzione e confrontare tali proprietà con i requisiti di costo, progettazione e funzionalità del sistema.

Il dimensionamento dei sistemi di ormeggio ed ancoraggio per la specifica installazione sarà sviluppato nelle fasi successive del progetto, a seguito di misure meteoceaniche volte a valutare la variazione del livello del mare, nonché a seguito di campagne di indagini geofisiche e geotecniche per identificare le caratteristiche batimetriche e del terreno. Al fine di minimizzare gli impatti ambientali potenzialmente generabili dagli ancoraggi sul fondale marino, sarà verificato l'utilizzo di diversi sistemi e, di conseguenza, sarà adottato il sistema che possa garantire le migliori performance ambientali.

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 10 di 13
---	---	---	---

## 6 SISTEMA DI ANCORAGGIO

Nel seguente paragrafo si sintetizzano le tipologie di ancoraggi utilizzabili per i sistemi solari galleggianti, evidenziando vantaggi e svantaggi.

**Tabella 1 - descrizione tipologie di ancoraggi**

Tipologia di ancoraggio	vantaggi	svantaggi
<p>Ancoraggi a gravità</p> <p><i>La capacità di tenuta deriva dal peso dell'ancoraggio. Ad esempio, blocchi di cemento, blocchi di acciaio o ghisa</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• semplice ed economico da fabbricare, installare e smantellare</li> <li>• procedure di progettazione consolidate mantenimento della capacità di tenuta dopo dislocazione (tuttavia questo può cambiare il modello di carico nella configurazione di ormeggio)</li> <li>• richiedono il minor numero di indagini a terra</li> <li>• solitamente accessibili per l'ispezione visiva</li> <li>• può essere utilizzato come punto di ancoraggio condiviso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• progettazione inefficiente rispetto alla capacità di tenuta rispetto al peso dell'ancoraggio</li> <li>• sensibile allo scorrimento</li> <li>• richiedono una conoscenza dettagliata della batimetria nella posizione di ancoraggio</li> </ul>
<p>Ancoraggi incorporati I (a vite/elicoidali, ancoraggi a terra e in roccia)</p> <p><i>La capacità di tenuta dipende dal tipo di ancoraggio, dalle dimensioni, dalle proprietà del terreno o della roccia circostante.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• possono essere sopportati carichi elevati, orizzontali e verticali</li> <li>• può essere utilizzato come punto di ancoraggio condiviso</li> <li>• flessibilità rispetto a varie condizioni di terreno e di carichi</li> <li>• costo iniziale generalmente basso</li> <li>• minori impatti ambientali rispetto altre soluzioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• complessità nella dismissione</li> <li>• richiedono approfondite indagini sul terreno</li> <li>• possono avere tempi di costruzione lunghi (per gli ancoraggi in roccia)</li> <li>• accessibilità limitata per l'ispezione ispezione visiva</li> </ul>
<p>Ancoraggi incorporati II (pali infissi, trivellati, pali aspiranti)</p> <p><i>La capacità di tenuta dipende dal tipo di ancoraggio, dalle dimensioni, dal metodo di installazione e dalle proprietà del terreno o della roccia circostante</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• possono essere sopportati carichi elevati, orizzontali e verticali</li> <li>• può essere utilizzato come punto di ancoraggio condiviso</li> <li>• minori impatti ambientali rispetto altre soluzioni</li> <li>• tecnologia comprovata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costi generalmente più elevati</li> <li>• complessità nella dismissione</li> <li>• richiedono approfondite indagini sul terreno</li> <li>• possono avere tempi di costruzione lunghi (per gli ancoraggi in roccia)</li> <li>• accessibilità limitata per l'ispezione ispezione visiva</li> </ul>
<p>Ancore a strascico</p> <p><i>Capacità di tenuta derivata dalla resistenza di attrito del terreno circostante del terreno circostante in funzione della profondità</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• semplice da installare, soprattutto in caso di argilla morbida</li> <li>• ampia esperienza nel settore</li> <li>• facilità di recupero/smantellamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• per lo più in grado di sopportare carichi orizzontali e, in misura limitata, verticali</li> <li>• non adatto per l'ormeggio condiviso</li> <li>• non applicabile a tutti i tipi di terreno</li> <li>• rischio di danni dovuti al trascinarsi dell'ancora</li> <li>• possibile accessibilità limitata per ispezione visiva</li> </ul>

## 7 FONDAZIONE STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE E SISTEMA DI ACCUMULO

Il progetto in esame prevede la realizzazione di una stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV, nonché di un sistema di accumulo BESS, entrambi da realizzarsi in corrispondenza nello specchio d'acqua in cui è presente l'impianto fotovoltaico.

Le apparecchiature elettromeccaniche saranno allocate su due distinte piattaforme rispettivamente di dimensioni 39 x 39 m per la stazione di trasformazione, e per il BESS, di dimensioni 50 x 50 m.

In considerazione delle caratteristiche batimetriche dell'area di impianto, si prevede l'utilizzo, per queste opere, di fondazioni fisse.

Le strutture fisse si distinguono in strutture con il monopalo, oppure strutture tipo Jacket.

Per quanto concerne le strutture monopalo, si tratta di una tecnologia ampiamente consolidata nei sistemi offshore, consiste in elementi tubolari cavi in acciaio, che vengono infissi nel terreno mediante battitura fino al raggiungimento della profondità di progetto. Il collegamento tra la parte infissa e la sovrastruttura è garantito dalla presenza di un elemento di transizione, che contiene gli elementi di approdo e di accesso alla piattaforma. La struttura tipo Jacket consiste in tre-quattro elementi tubolari collegati, in modo da formare una struttura tralicciata; il collegamento tra la struttura e il fondale è garantito tramite pali di fondazione, generalmente infissi.

Di seguito esempi di possibili configurazioni della stazione offshore:



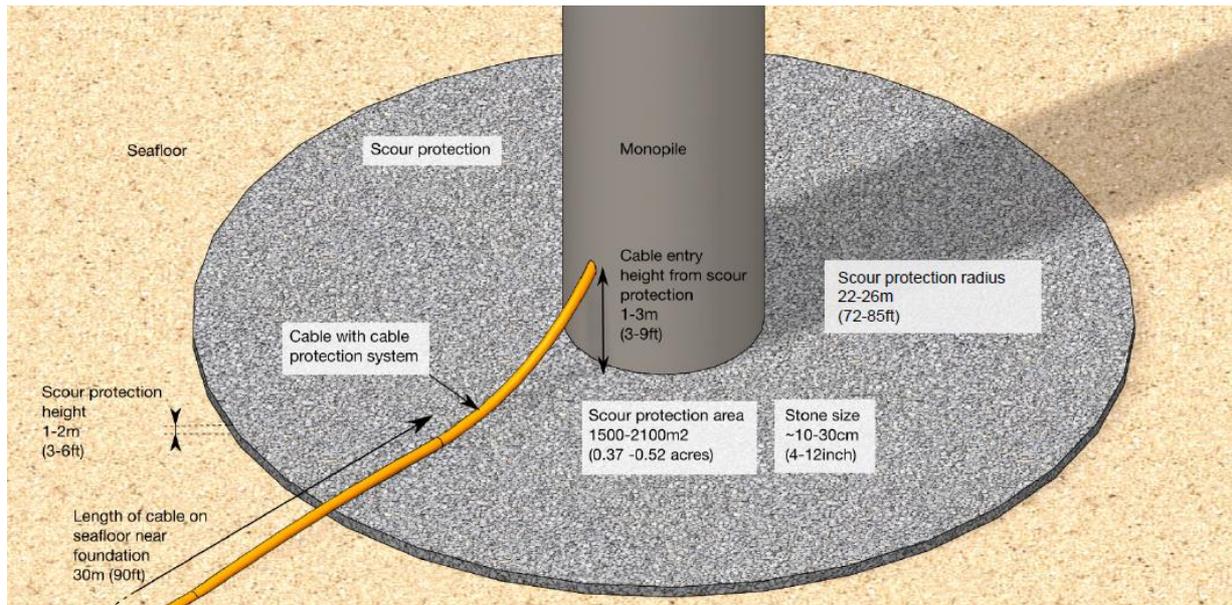
**Figura 5 - esempi di stazione di trasformazione offshore con fondazione fissa**

Nel caso di progetto, in considerazione della profondità media del fondale in corrispondenza delle opere, circa 16 m, si prevede per entrambe le piattaforme, l'utilizzo del sistema di fondazione con pali infissi. In fase più avanzata di progetto, in seguito alla caratterizzazione geofisica e geotecnica dei fondali, verrà studiata la profondità di infissione.

	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 12 di 13
---	---	---	---

Nell'intorno del palo, in corrispondenza del fondale marino, viene posto in opera un sistema di protezione dai fenomeni erosione. L'installazione del palo nel fondale marino crea vortici, le azioni idrodinamiche possono provocare l'erosione del fondale marino, determinare la perdita di verticalità del palo e quindi inficiare la funzionalità dell'opera stessa, per evitare che ciò accada, vengono installate delle protezioni contro l'erosione del fondale marino intorno al monopalo.

La protezione consiste nel posizionamento di materiale lapideo o roccioso intorno alla fondazione di dimensione circa 10-30 centimetri, che generalmente si estende per un diametro di circa 25 m.



**Figura 6 - Protezione dai fenomeni di erosione "Scour protection"**

 <b>TENPROJECT</b>	<b>RELAZIONE PRELIMINARE DEL TIPO DI FONDAZIONI E DEGLI ANCORAGGI</b>	Codice Data creazione Data ultima modif. Revisione Pagina	PP.OP.FOR01.5.8.R00 04/11/2022 23/11/2022 00 13 di 13
---	---	---	---

## BIBLIOGRAFIA

DNV GL AS, «Design, development and operation of floating solar photovoltaic systems» Marzo 2021

Vineyard Wind LLC, Epsilon Associates, Inc., «Draft Construction and Operations Plan» Settembre 2020