



Ichnusa wind power srl

PROGETTO PRELIMINARE

PARCO EOLICO FLOTTANTE
NEL MARE DI SARDEGNA
SUD OCCIDENTALE



Progettazione:
ing. Luigi Severini

iLStudio
Engineering & Consulting Studio

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Domanda di Autorizzazione Unica ex art. 12 DLgs 387/ 2003

Ministero dell'Ambiente

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex DLgs 152/2006

RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO

R13

F0219S.R013.RELORM.00.a
30 marzo 2020

| | | | | |
|-----|---------|-------------------------|----------|------------|
| | | | | |
| 00 | 03/2020 | EMESSO PER APPROVAZIONE | | L.SEVERINI |
| REV | DATA | DESCRIZIONE | DESIGNER | PLANNER |

Codice:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| F | 0 | 2 | 1 | 9 | S | R | 0 | 1 | 3 | R | E | L | O | R | M | 0 | 0 | a |
| NUM.COMM. | | ANNO | | CODSET | NUM.ELAB. | | | DESCRIZIONE ELABORATO | | | | | REV. | | R.I. | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | <small>PROGETTO PRELIMINARE</small> RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 3 Di 17 | |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | ORMEGGIO | 7 |
| | 2.1 Catenaria (Catenary Mooring)..... | 7 |
| | 2.2 Elementi tesi (Taut Mooring)..... | 8 |
| 3 | ANCORAGGIO | 10 |
| | 3.1 Ancora a trascinamento (Drag Anchor)..... | 11 |
| | 3.2 Ancora a gravità (Deadweight)..... | 11 |
| | 3.3 Ancora con cassoni ad aspirazione (Suction Buckets)..... | 13 |
| | 3.4 Ancora con pali a vite (Helical Pile) | 15 |

| | | | |
|--|---|--|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 4 Di 17 | |

1 PREMESSA

Nel progetto di costruzione del parco eolico offshore, a circa 35 km dalla costa Sud-Ovest della Sardegna, la posizione in mare delle turbine sarà mantenuta grazie a sistemi di ancoraggio il cui dimensionamento strutturale di dettaglio sarà definito in funzione della consistenza dei fondali, determinata mediante apposite operazioni di sondaggio geotecnico e geofisico che saranno eseguite in sito.

In questa fase di progettazione preliminare viene invece definita la tecnica di ormeggio e ancoraggio assumendo come obiettivi principali la garanzia della sicurezza marittima e la minimizzazione dell'impatto ambientale sui fondali da parte di tali sistemi.

Le tecniche attuali generalmente utilizzate fanno ricorso essenzialmente a due tipologie di sistemi di ormeggio sui fondali:

- catenaria distesa sul fondale e munita di ancora terminale (Fig.1 a)
- tiro teso inclinato o verticale (Taut Mooring) con fissaggio puntuale sul fondale marino (Figg. b) e c)

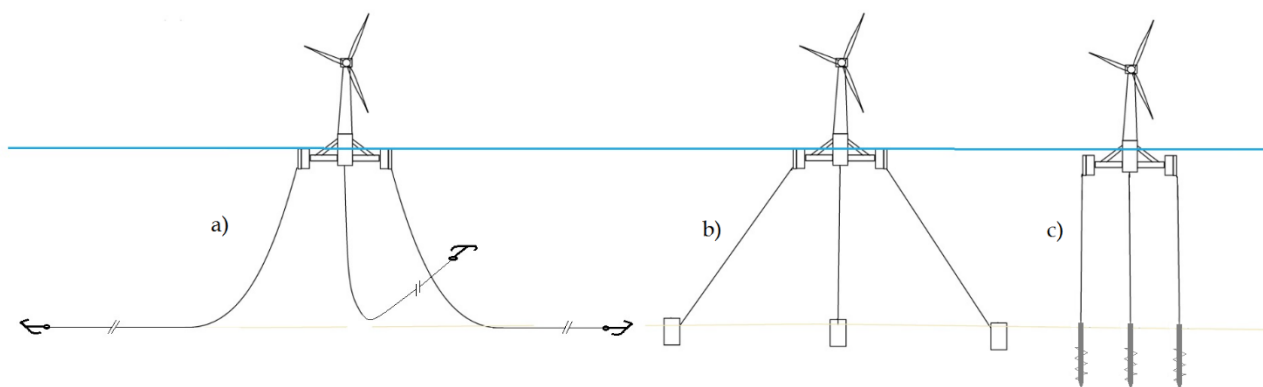


Figura 1.1 – Sistemi di ormeggio e ancoraggio al fondale

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 la turbina 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.

Il **sistema di ormeggio ad elementi tesi**, inclinati o verticali, collega invece la piattaforma galleggiante direttamente all'ancora utilizzando linee di ormeggio diritte. La stabilità di questo sistema è data dalle grandi forze di tensione nelle linee di ormeggio.

Al fine di minimizzare gli impatti ambientali potenzialmente generabili dagli ancoraggi degli aerogeneratori sul fondale marino, sarà verificato l'utilizzo di diversi sistemi e, di conseguenza, sarà adottato il sistema che possa garantire le migliori performance ambientali. L'individuazione del sistema di ancoraggio più idoneo avverrà simulando il

| | | | |
|--|--|---|--------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE | Data Marzo 2020 | |
| RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | | Pagina 5 | Di 17 |

comportamento oltre che del sistema con catenaria, attualmente il più diffuso nelle installazioni off-shore, anche di sistemi tecnicamente più sofisticati ad ancoraggio teso, ottenuti mediante l'utilizzo di strutture puntuali sul fondale (Corpi morti, Pali infissi, Pali aspirati, Pali a vite), descritti nei paragrafi seguenti. In tale sistema le linee di ancoraggio non si posano sul fondale, evitando così i movimenti di strisciamento su di esso.

In alternativa alla catenaria il sistema terminale di ormeggio potrà essere costituito da un grave posato sul fondale (Gravity Anchors), da cassoni ad aspirazione o suzione (Suction Buckets) oppure da pali avvitati (Screw Piles) o infissi sul fondale.

In funzione delle caratteristiche sito-specifiche dei fondali, in fase di progettazione definitiva e a seguito di accurate indagini sarà individuata la soluzione ottimale e calcolato il dimensionamento strutturale necessario per garantire la sicurezza della navigazione da potenziali rischi di disancoraggio.

Nell'immagine seguente viene illustrato l'assetto che la fondazione galleggiante assumerebbe in caso di sistema di ormeggio teso.

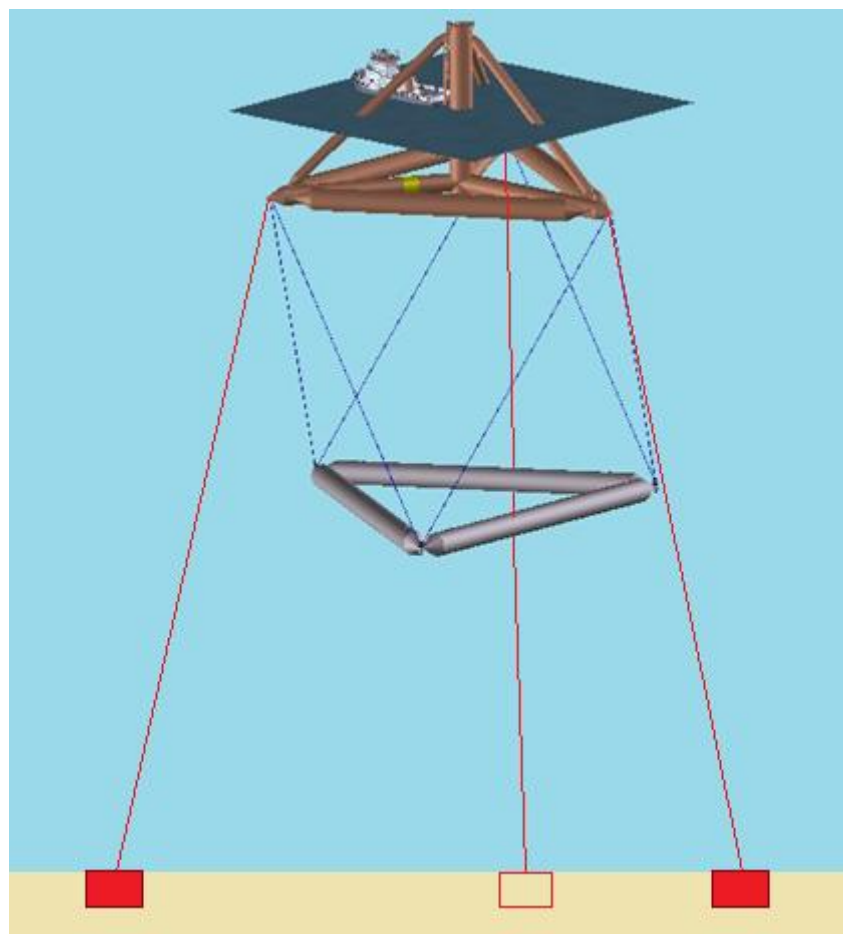


Figura 1.2 – Schema di ancoraggio ad elementi tesi

| | | | |
|--|--|--|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | <small>PROGETTO PRELIMINARE</small> RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 6 Di 17 | |

L'insieme struttura galleggiante e turbina eolica è equilibrato dalla spinta idrostatica. A questo stato di equilibrio bisogna aggiungere le azioni ambientali derivanti principalmente dall'azione delle maree, ovvero la variazione dell'assetto di galleggiamento, nonché l'azione del vento, delle onde e delle correnti del mare.

Tali sollecitazioni sono generalmente calcolate moltiplicando la pressione esercitata da ciascuna componente ambientale sulla superficie investita utilizzando la nota formula:

$$q = 1/2 * \rho * v^2$$

dove:

- q è la pressione unitaria,
- ρ la densità del fluido,
- v è la velocità massima del fluido considerato.

Tali azioni si trasformano in sollecitazioni agenti sulle linee di ormeggio e sugli ancoraggi di fondazione che saranno opportunamente verificati con specifici software sia per quanto riguarda la verifica geotecnica della risposta dei terreni e del sistema ancora-terreno sia per quanto riguarda il calcolo e la verifica delle linee di ormeggio delle piattaforme eoliche galleggianti.

| | | | |
|--|--|---|------------------------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | <small>PROGETTO PRELIMINARE</small> RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 | Pagina 7 Di 17 |

2 ORMEGGIO

2.1 Catenaria (Catenary Mooring)

Il sistema di ormeggio con configurazione a catenaria presenta collegamenti (catene e cavi) alla struttura galleggiante, sospesi liberamente nell'acqua. Il tratto che giace sul fondale marino generalmente termina con un'ancora soggetta a forze orizzontali.

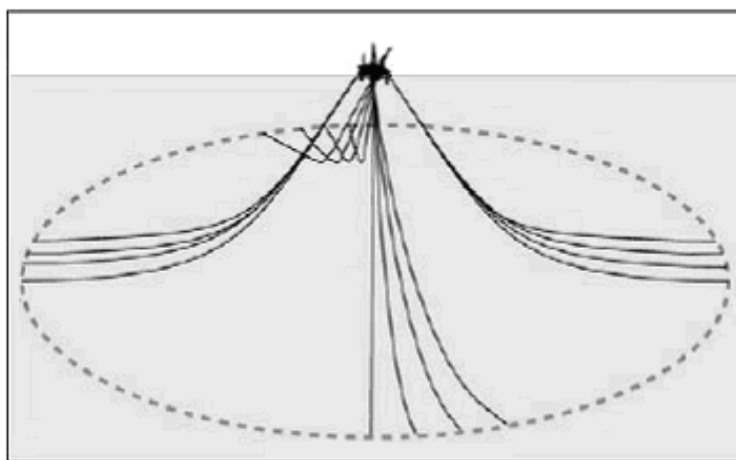


Figura 2.1 – Schema di ormeggio con catenaria

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 appoggiato sul fondale.

Questa variazione della geometria origina una forza di ripristino dovuta al peso della catenaria sollevata 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.

2.1.1 Predimensionamento della catenaria

L'ormeggio con catenaria assume nell'acqua la forma tipica della catenaria. La curva della catenaria ha quindi una configurazione geometrica uguale al grafico di un coseno iperbolico.

| | | | |
|--|---|---|------------------------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 | Pagina 8 Di 17 |

La figura seguente rappresenta una linea di ancoraggio a catenaria dove X è la distanza tra ancoraggio e aggancio alla piattaforma, x è la distanza tra punto di fonda della catena e aggancio alla piattaforma, l_s è la lunghezza della linea sospesa.

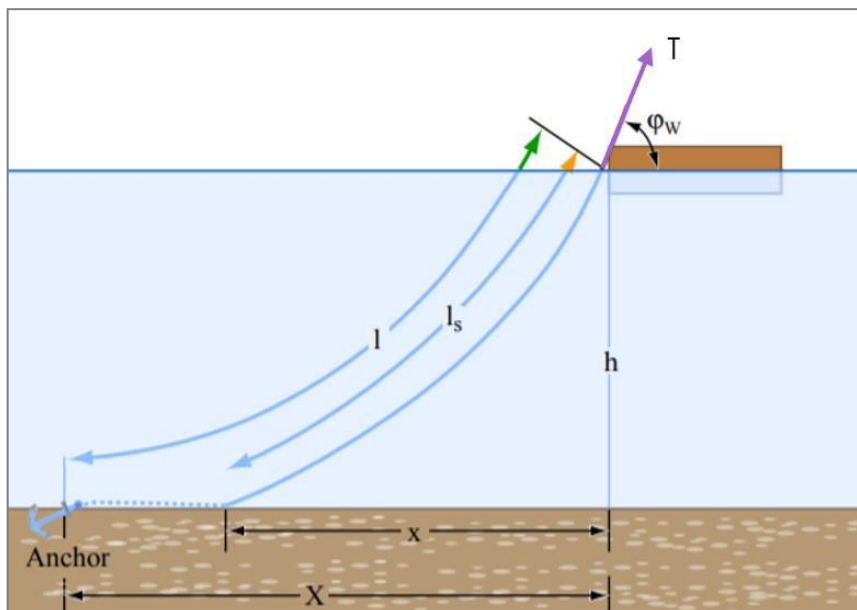


Figura 2.2 – Rappresentazione grafica della catenaria

Trascurando le forze idrodinamiche e assumendo un cavo anelastico, le equazioni di forma della catenaria possono essere scritte come

$$l_s = h \cdot \sqrt{\left(\frac{2T_H}{Wh} + 1\right)}$$

dove la profondità dell'acqua è h [m], il peso del cavo di ormeggio è W [t/m], il carico orizzontale applicato alla linea di ormeggio è T_H [t] e la lunghezza della linea di ormeggio sospesa è l_s [m].

Con tale formula può essere calcolata la lunghezza della linea di ormeggio sospesa l_s [m] in funzione della profondità del fondale, del peso della linea di ormeggio e note le forze applicate alla linea di ormeggio derivanti dalle sollecitazioni ambientali sulla turbina.

2.2 Elementi tesi (Taut Mooring)

L'ormeggio ad elementi tesi collega la piattaforma galleggiante all'ancora utilizzando linee di ormeggio diritte. I sistemi con ormeggio teso forniscono le forze di ripristino attraverso il modulo elastico del materiale della linea di ormeggio. L'ancoraggio di un sistema di ormeggio ad elementi tesi deve essere progettato per gestire grandi carichi verticali e orizzontali.

| | | | |
|--|--|--|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | <small>PROGETTO PRELIMINARE</small> RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 9 Di 17 | |

Tali sistemi di ormeggio richiedono un pretensionamento in modo che la tensione nelle linee 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.

2.2.1 Predimensionamento degli ormeggi ad elementi tesi

Le proprietà meccaniche del materiale sono ciò che differenzia questi tipi di collegamenti e le principali di queste proprietà sono: la resistenza a trazione, la rigidità assiale e il peso [DNV - Position Mooring - Offshore Standard DNV-OS-E301].

Il dimensionamento di tali ormeggi avviene secondo le comuni formule della scienza delle costruzioni e deriva principalmente dalle forze di pretensione e di trazione che sono ad essi applicati a causa delle sollecitazioni. Sono particolarmente adatti a questa soluzione gli ormeggi realizzati con cavi costituiti da materiali che hanno una implicita capacità di assorbire elasticamente gli sforzi di deformazione.

| | | | |
|--|---|---|-------------------------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 | Pagina 10 Di 17 |

3 ANCORAGGIO

La profondità del fondale e le caratteristiche geotecniche del terreno sono parametri chiave nella progettazione dei sistemi di ancoraggio.

Diversi tipi di ancore sono validi nel settore offshore e l'individuazione del sistema di ancoraggio più idoneo per lo specifico progetto avverrà simulando il comportamento oltre che del sistema con catenaria, attualmente il più diffuso nelle installazioni off-shore, anche di sistemi tecnicamente più sofisticati ad ormeggio teso con l'utilizzo di strutture puntuali collegate al fondale (Ancore a trascinamento, Corpi morti, Pali infissi, Pali aspirati, Pali a vite), descritti nei paragrafi seguenti.

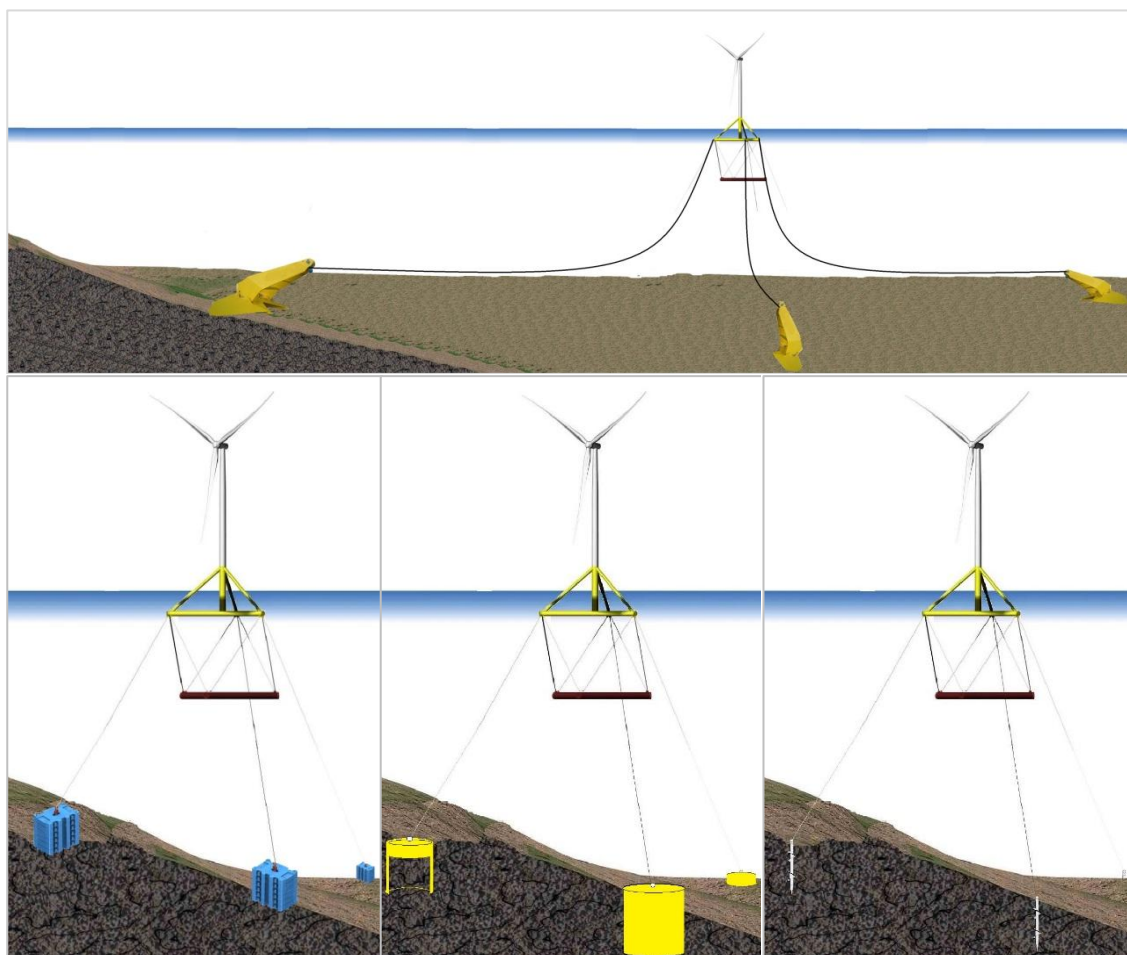


Figura 3.1 – Sistemi di ancoraggio

La classificazione del suolo è utile per la selezione dell'ancora e per il progetto sono richiesti test in situ.

| | | | |
|--|---|---|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 11 Di 17 | |

3.1 Ancora a trascinamento (Drag Anchor)

Le ancore a trascinamento vengono normalmente impiegate nei sistemi di ormeggio con catenarie. L'ancora a trascinamento è un tipo di sistema generalmente costituito da una sezione di testa (ad uncino) che agisce contro il terreno nel quale penetra ed un fusto che porta la resistenza al tiro derivante dall'interazione sezione di testa-terreno lungo la linea di ormeggio e garantendo l'adeguato funzionamento della sezione di testa.

Molte tipologie di queste ancore possiedono un sistema stabilizzante che previene la rotazione e lo sfilamento delle stesse all'esterno del terreno.



Figura 3.2 – Illustrazione di ancora a trascinamento

3.2 Ancora a gravità (Deadweight)

L'ancora a gravità è la soluzione più semplice e consiste in un oggetto pesante posto sul fondale marino per resistere a carichi verticali e/o orizzontali. La capacità di tenuta deriva principalmente dal peso dell'ancora e in parte dall'attrito tra l'ancora e il suolo. Sono fabbricate in cemento o ghisa e sono comunemente usate in quanto efficaci per diverse tipologie di fondale marino.

La loro geometria può essere più o meno complessa con lo scopo di aumentare il coefficiente di attrito tra ancoraggio e terreno, migliorando così il rapporto capacità di tenuta/peso.

3.2.1 Ancora a gravità semplice

L'ancora a semplice gravità può essere realizzata in calcestruzzo o in ghisa. Questa seconda opzione viene generalmente preferita per il ridotto volume impiegato. La ghisa, avendo una densità maggiore del calcestruzzo permette una riduzione di ca. 4 volte del volume.

| | | | |
|--|---|---|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 12 Di 17 | |

Il comportamento della ghisa in ambiente marino è comparabile al comportamento dei materiali impiegati per la realizzazione delle restanti strutture della turbina galleggiante e può considerarsi innocua per l'ambiente marino. Si registra una bassa quantità di materiale disperso poiché la corrosione sulla superficie bagnata è pari a circa 0.25 mm per anno. Per quanto concerne la messa in opera questa risulta estremamente semplice poiché può essere realizzata con i mezzi navali impiegati per l'installazione delle turbine e poiché tale sistema di ancoraggio può essere reso modulare con piastre che possono essere impilate tra di loro tramite un supporto-guida.



Figura 3.3 – Illustrazione di ancora a gravità con piastre modulari di ghisa impilate

3.2.2 Ancora a gravità con infissione dinamica

La geometria di queste ancore permette loro una parziale infissione nel terreno del fondale sfruttando l'energia cinetica sviluppata dal rilascio controllato da una quota di altezza dal fondale stesso. Rilasciando il grave questo raggiunge la velocità limite e impatta al suolo con una penetrazione dovuta alla velocità di caduta libera causata dalla gravità. Tali ancore sono realizzate di solito in ghisa con pinne stabilizzatrici in caduta, punta conica e attacco a catena omni-direzionale in coda. Le dimensioni delle pinne sono inoltre funzionali alla capacità di tenuta necessaria poiché aumentano la capacità laterale. La capacità verticale quindi è una combinazione di peso e attrito laterale con il terreno, per cui grandi alette danno un contributo positivo. La tecnica di installazione è molto semplice e consiste in un lancio verticale dalla nave fino al fondale marino. Se per qualsiasi motivo l'installazione non è accettabile l'ancora può essere recuperata e reinstallata. Tipicamente la penetrazione è di ca. 9-15 metri al di sotto del fondale.

| | | | |
|--|---|---|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 13 Di 17 | |

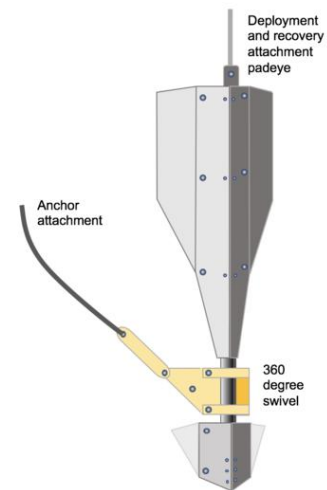


Figura 3.4 – Illustrazione di ancora a gravità con infissione dinamica

3.2.3 Predimensionamento di un'ancora a gravità

Il predimensionamento di un'ancora a gravità serve a definire il volume ed eventualmente una geometria di massima con cui realizzare il grave. Il calcolo viene effettuato utilizzando il valore del tiro a cui deve resistere l'ancora e considerando solo il peso statico necessario a resistere a tale sollecitazione escludendo dalla trattazione la possibilità di una infissione nel terreno e del contributo attivo dell'attrito.

La sollecitazione a cui è sottoposta la fondazione può essere facilmente determinata applicando il principio di Archimede alla struttura galleggiante che supporta la turbina eolica. A questa sollecitazione verticale bisogna aggiungere le azioni ambientali dirette orizzontalmente ovvero l'azione del vento, l'azione delle maree e l'azione delle onde e delle correnti del mare.

3.3 Ancora con cassoni ad aspirazione (Suction Buckets)

I cassoni ad aspirazione (Suction Buckets) vengono infissi nel fondale del mare fino a raggiungere la profondità desiderata aspirando l'acqua e creando depressione all'interno del cassone che in tal modo affonda. Le caratteristiche meccaniche del suolo sono il vincolo principale per questa soluzione che può essere utilizzata in argilla morbida o media, in sabbie addensate, ma non in argille dure e fratturate o rocce compatte.

| | | | |
|--|--|---|------------------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE | | Data Marzo 2020 |
| RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | | Pagina 14 | Di 17 |

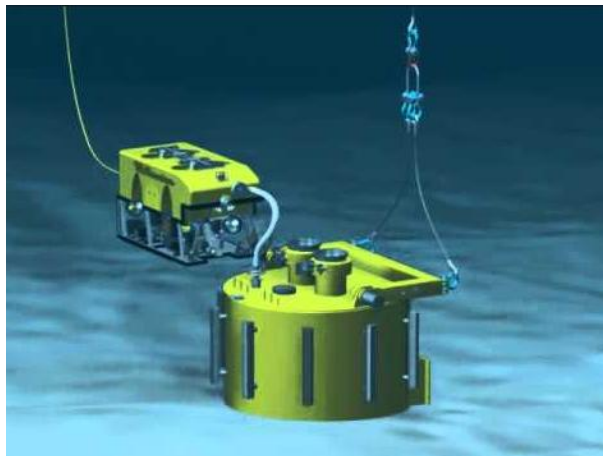


Figura 3.5 – Illustrazione di ancora tipo Suction Bucket

3.3.1 Predimensionamento del Suction Bucket

Il predimensionamento del Suction Bucket serve a definire il diametro del palo e la profondità di infissione che dovrà essere raggiunta. Il calcolo viene effettuato utilizzando le formule della resistenza laterale di un palo infisso.

Il modello del terreno è particolarmente importante per le strutture ancorate con cassoni ad aspirazione a causa della loro sensibilità alle condizioni del terreno localizzate, durante l'installazione. Le indagini da eseguire devono essere specificate sulla base delle condizioni del suolo e la modellazione deve tenere conto delle possibili differenze tra le proprietà misurate nei test di laboratorio e quelle proprietà del suolo che regolano il suo comportamento in situ per lo stato limite in questione.

3.3.2 Progetto di installazione del Suction Bucket

Il progetto dell'installazione di un Suction Bucket è importante, al pari della progettazione per assicurare la stabilità in servizio. Alcuni aspetti del progetto di installazione possono essere supportati dai calcoli progettuali mentre altri aspetti possono essere trattati solo qualitativamente.

L'intera installazione dovrebbe essere trattata o considerata come un processo gestionale nel quale la performance calcolata è confrontata, durante la messa in opera, con la performance effettiva registrata in continuo. I rischi devono essere anticipati nella fase di progettazione e la procedura di installazione deve essere capace di mitigarli opportunamente. La procedura di installazione dei Suction Buckets si compone come segue:

- 1) Sollevamento con gru e carico su nave;
- 2) Immersione nel punto definito;
- 3) Discesa lungo la colonna d'acqua;
- 4) Posa sul fondale;

| | | | |
|--|---|---|-------------------------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 | Pagina 15 Di 17 |

- 5) Penetrazione per peso proprio;
- 6) Penetrazione mediante suzione alla profondità definita.

3.4 Ancora con pali a vite (Helical Pile)

I pali a vite si differenziano dai pali tradizionali in quanto sono costituiti da eliche fissate al fusto aventi spaziatura specifica e con una base appuntita per consentire una migliore penetrazione nel terreno (Arup Geotechnics, 2005). Esistono varie dimensioni di pali a vite specifiche per determinate condizioni di terreno. La figura seguente mostra alcuni dettagli di un palo a vite.



Figura 3.6 – Puntale del sistema di ancoraggio a vite

I vantaggi comuni dei pali a vite sono:

- facilità e rapidità di installazione;
- sono rimovibili e riutilizzabili;
- offrono alta resistenza a trazione e a compressione;
- ridotta produzione di e vibrazioni minime durante l'installazione.

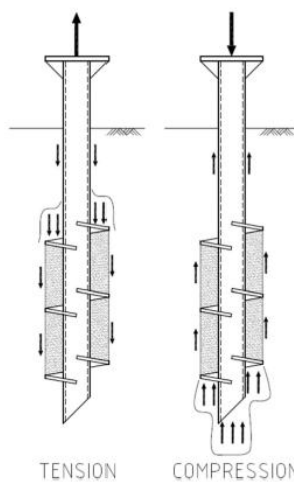


Figura 3.7 – Carichi assiali tipici

| | | | |
|--|---|---|--|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Data Marzo 2020 Pagina 16 Di 17 | |

Gli unici terreni non indicati per i pali a vite sono i terreni rocciosi.

Negli ultimi tempi sono stati compiuti notevoli progressi per quanto riguarda il miglioramento delle capacità assiali e dei processi di installazione dei pali a vite. Poiché i pali elicoidali sono diventati più diffusi nel settore delle costruzioni, sono state sviluppate delle linee guida.

3.4.1 Predimensionamento dei pali a vite

Un'adeguata conoscenza degli elementi essenziali del processo di progettazione consente di comprendere cosa influenza il progetto dei pali a vite. Gli elementi che influenzano il progetto includono: il processo di installazione, il trasferimento del carico dei pali a vite caricati assialmente, l'uso dello Standard Penetration Test (SPT) e del Cone Penetrometer Test (CPT) e diversi metodi di progettazione.

Il meccanismo di trasferimento del carico dei pali a vite prevede che questo venga trasmesso al suolo circostante e la capacità massima del palo dipende dalle caratteristiche di resistenza del suolo. Questo chiarisce l'importanza di determinare le proprietà del suolo, come il peso specifico effettivo (γ'), l'angolo di attrito interno (ϕ) e il fattore di adesione (a), che influenzano tutti la resistenza del suolo. I risultati delle prove SPT e CPT sono associati alla capacità portante e alle proprietà geo-meccaniche dei suoli. Queste prove sono fondamentali nello svolgimento di un'indagine geotecnica relativa alla stratigrafia del suolo al fine di utilizzare i risultati per la progettazione del palo a vite.

3.4.2 Processo di installazione

La procedura standard comporta l'avanzamento della vite nel terreno mediante l'utilizzo di un motore che permette alle eliche di penetrare nel terreno mediante rotazioni attraverso l'applicazione di un momento di rotazione sulla testa del fusto. Quando il passo di ciascuna elica è costante, l'installazione è facilitata poiché ogni elica successiva segue lo stesso percorso di quella precedente.

L'installazione del palo a vite comporta non solo l'applicazione della coppia, ma anche l'applicazione della pressione verso il basso che facilita ulteriormente l'installazione.

| | | | |
|--|---|---|--------------|
|  Ichnusa wind power srl | PARCO EOLICO FLOTTANTE NEL MARE DI SARDEGNA SUD OCCIDENTALE | Documento F0219S.R013.RELORM.00.a | |
| iLStudio. Engineering & Consulting Studio | PROGETTO PRELIMINARE | Data Marzo 2020 | |
| | RELAZIONE SUL DIMENSIONAMENTO DELLE STRUTTURE DI ANCORAGGIO E ORMEGGIO | Pagina 17 | Di 17 |

Il presente documento, composto da n. 17 pagine è protetto dalle leggi nazionali e comunitarie in tema di proprietà intellettuali delle opere professionali e non può essere riprodotto o copiato senza specifica autorizzazione.

Taranto, Marzo 2020

Dott. Ing. Luigi Severini