

<b>Gruppo T.M.E.</b> Termomeccanica Ecologia	Preventivo 97758	Emesso da PMRE	Documento 97758TMCR001	Rev. 00
			Pag. 1 di 19	



## REGIONE SICILIANA

# PARCO EOLICO OFFSHORE GOLFO DI GELA



## RELAZIONE VARO E POSA CAVI OFF-SHORE

			<i>E. Corbani</i>	<i>M. Venturini</i>	<i>A. Sammartano</i>
00	06/11/2006	Prima emissione	E. Corbani	M. Venturini	A. Sammartano
<b>REV</b>	<b>Data</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
<b>Autorizzazione Emissione</b>					

<b>Gruppo T.M.E.</b> Termomeccanica Ecologia 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMCR001	00
			Pag. 2 di 19	

## INDICE

1. OGGETTO.....	3
2. INDICAZIONI GENERALI .....	3
3. LISTA DELLE ATTREZZATURE .....	3
3.1. Nave posa cavo .....	3
3.2. Mezzi ausiliari .....	5
3.3. Attrezzatura di varo e posa.....	6
3.3.1. Bobinatrici motorizzate.....	6
3.3.2. Tanks ruotanti .....	8
3.3.3. Tensionatore.....	8
3.3.4. Incavatrice .....	10
3.4. Attrezzatura subacquea.....	12
3.5. Attrezzatura topografica .....	13
4. POSA DEI CAVI.....	14
4.1. Operazioni preliminari.....	14
4.2. Collegamento tra due aerogeneratori .....	15
4.3. Collegamento tra aerogeneratore e terraferma.....	17
5. ATTIVITÀ FINALI.....	19

<b>Gruppo TM.E.</b> <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMCR001	00
			Pag. 3 di 19	

## 1. OGGETTO

La presente specifica ha lo scopo di illustrare le procedure generali legate alla posa dei cavi off-shore di collegamento elettrico tra gli aerogeneratori e la terraferma del Parco Eolico.

## 2. INDICAZIONI GENERALI

Le procedure proposte per il varo e la posa dei cavi off-shore sono state elaborate tenendo in considerazione le indagini batimetrica, morfologica e sedimentologica già effettuate sul sito.

Tali indicazioni saranno oggetto di revisione e/o integrazione qualora il survey di dettaglio evidenzi particolari condizioni del terreno. Inoltre non sono presi in considerazione incroci e/o attraversamenti lungo il tracciato perché non ritenuti al momento necessari.

## 3. LISTA DELLE ATTREZZATURE

Per l'installazione dei cavi è previsto l'impiego delle seguenti principali attrezzature:

- Nave posa cavo
- Mezzi ausiliari
- Attrezzatura di varo e posa
- Attrezzatura subacquea
- Attrezzatura topografica

### 3.1. Nave posa cavo

In funzione delle pezzature di cavo per i collegamenti verso terra e dei collegamenti tra i generatori, è previsto l'utilizzo di una nave posa cavo attrezzata o di un adeguato pontone attrezzato con verricelli di ormeggio e relative ancore, lo spostamento ed il mantenimento in rotta è garantito da un idoneo rimorchiatore d'assistenza.

La nave posacavi viene scelta principalmente sulla base delle caratteristiche del luogo di installazione (batimetriche, geofisica sub-superficiale, etc.) e delle dimensioni (lunghezza e sezione) dei cavi.

I principali componenti della nave sono:

- Bobinatrice

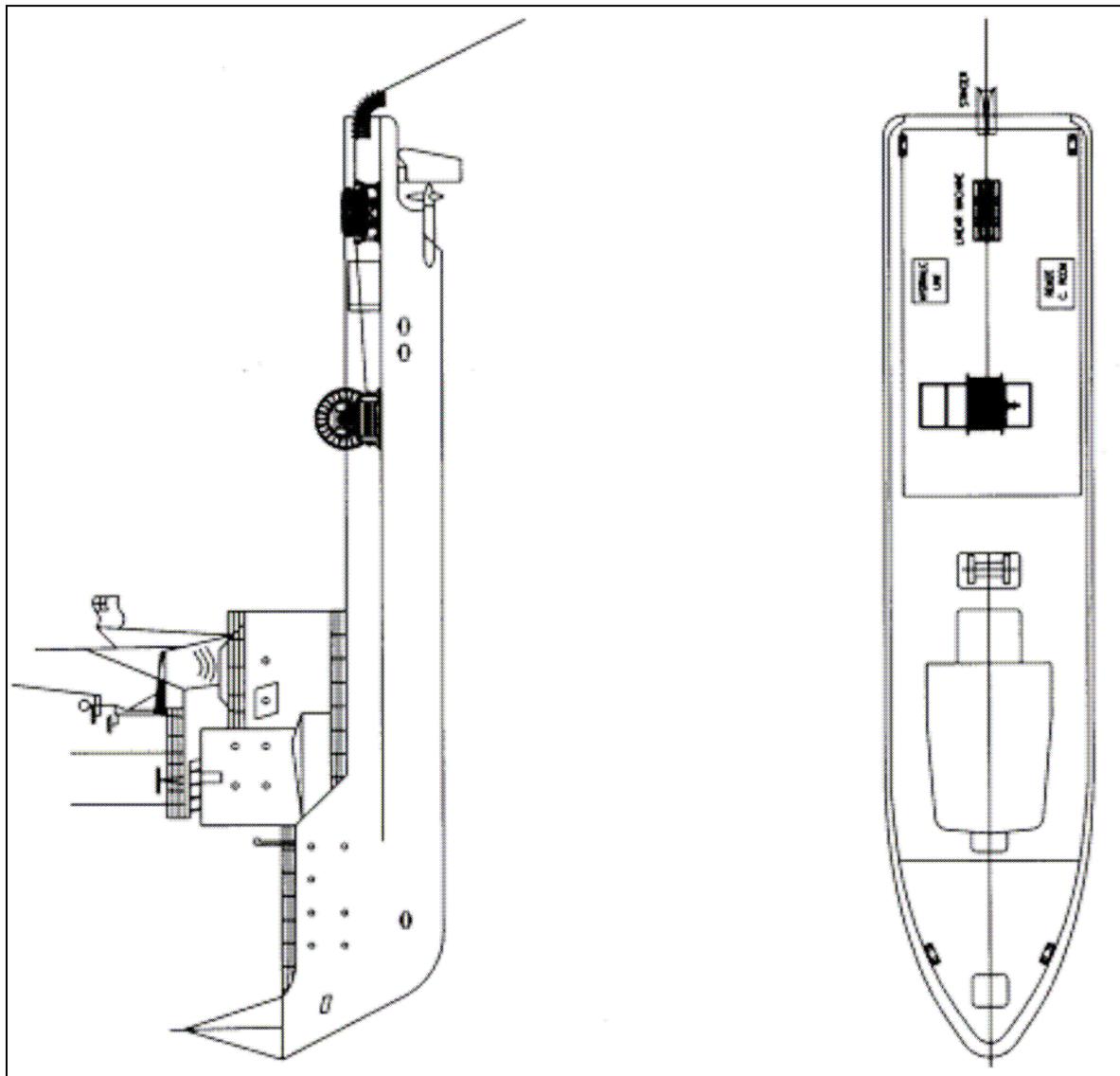
<b>Gruppo T.M.E.</b> <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMCR001	00
			Pag. 4 di 19	

- Container
- Scivolo di varo
- Centraline idrauliche
- Linear Machine
- Remote Control Room (Stazione di controllo)

La nave posacavi può essere autopropulsa oppure trainata con rimorchiatore, preferibilmente dotata di sistema di posizionamento dinamico compatibile con GPS, oppure dotata di Joystick, con bow thruster o sistema di doppie eliche con facilità di manovra.

Il mezzo ha dimensioni idonee a garantire la massima sicurezza e manovrabilità; in particolare:

- Basso pescaggio, per consentire di avvicinarsi il più possibile alla battigia
- Sistema d'ormeggio atto a garantire il posizionamento in sicurezza
- Adeguato spazio in coperta, per consentire l'installazione delle attrezzature di varo



### 3.2. Mezzi ausiliari

Per le operazioni ausiliarie e lavori di completamento possono essere previsti i seguenti mezzi:

- Diving vessel con posizionamento dinamico o con sistema d'ormeggio per l'assistenza subacquea (soprattutto in acque profonde)
- Motobarca e/o gommone con fuoribordo a disposizione per le operazioni da eseguire

<b>Gruppo T.M.E.</b> Termomeccanica Ecologia 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMCR001	00
			Pag. 6 di 19	

### 3.3. Attrezzatura di varo e posa

A titolo indicativo sono al seguito elencate le principali attrezzature normalmente utilizzate nel varo dei cavi:

- Bobinatrice
- Automatismi di varo
- Linear machine (tensionatore)
- Centralina idraulica
- Sistema controllo (con Video-TV)
- Rigidimetro
- Teleflex
- Ohmetro + Reflectometro (OTDR)
- Stinger
- Rulliere
- Galleggianti
- Tirforts idraulici con centralina
- Marker buoys
- Calze e teste di tiro
- Presse idrauliche manuali e trancia idraulica per taglio cavo
- Kit per esecuzione giunti e per terminazioni

Le principali attrezzature di varo possono essere composte sia da bobinatrici motorizzate sia da cable tanks ruotanti modulari.

#### 3.3.1. Bobinatrici motorizzate

Sono normalmente disponibili in tre categorie:

- Standard: per bobine >10 ton
- Medio: per bobine >120 ton
- Maxi: per bobine >300 ton



Per bobinatrici motorizzate del tipo “standard” e “medio”, le bobine usate per il trasporto sono utilizzate anche per il varo. Per quelle del tipo “maxi” il cavo è trasportato in varie pezzature del peso massimo di circa 100 ton cadauna al porto commerciale. Qui sono eseguiti i “giunti a diametro di cantiere” (Field Factory Joints) in modo da allestire il cavo, nella lunghezza finale; la pezzatura unica, così ottenuta, viene avvolta sulla “maxi bobinatrice” pronta per essere varata.



**Bobinatrice**

Sulla base delle necessità di varo, la motorizzazione può essere realizzata con centraline oleodinamiche e relative pompe, generatori elettrici o motori idraulici.



### 3.3.2. Tanks ruotanti

Sono normalmente disponibili in tre categorie:

- Piccola: capacità max > 400 ton
- Media: capacità max > 800 ton
- Maxi: capacità max > 1500 ton

Sulla base delle necessità di varo, la motorizzazione può essere realizzata con centraline oleodinamiche e relative pompe, generatori elettrici o motori idraulici con abbinamenti in serie in funzione delle prestazioni richieste.



Nave posa cavo

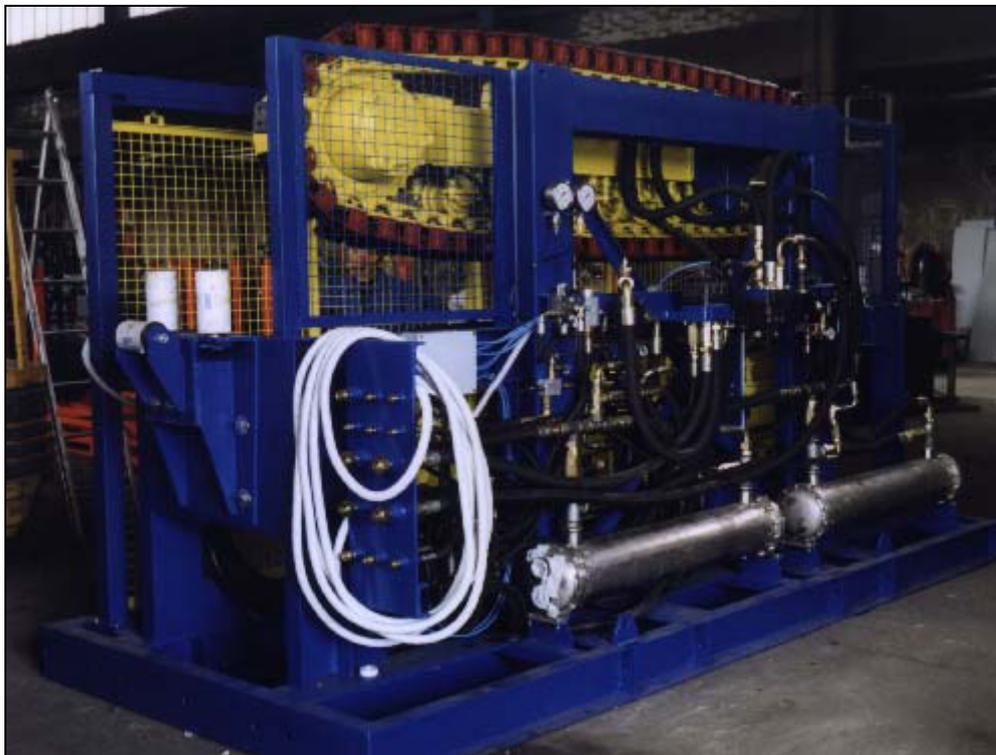
### 3.3.3. Tensionatore



Il tensionatore (linear machine) può essere a ruote gommata o a cingoli. Nell'allestimento gommato le ruote sono contrapposte e le motorizzazioni impiegabili possono essere composte, in relazione agli sforzi, da più coppie di motori idraulici; nella versione a cingoli sono presenti due cingoli contrapposti i quali, in funzione degli sforzi, vengono azionati da più coppie di motori idraulici.

In entrambi i casi, il vincolo di contrapposizione degli avanzatori e la costante ed uniforme pressione d'aderenza sul cavo in avanzamento, viene garantita da due cilindri verticali a comando idraulico.

Il corretto assetto del cavo nel passaggio in macchina è garantito dalle rulliere regolabili e contrapposte dislocate ai lati dell'asse longitudinale della linea di trazione.



**Tensionatore**

Il sistema idraulico in funzione dei parametri di posa impostati consente la sincronizzazione delle motorizzazioni distribuendo egualmente la mandata ai vari motori.

La macchina di posa è integrata dal pannello di monitoraggio e di manovra comprendente il misuratore di velocità, di tensione residua al cavo durante il varo, di avanzamento e d'altri parametri.



### 3.3.4. Incavatrice

In aggiunta alle protezioni previste in corrispondenza dello sbarco, è previsto l'interramento dei cavi elettrici.

L'attività è eseguita mediante la tecnica del co-trenching: è previsto infatti che il varo del cavo, l'apertura del solco sul terreno e la posa del cavo avvengano in contemporanea.

L'interramento del cavo è previsto mediante incavatrice (qualora se ne ravvisi la necessità, ed in ogni caso in prossimità delle fondazioni, possono essere utilizzate analoghe attrezzature quali: aratro con frese e pompe idrovore, lancia idraulica, water jet, air lift, etc.).

L'incavatrice è un macchinario che non modifica le caratteristiche del terreno e consente di interrare i cavi con una quota media di penetrazione nel terreno di 1,5 m e massima di 2 m.

Il controllo della macchina, è mantenuto a bordo della nave appoggio, dove gli operatori intervengono su un pannello di comando; possono essere utilizzate, in aggiunta, delle telecamere subacquee.

L'incavatrice è un aratro con speciali attrezzi che consentono di tagliare il terreno alla profondità ricercata.

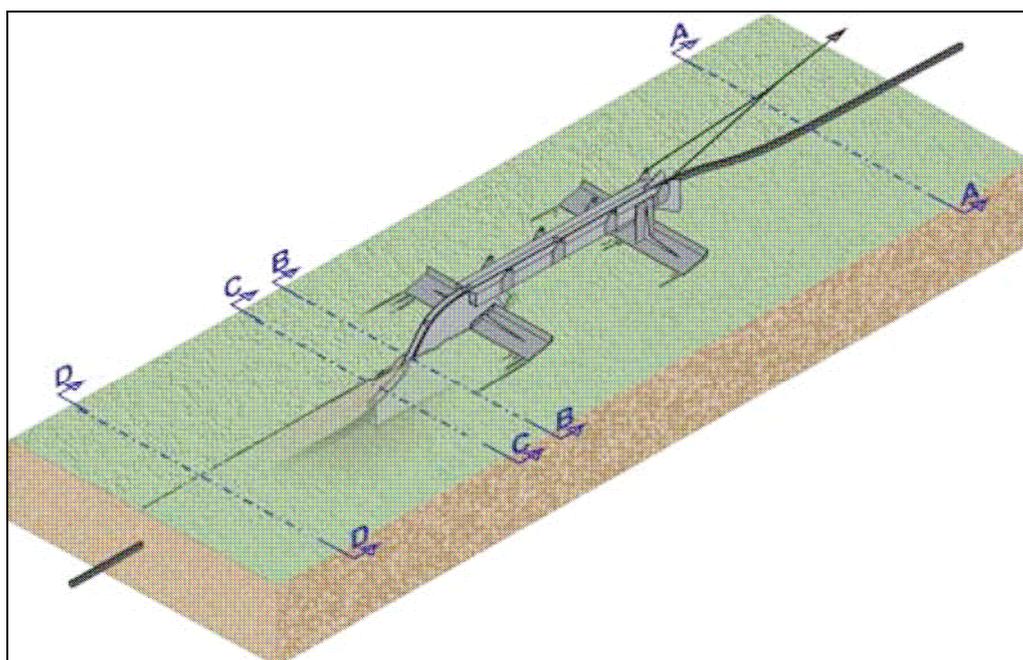
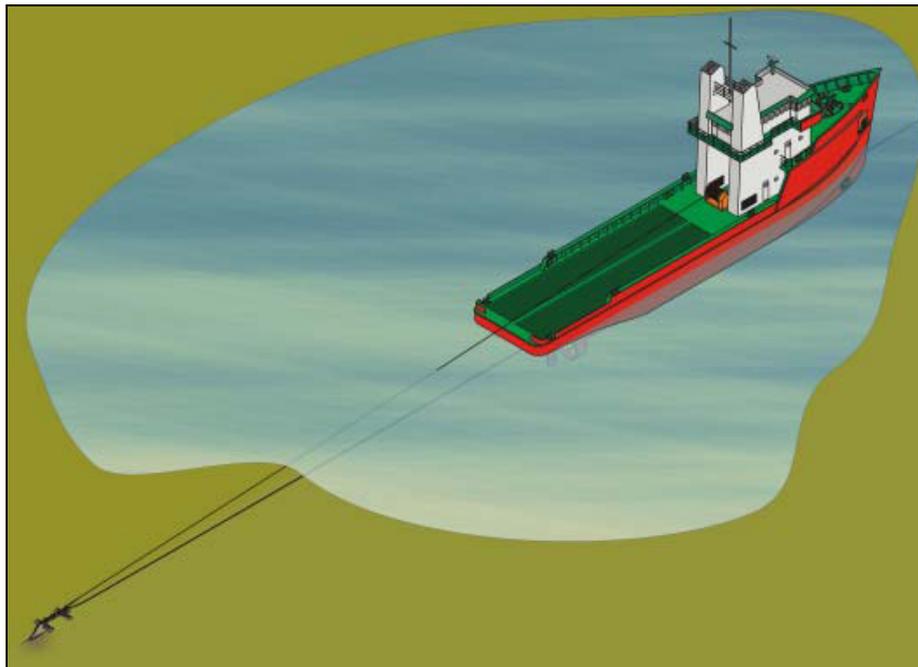


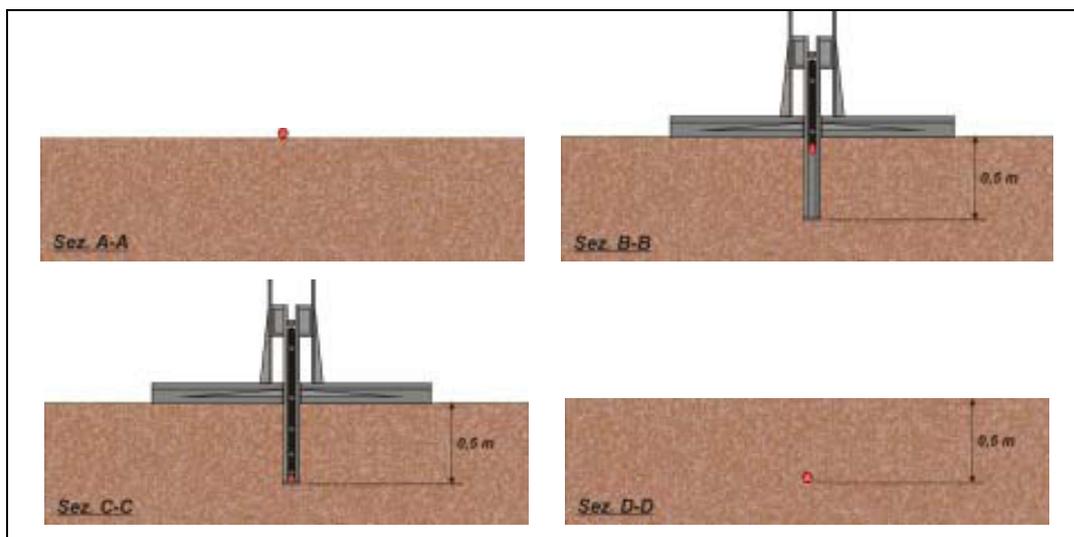
**Incavatrice**

Essa è in grado di sotterrare il cavo senza rimuovere il terreno; essa è paragonabile ad un grosso coltello, con una lama spessa quanto il diametro del cavo da sotterrare, rimorchiato dalla nave di appoggio.



Grazie al suo sistema di guida, l'incavatrice è in grado di posare il cavo all'interno del solco appena tracciato; superato il coltello dell'incavatrice, il solco si richiude su se stesso, coprendo e proteggendo il cavo. Al seguito è presente un'immagine mostrante l'incavatrice in opera, un dettaglio dell'attrezzatura e alcune sezioni significative del punto di interramento del cavo.

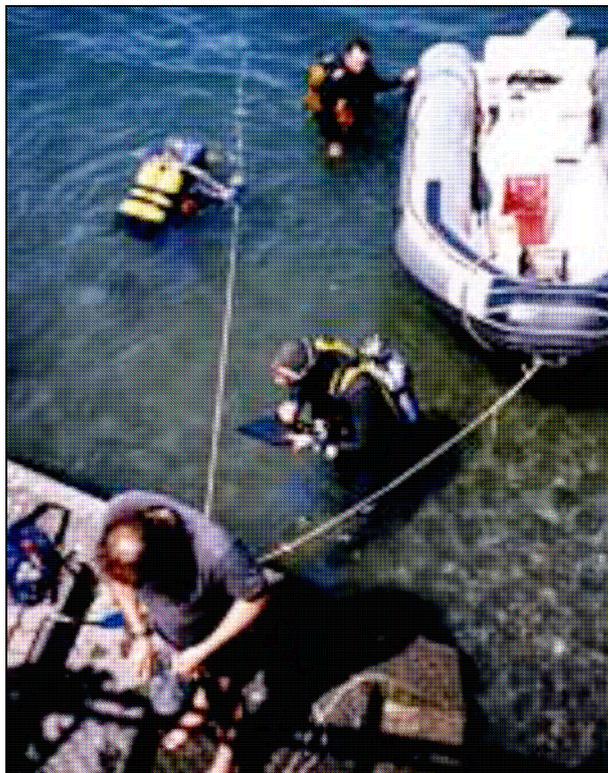




### 3.4. Attrezzatura subacquea

La normale attrezzatura subacquea per immersioni in acque poco profonde (fino a 40 m) prevista per l'esecuzione del survey ed il varo comprende:

- Bombe aria
- Compressore alta pressione per ricarica bombole
- Compressore bassa pressione per narghilè
- Camera di decompressione
- Macchina fotografica e/o telecamera subacquea
- Sistema di comunicazione subacqueo
- Utensili subacquei (martello idraulico, avvitatrice subacquea, mola idraulica, carotatrice, etc.)
- Hydrodines e galleggianti vari
- Sorbone ad acqua e spingarde
- Incavatrice per l'affossamento del cavo
- Pompe sommerse ad alta pressione per incavatrice



### 3.5. Attrezzatura topografica

Le principali attrezzature normalmente utilizzate per i controlli durante il varo sono:

- Sistema GPS
- Stazione totale registrante
- Eco scandaglio
- Magnetometro
- Side Scan Sonar (ove necessario)
- Campionatori subacquei superficiali del fondo marino
- Campionatore acqua di mare
- Termometri
- Correntometri
- Misuratore della resistività del terreno

<b>Gruppo T.M.E.</b> Termomeccanica Ecologia 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMCR001	00
			Pag. 14 di 19	

## 4. POSA DEI CAVI

### 4.1. Operazioni preliminari

Dopo l'avvenuta mobilitazione nel luogo di installazione delle attrezzature, come da programma lavori e da Piano Controllo Qualità, è necessario eseguire una serie di attività preliminari come di seguito specificato.

Sulla coperta della nave posacavi viene installata l'attrezzatura di varo. La bobina di cavo è trasferita a bordo ed installata sulla bobinatrice oppure il cavo viene trasferito sulla cable tank ruotante secondo la metodologia di varo imposta dal progetto.

Il percorso scelto viene opportunamente segnalato con appositi punti di riferimento e, la rotta definitiva, memorizzata dal sistema GPS.

Se ritenuto necessario, i punti critici e gli incroci con altri servizi possono essere segnalati; questi punti sono in ogni caso memorizzati dal sistema GPS.

Se il varo viene eseguito con natante dotato di sistema di posizionamento dinamico, il GPS sarà interfacciato con il sistema di governo.

Nell'aerogeneratore viene successivamente montato il sistema di tiro per il recupero del cavo dal riser (J-tube).

In caso di collegamento aerogeneratore/terra, presso gli atterraggi saranno predisposti i verricelli di tiro e quanto altro necessario per l'atterraggio del cavo.

Se necessario, si procede alla posa del sistema di ormeggio in emergenza o di uso per i mezzi ausiliari. Viene preventivamente verificato il funzionamento ed eseguita la calibratura di tutte le attrezzature di varo, di quelle subacquee, topografiche, il numero dei galleggianti di spinta, la strumentazione di controllo e collaudo, comunicazione radio, etc.

Si procede all'installazione dei campi boe, dove necessario, e si verifica il "messenger line" all'interno dei risers sulle piattaforme.

Predisposti i tecnici ed i mezzi, viene eseguita e ripetuta la simulazione di varo, fino alla corretta riuscita delle manovre e verificato il coordinamento e l'operatività del personale tecnico, marittimo, subacqueo, etc.



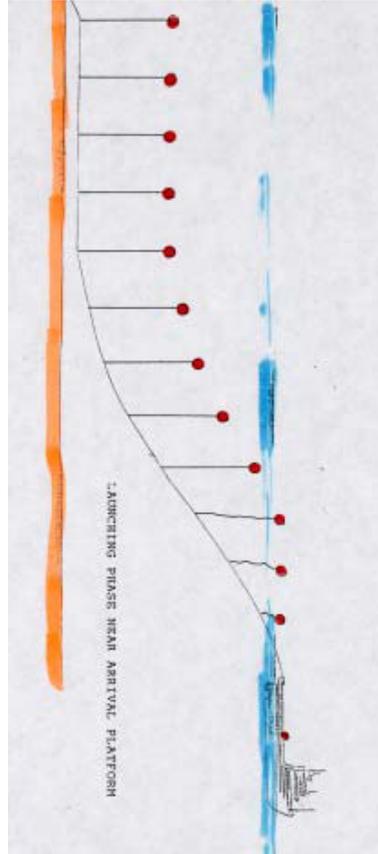
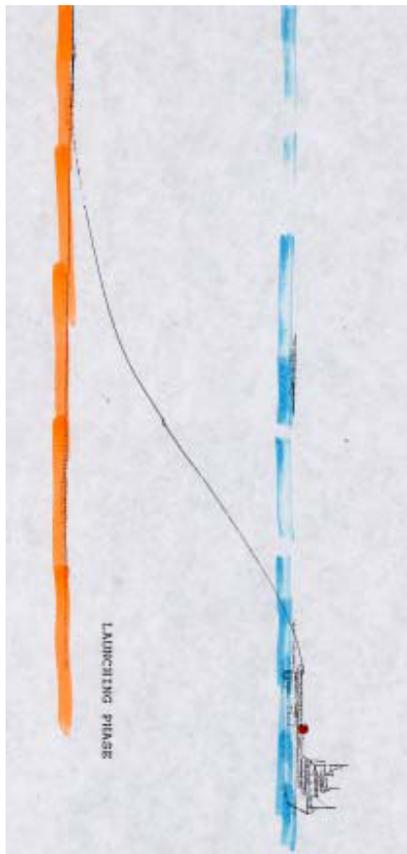
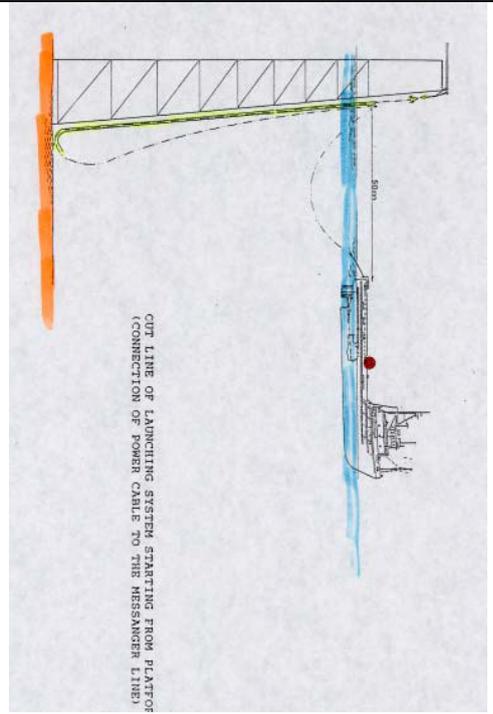
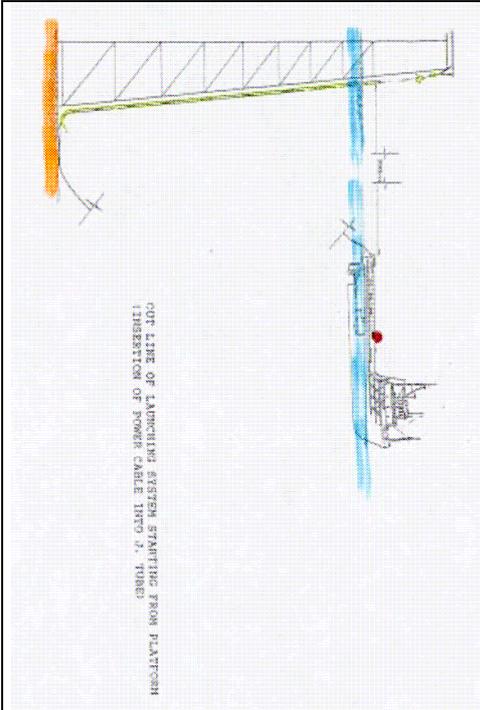
#### 4.2. Collegamento tra due aerogeneratori

In condizioni meteorologiche ottimali, la nave posa cavo si ormeggia vicino all'aerogeneratore di partenza.

La testa del cavo, già corredata con calza di tiro e relativo swivel, è collegata alla testa del "messenger line" predisposto internamente al riser.

Sul main deck dell'aerogeneratore si procede al recupero del messenger line tramite il verricello precedentemente predisposto. Contemporaneamente da bordo alla nave posa cavo si fila la quantità di cavo richiesta.

Il recupero del cavo avviene tramite il tiro del verricello dell'aerogeneratore, tramite la pressione dell'olio monitorata sulla centralina idraulica o sul dinamometro predisposto in corrispondenza del rinvio. Se necessario, i sommozzatori controllano l'inserimento del cavo nel riser e le altre fasi critiche di lavoro. Recuperata la prescritta quantità di cavo sull'aerogeneratore, si procede con il montaggio della clampa di trattenuta del cavo al riser.



<b>Gruppo T.M.E.</b> <small>Termomeccanica Ecologia</small> 	Preventivo	Emesso da	Documento	Rev.
	97758	PMRE	97758TMCR001	00
			Pag. 17 di 19	

A questo punto hanno inizio le operazioni di varo e interrimento contemporaneo del cavo.

Le attrezzature di varo sono regolate sulla posizione di “automatismo” in maniera da distribuire sulla linear machine la tensione residua programmata e minimizzare la possibilità di imprevisti. In ogni caso l’attrezzatura è tenuta sotto controllo con la possibilità d’intervento manuale.

La nave posa cavo si muove alla velocità programmata, lungo la rotta di progetto e conseguentemente il cavo si svolge dalla bobinatrice (o cable tank ruotante), tramite la linear machine è filato in mare; l’incavatrice contemporaneamente provvede all’interrimento del cavo.

Vicino all’aerogeneratore di arrivo, non appena il cavo è filato in mare, vengono applicati i galleggianti di alleggerimento, nella quantità ed alla distanza predisposta in maniera da garantire al cavo la spinta negativa idonea ed evitare il suo possibile affossamento.

Alla parte terminale del cavo viene applicata la testa di tiro (calza metallica con swivel) e connessa al “messenger line” già predisposto nel riser dell’aerogeneratore di arrivo.

Anche sull’aerogeneratore di arrivo, dopo avere piazzato il sistema a verricello, relativi rinvii e ponteggi, si procede al recupero del cavo come precedentemente fatto sull’aerogeneratore di partenza.

Quest’operazione viene effettuata sotto il controllo dei sommozzatori in maniera da garantire il recupero dei galleggianti e relative sagole di fissaggio, evitando così possibili complicazioni in prossimità del riser.

Una volta recuperato, il cavo è fissato al riser tramite l’apposita clampa di trattenuta (come in piattaforma di partenza).

Quando è possibile, da un’estremità del cavo, si esegue il controllo continuo di integrità esteso alla totale lunghezza del cavo e per tutto il tempo di varo.

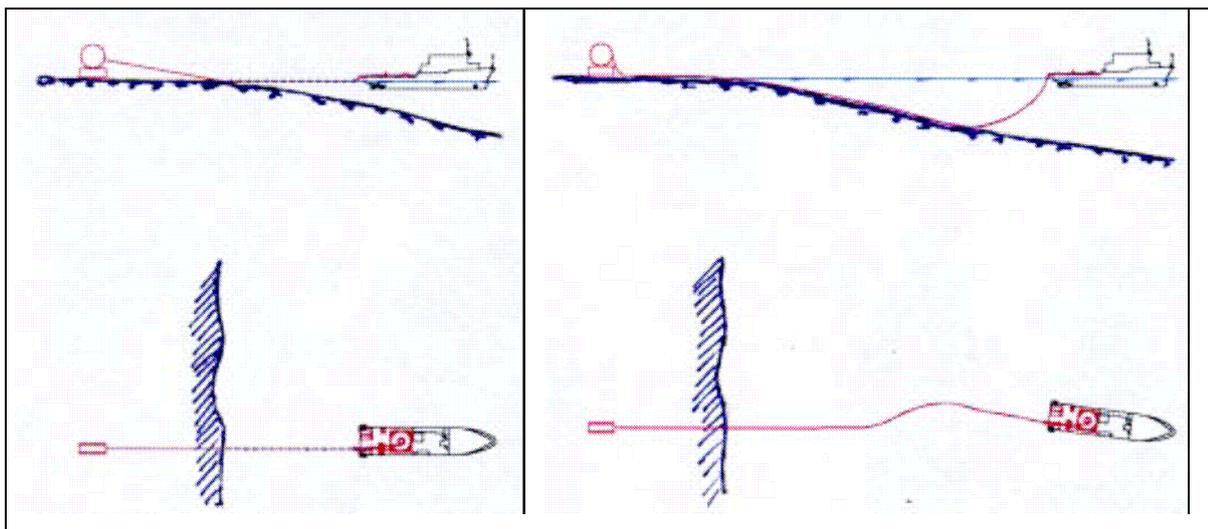
Dopo il varo del cavo ed il suo fissaggio ai riser, comunque prima d’iniziare qualsiasi altra fase di lavoro, è eseguito un collaudo preliminare per constatare l’integrità del cavo stesso.

#### **4.3. Collegamento tra aerogeneratore e terraferma**

La nave posa cavo si ormeggia vicino, quanto più possibile, alla linea di battigia nel punto di sbarco previsto per il cavo di collegamento elettrico tra il quadro dell’aerogeneratore di gruppo e la



sottostazione di trasformazione terrestre. Il “messenger line” proveniente dal verricello di tiro, precedentemente predisposto sulla spiaggia, è connesso a bordo della nave posa cavo, alla testa di tiro applicata sul cavo.



Il “messenger line” è recuperato dal verricello di terra, mentre dalla nave posa cavo è varato il cavo. In sincronia col recupero da terra, in uscita dallo scivolo di varo, si applicano al cavo i galleggianti di alleggerimento al fine di garantirne l’assetto di galleggiamento sino all’approdo. Quando la testa del cavo è a terra, dopo avere recuperato la quantità di cavo necessaria, e dopo avere verificato la posizione del cavo stesso, i sommozzatori e relativi mezzi ausiliari, recuperano i galleggianti e si assicurano che il cavo sia adagiato, sul fondo nella posizione voluta. Dopo avere fissato il cavo a terra, inizia la fase di varo vero e proprio. Le operazioni di varo e le restanti fasi operative sono uguali a quelle sopra indicate per la connessione tra due aerogeneratori.



## 5. ATTIVITÀ FINALI

Al termine delle attività (fine lavori) si raccolgono e si integrano tutte le informazioni pertinenti al cavo, tra cui il "brogliaccio di varo", il giornale lavori, i certificati dei collaudi eseguiti, tabella tecnica del cavo, i disegni degli accessori, le segnalazione di eventuali anomalie, i disegni e le elaborazione dei dati con rapporto finale, documentazione fotografica e/o televisiva, programma lavori a consuntivo, etc.