

PROGETTO

SVILUPPO PROGETTO NUOVO

TERMINALE OFFSHORE TIPO CALM

UBICAZIONE

TERMINALE PETROLIFERO DI MULTEDO

PORTO PETROLI GENOVA

PROPONENTE



PORTO PETROLI GENOVA S.p.A.
Radice Pontile Alfa Porto Petroli
16155 – GENOVA

UNITA' FUNZIONALE

DOCUMENTI DEL PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO DOCUMENTO

ORMEGGIO DELLA BOA

CONSULENZA

DAPPOLONIA

VIA SAN NAZARO, 19 - 16145 GENOVA, ITALIA
TEL. +39 010 362 8148 FAX +39 010 362 1078 P. IVA 03476550102
e-mail dappolonia@dappolonia.it www.dappolonia.it

| DATA | DESCRIZIONE | ESEGUITO | CONTROLL. | APPROVATO | SOTT. |
|------------|------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| 28/02/2013 | Emissione Finale | Maria Francesca Cozzi | Alessandro Odasso | Gian Paolo Vassallo | Carlo Vardanega |

| DATA | SCALA | ACCORDO n° | DOC. N. | | | | REV | FG |
|------------|-------|------------|---------|-----|-----|---|-----|----|
| 28/02/2013 | | | 12 | 469 | CIV | R | 001 | 0 |

**NUOVO TERMINALE OFF SHORE
ORMEGGIO NUOVA BOA****INDICE**

| | <u>Pagina</u> |
|---|----------------------|
| 1 SCOPO | 1 |
| 1.1 DEFINIZIONI ED ACRONIMI | 1 |
| 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 2 |
| 3 AREA INTERESSATA AI LAVORI | 3 |
| 3.1 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI | 3 |
| 3.2 DATI METEOCEANOGRAFICI | 3 |
| 4 PROGETTO PRELIMINARE | 4 |
| 5 ANALISI DINAMICA PRELIMINARE | 5 |
| 5.1 NORMATIVA | 5 |
| 5.2 ANALISI IDRODINAMICHE | 5 |
| 5.3 CRITERI DI VERIFICA | 6 |
| 5.3.1 Verifica linee d'ancoraggio | 6 |
| 5.3.2 Verifica sistema d'ancoraggio | 6 |
| 5.4 CASI ANALIZZATI | 7 |
| 5.4.1 Analisi finali: condizione di sopravvivenza | 7 |
| 5.4.2 Analisi finali: condizione operativa | 8 |
| 5.5 RISULTATI E VERIFICHE FINALI | 9 |
| 5.5.1 LINEE D'ANCORAGGIO | 9 |
| 5.5.2 SISTEMA D'ANCORAGGIO A FONDO MARE | 9 |
| 5.6 INDICAZIONI CONCLUSIVE | 10 |
| 6 POSIZIONAMENTO DEL SISTEMA DI ORMEGGIO | 11 |

**NUOVO TERMINALE OFF SHORE
ORMEGGIO NUOVA BOA**

1 SCOPO

Scopo del presente elaborato è l'esame dei documenti progettuali relativi al sistema di ormeggio del nuovo terminale tipo CALM da realizzarsi al largo dell'aeroporto di Genova.

In particolare, si è fatto riferimento all'analisi dinamica preliminare del sistema stesso, allegata.

Gli elaborati grafici allegati, che finalizzano le analisi illustrate nel seguito, evidenziano il possibile posizionamento del sistema di ormeggio ad oggi definito.

Al riguardo, sono inoltre evidenziate le necessità di approfondimento/aggiornamento di cui tener conto nelle successive fasi di sviluppo della ingegneria di dettaglio da parte del realizzatore del sistema.

1.1 DEFINIZIONI ED ACRONIMI

La lista di acronimi e abbreviazioni di seguito riportata potrà essere usata nei documenti di progetto:

| | |
|------------|---|
| CALM | Catenary Anchor Leg Mooring |
| PLEM | PipeLine End Module |
| SPM | Single Point Mooring |
| SWL (kN) | Safe working load (carico sicurezza di lavoro) |
| MCR (kN) | Minimo carico di rottura |
| DWT(ton) | Dead weight tonnage (portata lorda) |
| Hs (m) | Altezza d'onda sinifivativa |
| C-ANC (kN) | Massimo carico sull'ancora |
| UHC (kN) | Ultimate holding capacity (massima capacità di tenuta ancora) |

| | | |
|---|---|------------|
|  Porto Petroli di Genova S.p.A. Doc N° 12-469- CIV-R-001_00 | NUOVO TERMINALE OFF SHORE ORMEGGIO NUOVA BOA | DAPP Ref.: |
| | | 12-469-H78 |
| | | Rev.: |
| | | 0 |

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Rif. 1. Interprogetti Genova - Progetto Preliminare Nuovo ormeggio Offshore in sostituzione dell'attuale monoboa . Relazione illustrativa e tecnica
- Rif. 2. RINA - n. 2012-FIST-19740-RT01 – Relazione tecnica generale - Descrizione del sistema
- Rif. 3. RINA - n. 2012-FIST-19740-RT02 – Analisi Dinamica preliminare del sistema di ormeggio
- Rif. 4. Geolab - P1882-C009-PPTR-KTS-FNR-001 Rilievi Batimorfologici e Stratigrafici dello Specchio Acqueo Antistante Genova-Pegli – Rapporto Finale
- Rif. 5. DEAM - Caratterizzazione dati meteo marini area porto Petroli

3 AREA INTERESSATA AI LAVORI

La fig 3.1, mostra la zona di mare dove sono ubicate le strutture esistenti della Monoboa, del PLEM e della sealine.



Figura 3.1: Area Interessata dai Lavori di De-Commissioning

3.1 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Dai risultati dell'attività svolta per la caratterizzazione batimorfologica e stratigrafica dello specchio acqua antistante il Porto di Genova si evince che il fondale è caratterizzato generalmente da argille o limi. Per i dettagli relativi all'area interessata dalla monoboa e PLEM si rimanda al rapporto in Rif. 4

3.2 DATI METEOCEANOGRAFICI

I dati meteoceanografici dell'area di lavoro sono riportati nel Rif. 5, a cui si rimanda per i dettagli.

| | | |
|---|---|------------|
|  Porto Petroli di Genova S.p.A. Doc N° 12-469- CIV-R-001_00 | NUOVO TERMINALE OFF SHORE ORMEGGIO NUOVA BOA | DAPP Ref.: |
| | | 12-469-H78 |
| | | Rev.: |
| | | 0 |

4 PROGETTO PRELIMINARE

Il progetto preliminare di un nuovo ormeggio offshore in sostituzione dell'esistente monoboa è stato redatto da Interprogetti Genova nel 2010 per conto della Porto Petroli di Genova Spa.

Il lavoro individua gli obiettivi e le caratteristiche principali del nuovo accosto che sono state confermate e dettagliate nei successivi studi di approfondimento. In particolare viene indicato il sito di collocazione, il range delle navi da ricevere (280.000 -80.000 DWT), gli obiettivi di traffico e proposta per il nuovo accosto l'adozione di uno schema ben collaudato, del tipo più comunemente usato nei terminal petroliferi in mare aperto (mono ormeggio tipo CALM, Catenary Anchor Line Mooring).

Dimensionamenti e soluzioni tecniche indicati nel progetto preliminare sono, ovviamente, da intendersi di primo approccio, da verificare e dettagliare nelle successive fasi di sviluppo del progetto.

Ciò premesso, in relazione al sistema di ancoraggio della nuova boa, il progetto preliminare si limita ad un dimensionamento di massima, basato su un'estrapolazione dei soli carichi statici.

Al riguardo, è esplicitamente dichiarato che in sede di sviluppo del progetto sarà necessario effettuare una dettagliata analisi dinamica dei fenomeni che creano sollecitazioni nei sistemi di ancoraggio, tenendo conto dello scenario completo delle possibili condizioni ambientali.

L'analisi dinamica è stata successivamente sviluppata dal RINA. Pertanto, conviene fare direttamente riferimento ai risultati di questa analisi, sintetizzati nel paragrafo successivo, per la individuazione delle caratteristiche del sistema di ormeggio della nuova boa, così come ad oggi previsto.

| | | |
|---|---|------------|
|  Porto Petroli di Genova S.p.A. Doc N° 12-469- CIV-R-001_00 | NUOVO TERMINALE OFF SHORE ORMEGGIO NUOVA BOA | DAPP Ref.: |
| | | 12-469-H78 |
| | | Rev.: |
| | | 0 |

5 ANALISI DINAMICA PRELIMINARE

L'analisi preliminare del sistema d'ancoraggio relativo al nuovo terminale tipo CALM situato al largo di Genova è sviluppato nel documento RINA n. 2012-FIST-19740-RT02 – Analisi Dinamica preliminare del sistema di ormeggio- / Rif.3/, al quale si rimanda per una esaustiva illustrazione dei temi trattati.

Per completezza espositiva ne sono di seguito sintetizzati i principali contenuti e la indicazioni conclusive.

5.1 NORMATIVA

Le analisi sono state effettuate secondo le prescrizioni contenute nelle seguenti Normative:

1. DNV-OS-E301 Position Mooring
2. DNV-OS-E403 Offshore Loading Buoys
3. DNV-RP-C205 Environmental Conditions and Environmental Loads
4. OCIMF - Recommendations for Equipment Employed in the Bow Mooring of Conventional Tankers at Single Point Moorings – Fourth Edition May 2007
5. OCIMF - Prediction of Wind and Current loads on VLCCs
6. API - Recommended Practice 2SK

5.2 ANALISI IDRODINAMICHE

Lo studio comprende le seguenti analisi:

- analisi in condizioni di sopravvivenza con boa libera;
- analisi in condizioni massime operative con presenza della nave di scarico connessa alla boa.

Per l'analisi idrodinamica nelle varie condizioni, si è utilizzato il programma di calcolo Orcaflex che analizza sistemi marini complessi nel dominio del tempo.

La procedura completa per lo studio del sistema comprende i seguenti punti principali:

- valutazione coefficienti idrodinamici sul corpo boa;
- analisi dinamica del sistema (boa singola o boa + nave) nel dominio del tempo;
- derivazione parametri di interesse (tensione dei vari componenti);
- valutazione dei valori massimi;
- verifica dei valori massimi.

| | | |
|---|---|------------|
|  Porto Petroli di Genova S.p.A. Doc N° 12-469- CIV-R-001_00 | NUOVO TERMINALE OFF SHORE ORMEGGIO NUOVA BOA | DAPP Ref.: |
| | | 12-469-H78 |
| | | Rev.: |
| | | 0 |

5.3 CRITERI DI VERIFICA

Il calcolo dei valori massimi delle varie grandezze di interesse è stato eseguito sulla base delle formulazioni ed indicazioni riportate nella normativa DNV-OS-E301, Ch.2 sec.2 - B.

Il valore calcolato è il massimo più probabile (eccedenza del 63%), per una durata di esposizione alla tempesta di 3 ore, estrapolato sulla distribuzione dei massimi con curva di Weibull.

La verifica dei carichi massimi su linee d'ancoraggio è stata fatta sulla base dei coefficienti di sicurezza ed in accordo ai criteri riportati nella normativa DNV-OS-E301, Ch.2 Sec.2 - D (rif. /1/).

La verifica dei carichi massimi sul sistema d'ancoraggio è stata fatta sulla base dei coefficienti di sicurezza ed in accordo ai criteri riportati nella normativa API (rif. /6/).

5.3.1 Verifica linee d'ancoraggio

In funzione degli stati limite da verificare e della "consequence class", i fattori di sicurezza applicati alle forze degli ancoraggi sono riportati nelle tabelle D1 e D2 della normativa sopra citata. In particolare, per i vari casi contemplati, sono indicati i seguenti coefficienti di sicurezza:

Consequence Class 1 (applicabili a situazioni di boa libera)

Condizioni intatte:

- Partial Safety factor on mean tension = 1.1
- Partial Safety factor on dynamic tension = 1.5

Condizioni danneggiate:

- Partial Safety factor on mean tension = 1.0
- Partial Safety factor on dynamic tension = 1.1

Consequence Class 2 (applicabili a situazioni con tanker ormeggiata)

Condizioni intatte:

- Partial Safety factor on mean tension = 1.4
- Partial Safety factor on dynamic tension = 2.1

Condizioni danneggiate:

- Partial Safety factor on mean tension = 1.0
- Partial Safety factor on dynamic tension = 1.25

5.3.2 Verifica sistema d'ancoraggio

La Normativa API al cap. 7.4 prescrive, per un'analisi dinamica di un sistema d'ormeggio di tipo permanente, i seguenti coefficienti di sicurezza per ancoraggi costituiti da ancore, nella condizione intatta e rispettivamente danneggiata:

- cond. intatta: 1.5
- cond. danneggiata: 1.0

5.4 CASI ANALIZZATI

Gli scenari analizzati nello studio comprendono casi preliminari (con solo boa libera) e finali:

- casi preliminari - condizione di sopravvivenza (con boa libera);
- casi finali - condizione di sopravvivenza (con boa libera);
- casi finali - condizione massima operativa (tanker ormeggiata alla boa).

Di seguito sono riassunti i casi finali presi in considerazione.

5.4.1 Analisi finali: condizione di sopravvivenza

In condizioni di sopravvivenza è stato analizzato il sistema d'ancoraggio con catena nuova ($d = 78$ mm - inizio vita operativa) ed usurata ($d = 72$ mm - fine vita operativa).

Sono stati esaminati diversi casi, in condizioni "IN-LINE" (allineamento delle condizioni meteo ad una linea di ancoraggio - vedi fig.5.1). Non sono state esaminate condizioni "IN-BETWEEN" (direzione delle condizioni meteo lungo la bisettrice di 2 linee) essendo meno severe.

Sono state esaminate condizioni con sistema d'ancoraggio intatto e danneggiato senza e con accrescimento marino.

Le analisi sono state fatte con il periodo d'onda $T_z = 9.4$ s (caso base) e con quello più conservativo (8.9 s) per tutti i casi esaminati.

Per le condizioni danneggiate sono state considerate varie combinazioni fra direzione degli agenti meteo e linea considerata rotta.

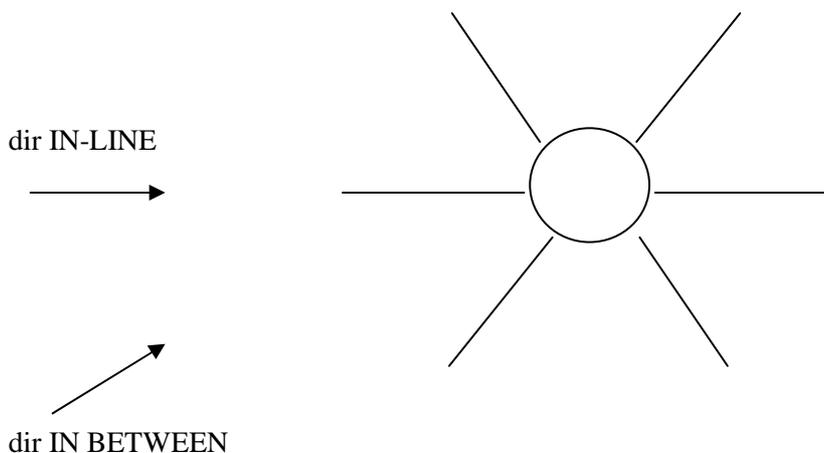


Figura 5.1: Condizione intatta

In tab. 5.1 sono riportati i vari casi esaminati per ormeggio con catena usurata ($d = 72$ mm), mentre in tab. 5.2 sono riassunti i vari casi esaminati per ormeggio con catena nuova ($d = 78$ mm).

| | ormeggio | dir | accr marino | pret (kN) | Hs (m) | Tz (s) |
|---|----------|---------|----------------|--------------|-----------|-----------|
| 1 | INTATTO | IN-LINE | no | 108 | 8 | 9,4 |
| 2 | INTATTO | IN-LINE | no | 108 | 8 | 8,9 |
| 3 | INTATTO | IN-LINE | si | 133,5 | 8 | 8,9 |
| 4 | DANN | IN-LINE | no | 108 | 8 | 8,9 |
| 5 | DANN | IN-BET | no | 108 | 8 | 8,9 |
| 6 | DANN | IN-LNE | si | 133,5 | 8 | 8,9 |

Tab. 5.1 - Cond. sopravvivenza - $d = 72$ mm - Casi finali esaminati

| CASO | ormeggio | dir | accr marino | pret (kN) | Hs (m) | Tz (s) |
|------|----------|---------|----------------|--------------|-----------|-----------|
| 1a | INTATTO | IN-LINE | no | 126,5 | 8 | 8,9 |
| 2a | INTATTO | IN-LINE | si | 152 | 8 | 8,9 |
| 3a | DANN | IN-LINE | no | 126,5 | 8 | 8,9 |
| 4a | DANN | IN-BET | no | 126,5 | 8 | 8,9 |
| 5a | DANN | IN-LINE | si | 152 | 8 | 8,9 |

Tab. 5.2 - Cond. sopravvivenza - $d = 78$ mm - Casi finali esaminati

5.4.2 Analisi finali: condizione operativa

In condizioni operative sono state eseguite alcune simulazioni preliminari per verificare il comportamento del sistema con tanker da 250,000 e 80,000 DWT.

E' stato analizzato il sistema d'ancoraggio con catena usurata, considerato più critico ($d = 72$ mm - fine vita operativa). Sono state considerate condizioni con sistema d'ancoraggio intatto ed immersione a pieno carico delle navi all'ormeggio.

E' stata analizzata la condizione d'onda massima operativa e 2 combinazioni di allineamento degli agenti meteo (allineate e disallineate). Nelle condizioni disallineate si è adottata la seguente combinazione fra le direzioni di onda, vento e corrente), secondo le indicazioni delle Norme DNV (direzione dell'onda ("IN-LINE")):- onda: dir. 0° - vento: dir 30° - corrente: dir 45°

In tab. 5.3 sono riportati i vari casi esaminati nelle condizioni operative.

| CASO | ormeggio | cond | nave KDWT | Hs (m) | Tz (s) |
|------|----------|------|--------------|-----------|-----------|
| 1 | INTATTO | ALL | 250 | 1,5 | 4,5 |
| 2 | INTATTO | DIS | 250 | 1,5 | 4,5 |
| 3 | INTATTO | ALL | 80 | 1,5 | 4,5 |
| 4 | INTATTO | DIS | 80 | 1,5 | 4,5 |

Tab. 5.3 - Cond. operativa - Casi esaminati



5.5 RISULTATI E VERIFICHE FINALI

Sulla base dei risultati ottenuti delle analisi finali per le condizioni di sopravvivenza e massime operative ed applicando i coefficienti di sicurezza riportati al punto 5.3.1, sono state verificate le linee d'ancoraggio valutati i carichi da applicare al sistema d'ancoraggio nelle varie condizioni.

Nel seguito si riportano le verifiche ottenute relativamente ai casi più conservativi di ciascuna condizione esaminata che sono quindi i dati dimensionanti per il sistema in esame.

5.5.1 LINEE D'ANCORAGGIO

- Linea usurata (d = 72 mm) carico di rottura = 4936 kN

Condizione di sopravvivenza:

| | intatto | danneggiato |
|----------------|----------------|-------------|
| tiro massimo: | 3070 kN | 3830 kN |
| MCR richiesto: | 4785 kN | 4416 kN |

Condizione operativa:

| | 280 KDWT | 80 KDWT |
|----------------|----------------|---------|
| tiro massimo: | 650 kN | 446 kN |
| MCR richiesto: | 1233 kN | 820 kN |

- Linea nuova (d = 78 mm) carico di rottura = 5720 kN

Condizione di sopravvivenza:

| | intatto | danneggiato |
|----------------|----------------|-------------|
| tiro massimo: | 3150 kN | 4060 kN |
| MCR richiesto: | 4904 kN | 4680 kN |

5.5.2 SISTEMA D'ANCORAGGIO A FONDO MARE

- Condizione di sopravvivenza:

| | intatto | danneggiato |
|-----------------|----------------|-------------|
| carico massimo: | 4725 kN | 4060 kN |

Sulla base del massimo carico valutato sul sistema d'ancoraggio, ipotizzando di utilizzare un'ancora di tipo Stevpris (adatta a sostenere anche una componente di tiro verticale), si possono definire le caratteristiche di massima dell'ancora.

Ipotizzando un'efficienza minima pari a 33, un'ancora del peso di 15 tonn garantisce una capacità pari a:

$$UHC = 15 * 33 = 495 \text{ tonn} = 4856 \text{ kN} > 4725 \text{ kN}$$

5.6 INDICAZIONI CONCLUSIVE

Le caratteristiche del sistema di ancoraggio definito tramite l'analisi dinamica sono sintetizzabili come segue.

Le navi considerate nello studio hanno le seguenti caratteristiche principali:

| | | |
|----------------------------|---------|---------|
| portata lorda (DWT) | 80,000 | 280,000 |
| lunghezza pp (m): | 223 | 316 |
| larghezza (m): | 42,6 | 60 |
| pescaggio pieno carico (m) | 13.0 | 18.4 |
| dislocamento (t): | 101,000 | 287,000 |

Il sistema di ormeggio proposto è costituito da 6 catene disposte in modo radiale, equispaziate di 60° una dall'altra.

Le caratteristiche previste delle catene per inizio e fine vita sono le seguenti:

catene senza traversino tipo NV R3S

- catene nuove
 - diametro nominale (mm): 78
 - carico di rottura (kN): 5720
 - pretensione (kN): 126.5
 - angolo pretensione (gr): 60
- catene usurate (termine vita operativa)
 - diametro nominale (mm): 72
 - carico di rottura (kN): 4936
 - pretensione (kN): 108
 - angolo pretensione (gr): 60

La lunghezza prevista delle catene è di 514 m

La distanza tra il punto sospensione delle catene e l'ancoraggio è indicata in 490 metri circa.

In condizioni statiche (di equilibrio) la distanza tra il punto di sospensione della catena ed il punto di contatto con il fondale è stimabile in circa 86 metri. Ovviamente questa distanza aumenta quando le catene sono messe in tensione (aumenta il tratto sospeso) e diminuisce per le catene opposte a quelle tese.

La massima lunghezza di catena sollevata indicata nello studio è di circa 475 m in condizioni danneggiate, con catena usurata.

Non sono fornite indicazioni a riguardo degli spostamenti della nuova boa dovuti alle diverse azioni forzanti. Questo aspetto è certamente da dettagliare nelle successive fasi di sviluppo del progetto.

In via preliminare, risolvendo le equazioni rappresentative della catenaria ed assumendo la massima lunghezza del tratto sollevato pari a 475 metri come indicato nello studio, lo spostamento massimo della boa è valutabile nell'ordine di 20 metri.

| | | |
|---|---|------------|
|  Porto Petroli di Genova S.p.A. Doc N° 12-469- CIV-R-001_00 | NUOVO TERMINALE OFF SHORE ORMEGGIO NUOVA BOA | DAPP Ref.: |
| | | 12-469-H78 |
| | | Rev.: |
| | | 0 |

6 POSIZIONAMENTO DEL SISTEMA DI ORMEGGIO

Ad integrazione delle informazioni desumibili dai documenti descritti in precedenza, è risultato necessario definire, tra le alternative possibili, un posizionamento planimetrico del sistema di ormeggio da considerare di riferimento nelle successive fasi di sviluppo della ingegneria.

Ciò, tenendo ovviamente conto del tracciato previsto per le condotte sottomarine e della localizzazione del PLEM e della nuova boa.

Tra le diverse opzioni, quella che sembra meglio soddisfare le diverse esigenze in gioco, è graficamente illustrata nelle tavola 12-469-CIV-D-010 (OPZIONE A”).

Come indicato nella planimetria, il plem è posizionato sulla bisettrice dell’angolo tra due catene contigue.

La planimetria, oltre alla boa, al PLEM ed alle condotte, evidenzia il posizionamento delle sei ancore alla distanza di 490 metri della boa stessa.

E’ evidenziato, inoltre, il tratto di catena sospeso in condizioni statiche ed il relativo punto di contatto con il fondale che è stato calcolato dell’ordine di 86 metri. La lunghezza della catena sospesa risulta pari 110 metri su un totale di 514 metri: la distanza orizzontale tra i due estremi della catena è, come già indicato, di $86 + (514-110) = 490$ metri.

Nella configurazione di massimo tiro, sono sospesi 475 metri, su una distanza orizzontale di 470 metri e circa 39 metri ($514-475$) sono posati per un totale sul fondo di $470+39= 509$ metri.

Passando dalla prima alla seconda situazione, lo spostamento orizzontale dell’estremità della catena e quindi della boa, è di 19 metri ($509-490$), distanza che può essere assunta come rappresentativa dello spostamento massimo della boa stessa.

Tenendo conto dell’intero cerchio di tale massimo spostamento intorno alla posizione di riposo della boa, la tavola dettaglia le possibili posizioni assunte delle catene sia sul fondo che sospese.

Negli schemi riportati nella tavola sono evidenziati, per le diverse posizioni che potrebbero essere raggiunte dalla boa sotto massimo tiro, gli involuppi dei punti di contatto sul fondo e delle giaciture delle catene sospese .

Come evidenziato risulta:

- inevitabile, stante il posizionamento previsto delle condotte, l’interferenza sul fondo con le catene per un tratto delle tubazioni limitato a 15 metri circa nei tratti immediatamente precedenti le curve di avvicinamento al PLEM;
- l’avvicinamento del punto di contatto sul fondo delle catene non interesserebbe il PLEM neanche per lo spostamento max della boa;
- possibile, in alcuni particolari posizioni della boa e sempre con spostamento massimo, il transito delle catene al di sopra delle estremità PLEM.

E’ importante ricordare e confermare che il progetto prevede la protezione sia del PLEM mediante copertura, sia, ove necessario, delle condotte mediante posa in opera di materassi.

**NUOVO TERMINALE OFF SHORE
ORMEGGIO NUOVA BOA**

In relazione a quanto precede, gli aspetti di particolare interesse/criticità di cui occorre tener conto nelle successive fasi di sviluppo della ingegneria di dettaglio risultano:

- aggiornamento delle analisi dinamiche relativamente all'aumento delle dimensioni delle navi da servire;
- verifica di dettaglio degli spostamenti prevedibili per la boa nelle diverse condizioni di carico;
- ottimizzazione del posizionamento del sistema verificando anche la possibilità di avvicinamento delle due condotte sottomarine nel loro tratto terminale verso il PLEM ;
- verifica della ottimizzazione del posizionamento reciproco tra PLEM e boa;
- verifica finale del sistema di ancoraggio delle catene a fondo mare anche in funzione delle caratteristiche geotecniche del terreno nella zona di installazione;
- definitiva definizione delle caratteristiche e delle modalità di installazione delle manichette di collegamento Boa-PLEM con configurazione adeguata all'assorbimento degli spostamenti del corpo boa nelle varie condizioni operative e di tempesta.

Infine, a titolo di completezza espositiva nella tavola è schematizzata una opzione alternativa (OPZIONE B") a quella precedente di posizionamento del sistema di ormeggio che prevede il PLEM lungo la direzione di una delle catene di ormeggio. Tale soluzione che comporta la costante presenza di una catena sospesa sopra al PLEM, potrebbe essere ripresa in considerazione ove dovessero riscontrarsi criticità per la realizzazione della soluzione di cui allo scenario A.