

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA - | UNITÀ |
| | LOCALITÀ REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 1 di 13 | Rev. 0 |

Allacciamento Sottomarino FSRU – Ravenna

Relazione di calcolo per sistema ormeggio alla Piattaforma Petra

| | | | | | |
|------|----------------------------------|------------------|------------|-----------|----------|
| | | | | | |
| 0 | Emissione per Studio Concettuale | Team di Progetto | A. Cabra | G. Lanza | 06/07/22 |
| Rev. | Descrizione | Elaborato | Verificato | Approvato | Data |

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA - | UNITÀ |
| | LOCALITÀ REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 2 di 13 | Rev. 0 |

INDICE


| | |
|--|-----------|
| 1. SCOPO DEL DOCUMENTO..... | 3 |
| 1.1. SCOPO DEL DOCUMENTO | 3 |
| 2. RIFERIMENTI..... | 4 |
| 2.1. PRINCIPALI NORME TECNICHE INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 2.2. DOCUMENTI DI PROGETTO | 4 |
| 2.3. ALTRI DOCUMENTI | 4 |
| 3. DATI BASE DEL PROGETTO | 5 |
| 3.1. CARATTERISTICHE DEL FSRU | 5 |
| 3.2. ALTERNATIVA A: SOLUZIONE CON CASSONI - PLANIMETRIA GENERALE DELL'ORMEGGIO E SEZIONI STRUTTURA DI ACCOSTO | 7 |
| 3.3. ALTERNATIVA B: SOLUZIONE CON PALANCOLATO – PLANIMETRIA GENERALE DELL'ORMEGGIO E SEZIONI STRUTTURA DI ACCOSTO | 8 |
| 3.4. CONDIZIONI AMBIENTALI | 9 |
| 3.5. CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI ORMEGGIO..... | 11 |
| 4. METODOLOGIA..... | 12 |
| 4.1. MODELLAZIONE | 12 |
| 5. RISULTATI | 12 |
| 5.1. ALTERNATIVA A: SOLUZIONE CON CASSONI..... | 12 |
| 5.2. ALTERNATIVA B: SOLUZIONE CON PALANCOLATO..... | 13 |

| | | | |
|---|--|-----------------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA - | UNITÀ |
| | LOCALITÀ REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 3 di 13 | Rev. 0 |

1. SCOPO DEL DOCUMENTO

1.1. Scopo del Documento

Lo scopo di questo documento è di studiare il sistema ormeggio della nave FSRU alla piattaforma Petra a largo di Ravenna, illustrare le caratteristiche principali, i criteri e le assunzioni adottate per lo studio dell'ormeggio.

| | | | |
|---|--|-----------------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA - | UNITÀ |
| | LOCALITÀ REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 4 di 13 | Rev. 0 |

2. RIFERIMENTI

2.1. Principali Norme Tecniche Internazionali Di Riferimento


- /1/ OCMIF (MEG3) Mooring Equipment Guidelines
- /2/ DNVGL-ST-N001 Marine operations and marine warranty
- /3/ BS 6349-4 Code of practice for design of fendering and mooring systems

2.2. Documenti di Progetto

- /4/ DIS-MEC-B-17001 Planimetria generale e sezioni struttura di accosto Rev.00D
- /5/ DIS-MEC-B-17007 Planimetria generale e sezioni alternativa B Rev.00A
- /6/ Lett_139_22.pdf Metocean data processing for 3 points in the Mediterranean Sea

2.3. Altri Documenti

- /7/ GY-03 PF10110 GOLAR TUNDRA General Arrangement
- /8/ SN 2056 GOLAR TUNDRA Loading Condition & Coefficienti vento e corrente
- /9/ GY-07 PF30303 GOLAR TUNDRA Trim Stability Calculation

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITÀ |
| | LOCALITA' | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 5 di 13 | Rev. 0 |

3. DATI BASE DEL PROGETTO

3.1. Caratteristiche del FSRU

Le principali caratteristiche della FSRU Ref /7/, Ref/8/ e Ref /9/ sono elencate di seguito.

| GOLAR TUNDRA | |
|--|---------------|
| Principali dettagli della nave | |
| Lunghezza fuori tutto/Length Overall (m) | 292.571 |
| Lunghezza tra le perpendicolari/Length BP (m) | 281 |
| Larghezza/Breadth (m) | 43.4 |
| Altezza di costruzione/Depth (m) | 26.6 |
| Immersione di costruzione/Design draft (m) | 11.9 |
| Immersione estiva/Summer Draft (m) | 12.3 |
| Dislocamento a nave scarica e asciutta /Lightship (ton) | 33150.9 |
| Descrizione | Min Pescaggio |
| Immersione al mezzo/Draft (m) (@ amidships) | 9.89 |
| Dislocamento/Displacement (t) | 94591 |
| LCG from AP (m) | 140.99 |
| TCG from keel (m) | 0 |
| KG ₀ (m) | 12.36 |
| Area longitudinale esposta al vento/Longitudinal windage area (m2) | 8368 |
| Area trasversale esposta al vento/Transverse windage area (m2) | 1572 |

Tabella 1: Principali dettagli della nave

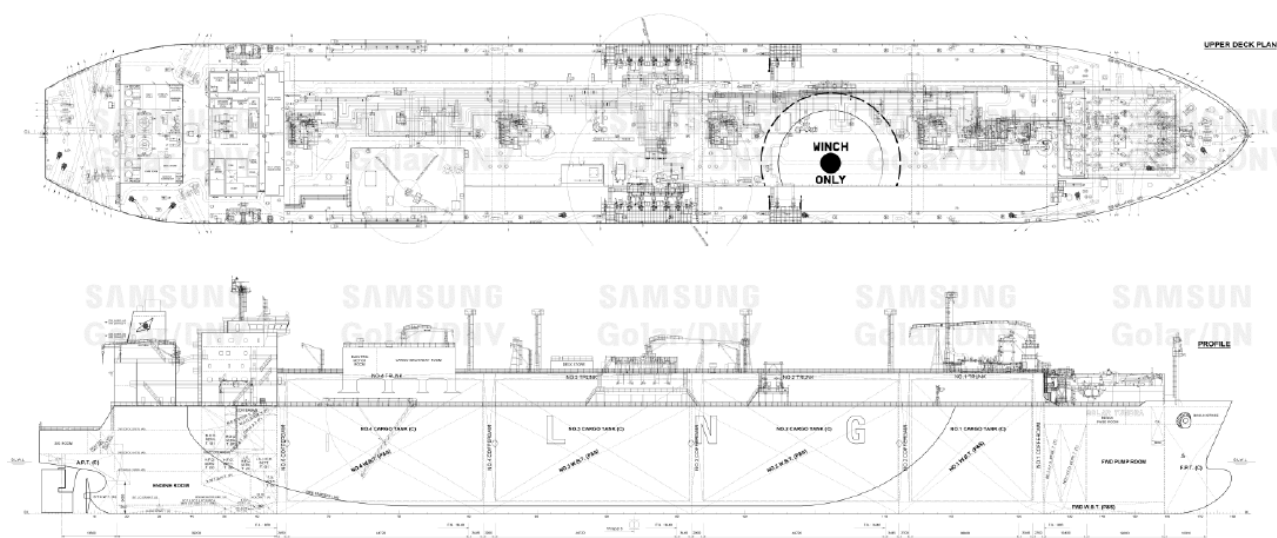


Figura 1: Vista in pianta e sezione

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITÀ |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 6 di 13 | Rev. 0 |

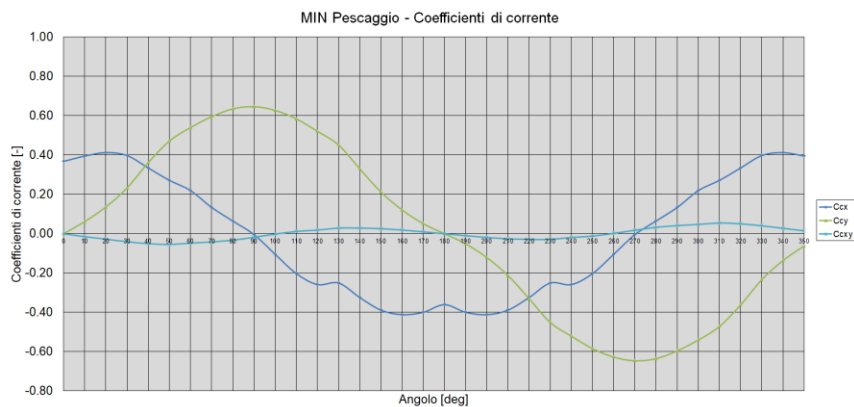


Figura 2: coefficienti di corrente

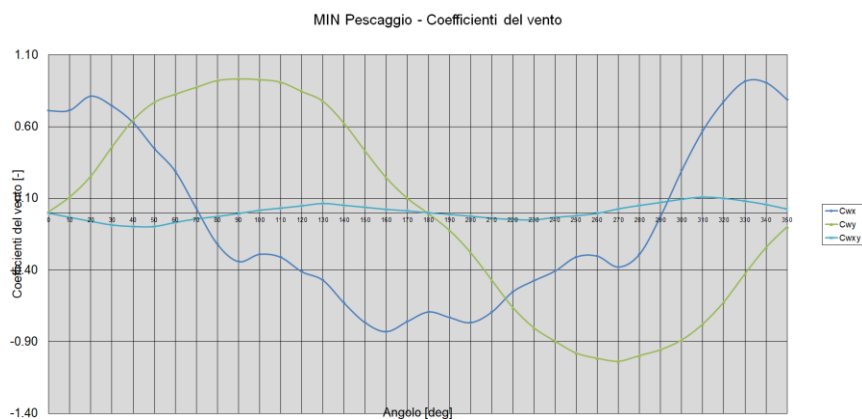


Figura 3: coefficienti di vento

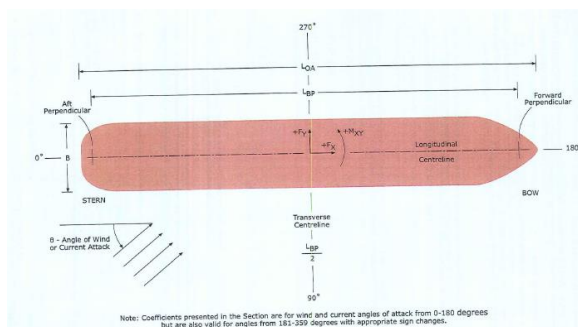


Figura 4: sistema di riferimento dei coefficienti di vento e corrente

| | | | |
|---|--|-----------------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITÀ |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 7 di 13 | Rev. 0 |

3.2. ALTERNATIVA A: Soluzione con cassoni - planimetria generale dell'ormeggio e sezioni struttura di accosto

L'alternativa A prevede l'ampliamento della piattaforma Petra con una serie di briccole di ormeggio verso ovest e la protezione della piattaforma con una barriera frangi flutti verso ovest da realizzarsi con cassoni autoaffondanti.

La planimetria e le sezioni della struttura Ref./4/ sono illustrate di seguito.

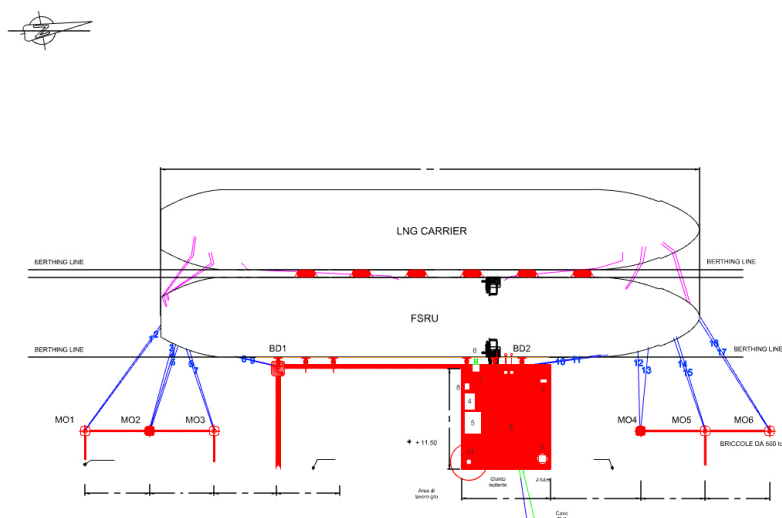


Figura 5: Planimetria generale dell'ormeggio

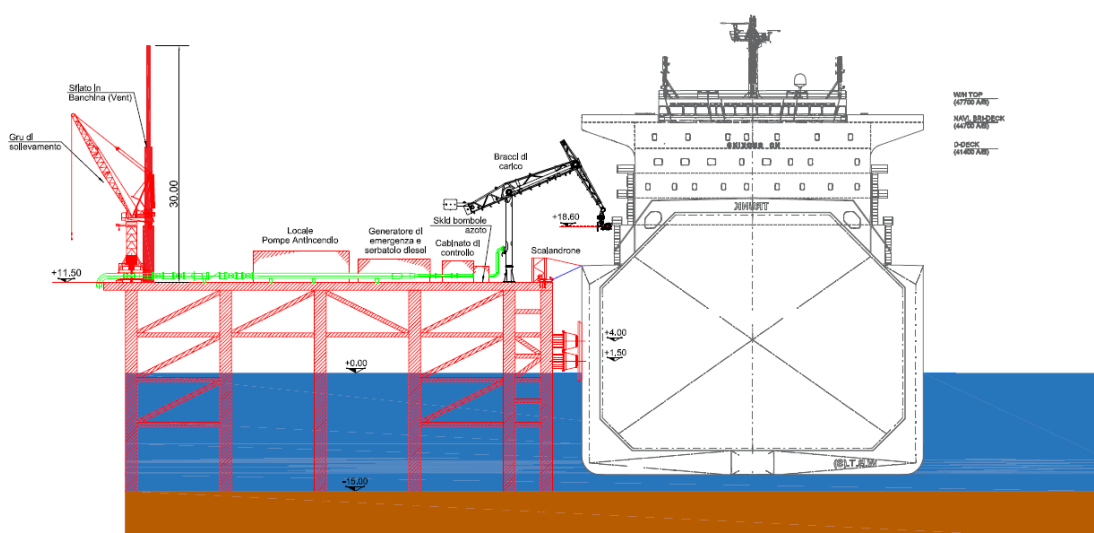


Figura 6: Sezione struttura

| | | | |
|---|--|-----------------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITÀ |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 8 di 13 | Rev. 0 |

3.3. ALTERNATIVA B: Soluzione con Palancolato – planimetria generale dell'ormeggio e sezioni struttura di accosto

L'alternativa B prevede l'inglobamento della piattaforma esistente all'interno di una struttura "ad isola" da realizzarsi con un doppio palancolato metallico rinforzato da tiranti orizzontali che sia consentirà l'ormeggio lato ovest della FSRU che la protezione della stessa dal moto ondoso prevalente

La planimetria e le sezioni della struttura Ref./5/ sono illustrate di seguito.

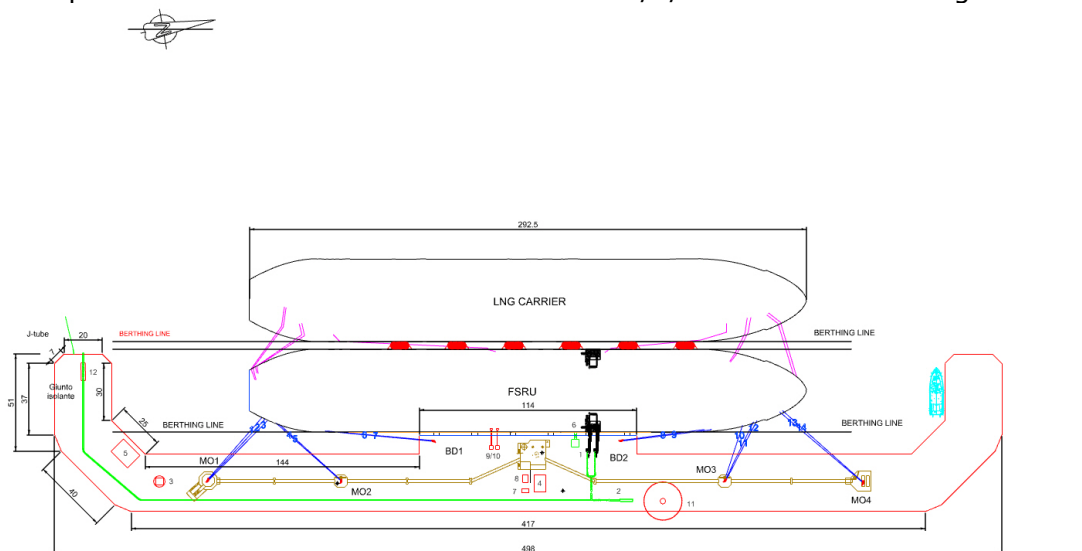


Figura 7: Planimetria generale dell'ormeggio

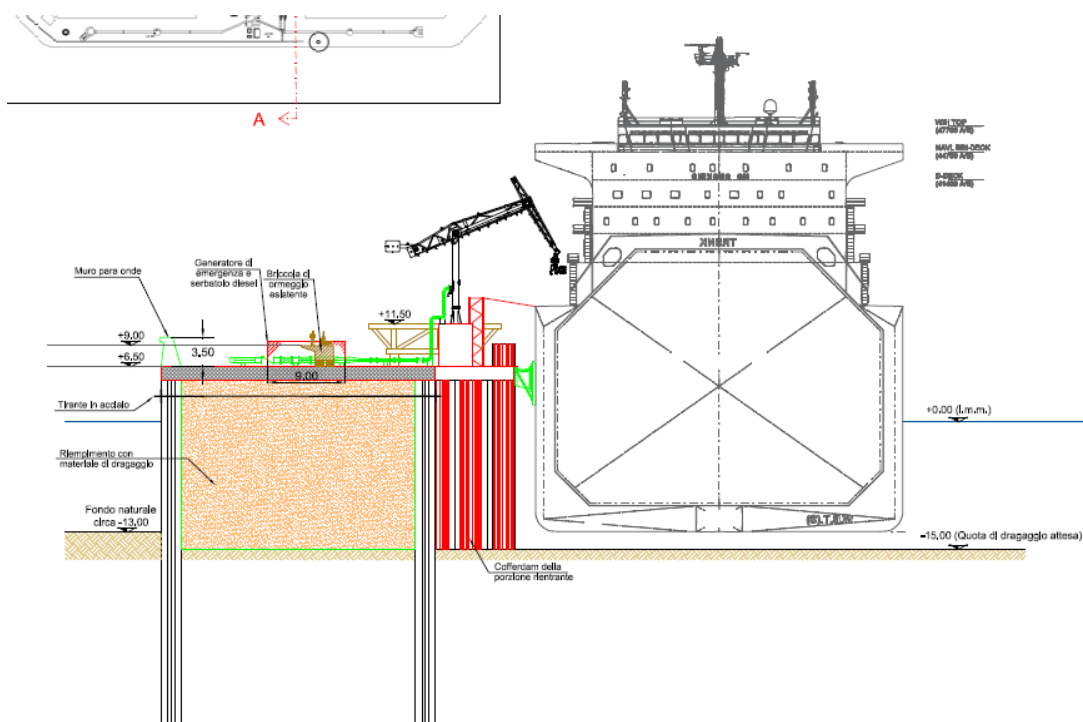


Figura 8: Sezione struttura

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITA |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 9 di 13 | Rev. 0 |

3.4. Condizioni ambientali

I dati meteomarini sono stati estratti da Ref./6/ di seguito riportati.

Area di Punta Marina

Le seguenti tabelle mostrano i valori estremi annuali direzionali e mensili omnidirezionali di vento (Tabella 2), onda (Tabella 3) e corrente a 5m sotto il livello del mare (b.s.l.) (Tabella 4).

In Tabella 5 sono riportate le condizioni ambientali considerate nello studio dell'ormeggio per l'alternativa A. Sono state considerate condizioni ambientali collineari con il vento dei 30 secondi (Ref./1/) omnidirezionale con tempo di ritorno dei 100 anni, onda e corrente omnidirezionale con tempo di ritorno di 1 anno. Per le direzioni dai 247.5deg Nord ai 292.5deg Nord è stata considerata solo la forza del vento.

In Tabella 6 sono riportate le condizioni ambientali considerate nello studio dell'ormeggio per l'alternativa B. Sono state considerate condizioni ambientali collineari con il vento dei 30 secondi (Ref./1/) omnidirezionale con tempo di ritorno dei 100 anni, onda e corrente omnidirezionale con tempo di ritorno di 1 anno. Per le direzioni dai 225deg Nord ai 315deg Nord è stata considerata solo la forza del vento.

| SRG - FSRU - DHI data - Jan. 1979 - Dec. 2021 - Punta Marina - 44.460 N, 12.389 E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Whole Year extreme wind speed - 10 m above sea level | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Return period | | 1 Year | | | | 10 Year | | | | 100 Year | | | | 1000 Year | | | | 10000 Year | | | |
| Wind Incoming Direction | (°N) | Ws-3" (m/s) | Ws-1' (m/s) | Ws-10' (m/s) | Ws-1h (m/s) | Ws-3" (m/s) | Ws-1' (m/s) | Ws-10' (m/s) | Ws-1h (m/s) | Ws-3" (m/s) | Ws-1' (m/s) | Ws-10' (m/s) | Ws-1h (m/s) | Ws-3" (m/s) | Ws-1' (m/s) | Ws-10' (m/s) | Ws-1h (m/s) | Ws-3" (m/s) | Ws-1' (m/s) | Ws-10' (m/s) | Ws-1h (m/s) |
| | 0.0 | 20.6 | 18.6 | 17.1 | 15.9 | 27.2 | 24.4 | 22.2 | 20.5 | 33.9 | 30.1 | 27.1 | 24.9 | 40.5 | 35.7 | 32.0 | 29.1 | 47.3 | 41.4 | 36.8 | 33.2 |
| | 30.0 | 25.7 | 23.1 | 21.1 | 19.5 | 31.5 | 28.0 | 25.4 | 23.3 | 36.8 | 32.6 | 29.3 | 26.8 | 41.9 | 36.9 | 33.0 | 30.0 | 46.8 | 40.9 | 36.4 | 32.9 |
| | 60.0 | 25.3 | 22.7 | 20.7 | 19.2 | 29.4 | 26.2 | 23.8 | 21.9 | 32.9 | 29.3 | 26.5 | 24.3 | 36.2 | 32.0 | 28.8 | 26.4 | 39.1 | 34.5 | 31.0 | 28.2 |
| | 90.0 | 22.3 | 20.1 | 18.4 | 17.1 | 28.3 | 25.3 | 23.0 | 21.2 | 34.2 | 30.4 | 27.4 | 25.1 | 39.9 | 35.2 | 31.6 | 28.7 | 45.6 | 40.0 | 35.6 | 32.2 |
| | 120.0 | 19.4 | 17.5 | 16.1 | 15.0 | 24.2 | 21.8 | 19.9 | 18.5 | 28.9 | 25.9 | 23.5 | 21.7 | 33.6 | 29.8 | 26.9 | 24.7 | 38.2 | 33.7 | 30.3 | 27.6 |
| | 150.0 | 19.8 | 17.9 | 16.4 | 15.3 | 23.8 | 21.4 | 19.5 | 18.1 | 27.4 | 24.6 | 22.4 | 20.6 | 30.9 | 27.6 | 25.0 | 23.0 | 34.3 | 30.4 | 27.4 | 25.1 |
| | 180.0 | 16.2 | 14.7 | 13.6 | 12.7 | 20.1 | 18.2 | 16.7 | 15.6 | 23.9 | 21.5 | 19.6 | 18.2 | 27.4 | 24.5 | 22.3 | 20.6 | 30.8 | 27.5 | 24.9 | 22.9 |
| | 210.0 | 15.1 | 13.8 | 12.8 | 12.0 | 19.2 | 17.4 | 16.0 | 15.0 | 23.1 | 20.8 | 19.1 | 17.7 | 26.9 | 24.1 | 21.9 | 20.3 | 30.5 | 27.2 | 24.7 | 22.7 |
| | 240.0 | 17.7 | 16.0 | 14.8 | 13.8 | 21.9 | 19.8 | 18.1 | 16.8 | 25.9 | 23.2 | 21.2 | 19.6 | 29.7 | 26.5 | 24.1 | 22.2 | 33.4 | 29.7 | 26.8 | 24.6 |
| | 270.0 | 16.4 | 14.9 | 13.8 | 12.9 | 20.2 | 18.2 | 16.8 | 15.6 | 23.8 | 21.4 | 19.6 | 18.2 | 27.4 | 24.6 | 22.4 | 20.6 | 31.0 | 27.6 | 25.0 | 23.0 |
| 300.0 | 19.1 | 17.3 | 15.9 | 14.9 | 23.6 | 21.3 | 19.4 | 18.0 | 28.1 | 25.1 | 22.8 | 21.1 | 32.5 | 28.9 | 26.1 | 24.0 | 36.8 | 32.6 | 29.3 | 26.8 | |
| 330.0 | 18.0 | 16.3 | 15.0 | 14.0 | 23.4 | 21.0 | 19.3 | 17.9 | 28.8 | 25.8 | 23.4 | 21.6 | 34.4 | 30.5 | 27.5 | 25.2 | 40.0 | 35.2 | 31.6 | 28.8 | |
| Omnidir | 27.6 | 24.7 | 22.5 | 20.8 | 32.9 | 29.3 | 26.5 | 24.3 | 38.2 | 33.7 | 30.3 | 27.6 | 43.3 | 38.0 | 34.0 | 30.8 | 48.4 | 42.2 | 37.5 | 33.9 | |

Tabella 2: estremi di vento annuali direzionali per il sito di Punta Marina

| Wave Directional Extremes - Punta Marina - 12.389 E, 44.460 N - Whole year | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------|----------|-----------|---------------------|--------|----------|-----------|----------------------|--------|----------|-----------|-----------------------|--------|----------|-----------|
| Direction - coming from (°N) | 1 yr Return Period | | | | 10 yr Return Period | | | | 100 yr Return Period | | | | 1000 yr Return Period | | | |
| | Hs (m) | Tp (s) | TP5% (s) | TP95% (s) | Hs (m) | Tp (s) | TP5% (s) | TP95% (s) | Hs (m) | Tp (s) | TP5% (s) | TP95% (s) | Hs (m) | Tp (s) | TP5% (s) | TP95% (s) |
| 0 | 1.32 | 6.11 | 4.82 | 7.59 | 1.85 | 6.83 | 5.57 | 8.26 | 2.39 | 7.41 | 6.16 | 8.79 | 2.93 | 7.87 | 6.65 | 9.22 |
| 30 | 2.55 | 7.55 | 6.32 | 8.93 | 3.34 | 8.16 | 6.96 | 9.48 | 4.11 | 8.60 | 7.44 | 9.88 | 4.86 | 8.95 | 7.81 | 10.18 |
| 60 | 3.61 | 8.33 | 7.14 | 9.63 | 4.47 | 8.78 | 7.63 | 10.03 | 5.28 | 9.11 | 7.99 | 10.32 | 6.06 | 9.37 | 8.28 | 10.55 |
| 90 | 3.60 | 8.32 | 7.13 | 9.63 | 4.51 | 8.80 | 7.65 | 10.05 | 5.38 | 9.15 | 8.03 | 10.36 | 6.23 | 9.42 | 8.34 | 10.59 |
| 120 | 2.83 | 7.79 | 6.57 | 9.15 | 3.61 | 8.33 | 7.14 | 9.63 | 4.39 | 8.74 | 7.59 | 10.00 | 5.16 | 9.07 | 7.94 | 10.29 |
| 150 | 1.31 | 6.09 | 4.80 | 7.58 | 1.72 | 6.67 | 5.40 | 8.11 | 2.12 | 7.13 | 5.88 | 8.54 | 2.50 | 7.51 | 6.27 | 8.89 |
| 180 | 0.76 | 5.14 | 3.81 | 6.73 | 1.12 | 5.79 | 4.49 | 7.30 | 1.46 | 6.33 | 5.05 | 7.80 | 1.81 | 6.78 | 5.51 | 8.22 |
| 210 | 0.73 | 5.08 | 3.74 | 6.68 | 1.03 | 5.63 | 4.33 | 7.16 | 1.30 | 6.08 | 4.79 | 7.57 | 1.55 | 6.45 | 5.18 | 7.91 |
| 240 | 0.52 | 4.63 | 3.26 | 6.33 | 0.91 | 5.42 | 4.11 | 6.97 | 1.38 | 6.20 | 4.92 | 7.68 | 1.92 | 6.91 | 5.65 | 8.33 |
| 270 | 0.48 | 4.54 | 3.15 | 6.27 | 0.78 | 5.17 | 3.84 | 6.75 | 1.10 | 5.76 | 4.46 | 7.28 | 1.44 | 6.30 | 5.02 | 7.77 |
| 300 | 0.69 | 5.00 | 3.66 | 6.62 | 1.02 | 5.61 | 4.31 | 7.15 | 1.33 | 6.12 | 4.84 | 7.61 | 1.63 | 6.55 | 5.28 | 8.00 |
| 330 | 1.00 | 5.59 | 4.28 | 7.12 | 1.38 | 6.20 | 4.91 | 7.68 | 1.74 | 6.69 | 5.42 | 8.13 | 2.09 | 7.10 | 5.85 | 8.51 |
| OMNI | 3.90 | 8.49 | 7.32 | 9.78 | 4.79 | 8.92 | 7.78 | 10.16 | 5.66 | 9.25 | 8.14 | 10.44 | 6.52 | 9.50 | 8.43 | 10.66 |

Tabella 3: estremi di onda annuali direzionali per il sito di Punta Marina

| | | | |
|---|---|-----------------------|--------------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA - | UNITA |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 10 di 13 | Rev. 0 |

| SRG - FSRU - DHI data - Jan. 1987 - May. 2020 - Punta Marina - 44.460 N, 12.389 E | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Whole Year extreme current speed - 5 m b.s.l. | | | | | |
| Return period (to - °N) | 1 Year Cs (m/s) | 10 Year Cs (m/s) | 100 Year Cs (m/s) | 1000 Year Cs (m/s) | 10000 Year Cs (m/s) |
| 0.0 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.24 | 0.28 |
| 30.0 | - | - | - | - | - |
| 60.0 | - | - | - | - | - |
| 90.0 | - | - | - | - | - |
| 120.0 | 0.11 | 0.15 | 0.20 | 0.26 | 0.31 |
| 150.0 | 0.36 | 0.41 | 0.47 | 0.51 | 0.56 |
| 180.0 | 0.35 | 0.42 | 0.48 | 0.54 | 0.60 |
| 210.0 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.19 |
| 240.0 | - | - | - | - | - |
| 270.0 | 0.09 | 0.12 | 0.14 | 0.17 | 0.20 |
| 300.0 | 0.13 | 0.17 | 0.21 | 0.25 | 0.28 |
| 330.0 | 0.18 | 0.21 | 0.25 | 0.28 | 0.31 |
| Omnidir | 0.38 | 0.44 | 0.50 | 0.56 | 0.61 |

Tabella 4: estremi di corrente annuali direzionali per il sito di Punta Marina - 5 m b.s.l.

| Condizioni ambientali | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|----------|---------------------------------|--------------------------------|
| Dir (rispetto al Nord) [deg] | Hs [m] | Tp [s] | γ [-] | V _{vento 30"} [m/s] | V _{corrente} [m/s] |
| 0 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 22.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 45 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 67.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 90 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 112.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 135 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 157.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 180 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 202.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 225 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 247.5 | - | - | - | 34.70 | - |
| 270 | - | - | - | 34.70 | - |
| 292.5 | - | - | - | 34.70 | - |
| 315 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 337.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |

Tabella 5: condizioni ambientali considerate nello studio dell'ormeggio per l'alternativa A

| Condizioni ambientali | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|----------|---------------------------------|--------------------------------|
| Dir (rispetto al Nord) [deg] | Hs [m] | Tp [s] | γ [-] | V _{vento 30"} [m/s] | V _{corrente} [m/s] |
| 0 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 22.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 45 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 67.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 90 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 112.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 135 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 157.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 180 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 202.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |
| 225 | - | - | - | 34.70 | - |
| 247.5 | - | - | - | 34.70 | - |
| 270 | - | - | - | 34.70 | - |
| 292.5 | - | - | - | 34.70 | - |
| 315 | - | - | - | 34.70 | - |
| 337.5 | 3.9 | 8.49 | 2.24 | 34.70 | 0.38 |

Tabella 6: condizioni ambientali considerate nello studio dell'ormeggio per l'alternativa B

| | | | |
|---|--|-----------------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA - | UNITÀ |
| | LOCALITÀ REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 11 di 13 | Rev. 0 |

3.5. Caratteristiche del sistema di ormeggio

In Tabella 7 sono riportate le caratteristiche delle linee d'ormeggio assunte per l'alternativa A

| | Materiale | Diametro [mm] | MBL [t] |
|-------|------------|------------------|------------|
| Linea | Poliestere | 117 | 184 |

Tabella 7: caratteristiche delle linee d'ormeggio (alternativa A)

In Tabella 8 sono riportate le caratteristiche delle linee d'ormeggio assunte per l'alternativa B

| | Materiale | Diametro [mm] | MBL [t] |
|-------|------------|------------------|------------|
| Linea | Poliestere | 124 | 206 |

Tabella 8: caratteristiche delle linee d'ormeggio (alternativa B)

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITA |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 12 di 13 | Rev. 0 |

4. METODOLOGIA

Il presente studio di ormeggio è stato effettuato in accordo a Ref./1/, Ref./2/ e Ref./3/ per il calcolo dei SWL (safe working load – carico utile di sicurezza) sulle bitte (Tabella 9).

| Number of mooring hooks per mooring point (N) | Total accidental mooring point load as multiple of the factored rated hook SWL (or factored rated MBL of vessel's mooring line, where appropriate) | Scenario for derivation of total mooring point load from mooring line MBL |
|---|--|---|
| 2 | $1.8 \times 1.18 = 2.1$ | $1 \times 0.8 + 1 \times \text{MBL} =$ line on one mooring hook at MBL and the other at ship's winch design brake holding load |
| 3 | $2.4 \times 1.18 = 2.8$ | $3 \times 0.8 \times \text{MBL} =$ lines on each hook at ship's winch design brake holding load |
| 4 | $3.0 \times 1.18 = 3.5$ | $3 \times 0.8 \times \text{MBL} + 1 \times 0.6 \times \text{MBL} = 3 \times \text{MBL}$ lines on each hook at ship's winch design brake holding load, one line at ship's winch brake setting. |

Tabella 9: metodologia di calcolo dei SWL delle bitte

4.1. Modellazione

I carichi di ormeggio esercitati dalla sola nave FSRU sono stati calcolati con la metodologia quasi statica tramite il software commerciale Orcaflex. Le analisi sono state effettuate ogni 22.5 deg rispetto al Nord geografico.

Il database idrodinamico considerato è di una nave simile, i coefficienti di vento e corrente sono quelli del paragrafo 3.1.

5. RISULTATI

5.1. ALTERNATIVA A: Soluzione con cassoni

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi, da cui si evince che le tensioni sulle linee di ormeggio della sola nave FSRU rispettano i codici Ref./1/ (massima tensione percentuale 49.0% at MO4) e Ref./2/ (minimo Safety Factor 2.04 at MO4). Per quanto riguarda i SWL di progetto delle bitte si dovrà tener conto del massimo valore riscontrato sulla bitta MO2 di 521ton.

| FSRU | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Case | Line1 [t] | Line2 [t] | Line3 [t] | Line4 [t] | Line5 [t] | Line6 [t] | Line7 [t] | Line8 [t] | Line9 [t] | Line10 [t] | Line11 [t] | Line12 [t] | Line13 [t] | Line14 [t] | Line15 [t] | Line16 [t] | Line17 [t] |
| 0 | 16 | 16 | 6 | 6 | 7 | 3 | 3 | 1 | 1 | 53 | 50 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 22.5 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 77 | 72 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 45 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 60 | 59 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 67.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 17 | 22 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 34 | 27 | 6 | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 112.5 | 5 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 41 | 38 | 6 | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 135 | 10 | 9 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 53 | 51 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 157.5 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 61 | 61 | 6 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 180 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 49 | 50 | 6 | 7 | 3 | 3 | 6 | 6 | 12 | 12 |
| 202.5 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 17 | 16 | 47 | 49 | 7 | 7 | 24 | 23 | 29 | 29 | 28 | 27 |
| 225 | 26 | 26 | 37 | 37 | 37 | 41 | 42 | 39 | 41 | 20 | 19 | 71 | 70 | 65 | 65 | 50 | 49 |
| 247.5 | 37 | 37 | 54 | 54 | 54 | 56 | 57 | 37 | 40 | 30 | 27 | 90 | 88 | 78 | 78 | 57 | 57 |
| 270 | 45 | 45 | 65 | 65 | 65 | 67 | 69 | 40 | 43 | 32 | 29 | 90 | 89 | 77 | 78 | 56 | 56 |
| 292.5 | 49 | 49 | 68 | 68 | 68 | 64 | 66 | 23 | 25 | 40 | 36 | 73 | 72 | 59 | 59 | 42 | 42 |
| 315 | 47 | 48 | 63 | 63 | 63 | 55 | 57 | 9 | 10 | 42 | 38 | 50 | 50 | 37 | 38 | 27 | 27 |
| 337.5 | 31 | 31 | 31 | 32 | 32 | 18 | 18 | 1 | 1 | 47 | 44 | 13 | 14 | 8 | 8 | 9 | 9 |
| Max Tension [t] | 49 | 49 | 68 | 68 | 68 | 67 | 69 | 61 | 61 | 77 | 72 | 90 | 89 | 78 | 78 | 57 | 57 |
| d [mm] | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 |
| MBL [t] | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 | 184 |
| Tension [%] | 26.5 | 26.7 | 37.0 | 37.0 | 37.0 | 36.2 | 37.3 | 32.9 | 33.0 | 41.7 | 39.1 | 49.0 | 48.2 | 42.4 | 42.7 | 31.3 | 31.2 |
| SF [-] | 3.77 | 3.74 | 2.70 | 2.70 | 2.70 | 2.76 | 2.68 | 3.04 | 3.03 | 2.40 | 2.55 | 2.04 | 2.07 | 2.36 | 2.34 | 3.20 | 3.21 |
| SWL [t] | MO1 391 | | MO2 521 | | | MO3 391 | | BD1 391 | | BD2 391 | | MO4 391 | | MO5 391 | | MO6 391 | |

Tabella 10: risultati tensioni sulle linee e SWL delle bitte

Dall'analisi di ormeggio si evince che la forza di accosto, senza considerare alcun coefficiente di sicurezza, è di circa 935ton.

| | | | |
|---|---|----------------|-----------|
|  | PROGETTISTA | COMMESSA | UNITA |
| | LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA | MI-SDF-E-09101 | |
| | PROGETTO / IMPIANTO Allacciamento Sottomarino FSRU - RAVENNA | Pag. 13 di 13 | Rev. 0 |

5.2. ALTERNATIVA B: Soluzione con Palancoolato

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi, da cui si evince che le tensioni sulle linee di ormeggio della sola nave FSRU rispettano i codici Ref./1/ (massima tensione percentuale 48.4% at MO3) e Ref./2/ (minimo Safety Factor 2.06 at MO3). Per quanto riguarda i SWL di progetto delle bitte si dovrà tener conto del massimo valore riscontrato sulle bitte MO1 e MO3 di 583ton.

| FSRU | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Case | Line1 [t] | Line2 [t] | Line3 [t] | Line4 [t] | Line5 [t] | Line6 [t] | Line7 [t] | Line8 [t] | Line9 [t] | Line10 [t] | Line11 [t] | Line12 [t] | Line13 [t] | Line14 [t] |
| 0 | 17 | 19 | 20 | 3 | 3 | 5 | 5 | 44 | 42 | 5 | 6 | 7 | 4 | 4 |
| 22.5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 66 | 64 | 9 | 20 | 24 | 5 | 5 |
| 45 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 63 | 62 | 5 | 21 | 27 | 19 | 23 |
| 67.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 33 | 36 | 2 | 3 | 4 | 18 | 21 |
| 90 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 27 | 26 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 112.5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 36 | 36 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 135 | 3 | 3 | 3 | 9 | 8 | 43 | 44 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 157.5 | 2 | 2 | 2 | 9 | 8 | 54 | 55 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 180 | 3 | 3 | 3 | 11 | 11 | 36 | 36 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 23 | 22 |
| 202.5 | 15 | 14 | 14 | 37 | 37 | 36 | 37 | 4 | 5 | 37 | 31 | 29 | 54 | 54 |
| 225 | 42 | 40 | 39 | 61 | 63 | 37 | 38 | 9 | 9 | 82 | 70 | 66 | 73 | 74 |
| 247.5 | 65 | 62 | 61 | 83 | 86 | 39 | 40 | 12 | 11 | 100 | 85 | 80 | 79 | 80 |
| 270 | 78 | 74 | 72 | 95 | 99 | 41 | 42 | 11 | 11 | 95 | 80 | 76 | 76 | 77 |
| 292.5 | 87 | 83 | 80 | 92 | 95 | 34 | 35 | 18 | 16 | 78 | 67 | 63 | 59 | 59 |
| 315 | 90 | 86 | 84 | 80 | 83 | 25 | 26 | 24 | 23 | 50 | 44 | 42 | 36 | 36 |
| 337.5 | 61 | 60 | 59 | 35 | 36 | 11 | 11 | 33 | 31 | 17 | 18 | 19 | 12 | 12 |
| Max Tension [t] | 90 | 86 | 84 | 95 | 99 | 54 | 55 | 66 | 64 | 100 | 85 | 80 | 79 | 80 |
| d [mm] | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 |
| MBL [t] | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 | 206 |
| Tension [%] | 43.6 | 41.8 | 40.7 | 46.2 | 48.0 | 26.2 | 26.6 | 32.2 | 30.9 | 48.4 | 41.2 | 39.0 | 38.3 | 38.9 |
| SF [-] | 2.29 | 2.39 | 2.45 | 2.16 | 2.08 | 3.81 | 3.76 | 3.11 | 3.24 | 2.06 | 2.43 | 2.57 | 2.61 | 2.57 |
| SWL [t] | MO1 583 | | | MO2 437 | | DB1 437 | | DB2 437 | | MO3 583 | | | MO4 437 | |

Tabella 11: risultati tensioni sulle linee e SWL delle bitte

Dall'analisi di ormeggio si evince che la forza di accosto, senza considerare alcun coefficiente di sicurezza, è di circa 935ton.