



ROSETTI MARINO S.p.A.
Ravenna, Italia

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

Rapporto di Verifica Indipendente – Verifica Sismica

Doc. No. P0038328-1-H2 Rev.1 - Maggio 2024

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
1	Seconda Emissione	B.M. Giustiniani / F. Di Nicola	S. Gaugenrieder	S.Copello	08/05/2024
0	Prima Emissione	B.M. Giustiniani / F. Di Nicola	S. Gaugenrieder	S.Copello	04/04/2024

RINA Services S.p.A. | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Services S.p.A.

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	3
LISTA DELLE FIGURE	5
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	7
1 INTRODUZIONE	8
1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO	8
1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	8
2 RIFERIMENTI	9
2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	9
2.2 DOCUMENTI DI PROGETTO	9
2.2.1 Documenti di riferimento di progetto	9
2.2.2 Disegni di progetto	9
2.2.3 Relazioni di progetto	13
2.3 SOFTWARE	13
3 METODOLOGIA DI VERIFICA INDIPENDENTE	14
4 DESCRIZIONE STRUTTURE	15
4.1 DESCRIZIONE PIATTAFORMA DI SCARICO	17
4.2 DESCRIZIONE PASSERELLE E PALI DI SOSTEGNO	19
4.3 DESCRIZIONE BRICCOLE DI ACCOSTO E ORMEGGIO	22
4.4 DESCRIZIONE STRUTTURA DI SUPPORTO RISER E JTUBE	23
4.5 DESCRIZIONE SCALANDRONE SUD	24
5 DATI DI PROGETTO	25
5.1 MATERIALI	25
5.2 DATI AMBIENTALI	26
5.3 DATI GEOTECNICI	27
5.4 DATI SISMICI	27
5.4.1 Vita Nominale 25 Anni	27
5.4.2 Vita Nominale 50 Anni	29
6 CRITERI DI PROGETTAZIONE E ACCETTAZIONE	30
7 ANALISI SISMICA	31
7.1 ANALISI SISMICA PIATTAFORMA DI SCARICO	31
7.1.1 Carichi Sismici	32
7.1.2 Analisi Sismica	32
7.1.3 Risultati Analisi	37
7.2 ANALISI SISMICA BRICCOLE DI ACCOSTO ED ORMEGGIO	44
7.2.1 Carichi Sismici	44
7.2.2 Analisi Statica Equivalente	45
7.2.3 Risultati Analisi	46
7.2.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni	49
7.2.5 Analisi Modale Mono-palo	50
7.3 ANALISI SISMICA PASSERERELLA TUBO GAS	51
7.3.1 Carichi Sismici	51
7.3.2 Analisi Statica Equivalente	52
7.3.3 Risultati Analisi	57
7.3.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni	57

	7.3.5	Analisi Modale Pali di Fondazione	58
7.4		ANALISI SISMICA PALI DI FONDAZIONE	60
	7.4.1	Carichi Sismici	60
	7.4.2	Analisi Statica Equivalente	60
	7.4.3	Risultati Analisi	63
7.5		ANALISI SISMICA PASSERELLE DI COLLEGAMENTO BRICCOLE	68
	7.5.1	Carichi Sismici	68
	7.5.2	Analisi Statica Equivalente	68
	7.5.3	Risultati Analisi	73
	7.5.4	Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni	75
	7.5.5	Analisi Modale Pali di Fondazione	76
7.6		ANALISI SISMICA STRUTTURA SUPPORTO RISER E J-TUBE	78
	7.6.1	Carichi Sismici	78
	7.6.2	Analisi Sismica	79
	7.6.3	Risultati Analisi	84
	7.6.4	Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni	86
7.7		ANALISI SISMICA SCALANDRONE SUD	87
	7.7.1	Carichi Sismici	87
	7.7.2	Analisi Sismica	88
	7.7.3	Risultati Analisi	91
	7.7.4	Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni	95
8		SOMMARIO E CONCLUSIONI	97

APPENDICE A: Comment Sheets

LISTA DELLE TABELLE

	Pag.
Tabella 4-1: Composizione Pali Sotto il Fondale Marino – Piattaforma di Scarico	19
Tabella 5-1: Proprietà Acciaio	25
Tabella 5-2: Classi di Acciaio e Relativi Standard	25
Tabella 5-3: Proprietà Acciaio Relative allo Spessore	26
Tabella 5-4: Dati Geotecnici di Progetto	27
Tabella 5-5: Parametri Sismici per $V_N=25$ anni al Variare del Tempo di Ritorno	27
Tabella 5-6: Tab. 2.4.1 NTC2018	29
Tabella 5-7: Parametri Sismici per $V_N=50$ Anni al Variare del Tempo di Ritorno	29
Tabella 7-1: Risultanti Condizioni di Carico Gravitazionali – Piattaforma di Scarico	33
Tabella 7-2: Pre-combinazioni di Carico – Piattaforma di Scarico	34
Tabella 7-3: Combinazione Gravitazionale Statica – STAT – Piattaforma di Scarico	34
Tabella 7-4: Modi di Vibrare Struttura Principale – Piattaforma di Scarico	34
Tabella 7-5: Fattori di Partecipazione Modale – Piattaforma di Scarico	36
Tabella 7-6: Risultanti Spettri di Risposta Direzionali (CQC) – Piattaforma di Scarico	37
Tabella 7-7: Risultante Spettrale Globale (SRSS) – Piattaforma di Scarico	37
Tabella 7-8: Combinazioni di Verifica SLV – Piattaforma di Scarico	37
Tabella 7-9: Massimi UC per Gruppi – SLV – Piattaforma di Scarico	38
Tabella 7-10: Verifica $UC>0.20$ Nodi Tubolari – Piattaforma di Scarico	41
Tabella 7-11: Verifiche Strutturali - ISO 19902 – Briccola	47
Tabella 7-12: Periodi e Frequenze di Vibrazione – Briccola	50
Tabella 7-13: Risultante Carichi Passerella TG2	53
Tabella 7-14: Risultante Carichi Passerella TG3	53
Tabella 7-15: Risultante Carichi Passerella TG5	53
Tabella 7-16: Risultante Carichi Passerella TG7	54
Tabella 7-17: Combinazioni Base SLV – Passerella Tubo Gas	54
Tabella 7-18: Combinazioni Sismiche SLV – Passerella Tubo Gas	54
Tabella 7-19: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG2	56
Tabella 7-20: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG3	56
Tabella 7-21: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG5	56
Tabella 7-22: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG7	57
Tabella 7-23: Carichi Passerella su Pali di Fondazione	58
Tabella 7-24: Periodi e frequenze di vibrazione – Telaio Longitudinale	59
Tabella 7-25: Periodi e Frequenze di Vibrazione – Telaio a Sbalzo	59
Tabella 7-26: Risultante Condizioni di Carico Applicate – Pali di Fondazione	62
Tabella 7-27: Combinazioni Base SLV – Pali di Fondazione	62
Tabella 7-28: Combinazioni Sismiche – Pali di Fondazione	62
Tabella 7-29: Risultanti Combinazioni Sismiche – Pali di Fondazione	63
Tabella 7-30: Massimi UC per Gruppo – Pali di Fondazione	63
Tabella 7-31: Verifica Nodi Palo – Tubo Collegamento	64
Tabella 7-32: Verifica Porzione Palo Infissa – Pali di Fondazione	66
Tabella 7-33: Risultante Carichi – Passerella tipica	70
Tabella 7-34: Risultante Carichi – Passerella Punto Fisso	71
Tabella 7-35: Combinazioni Base – Passerelle di Collegamento Briccole	71
Tabella 7-36: Combinazioni Sismiche – Passerella tipica	71

Tabella 7-37: Combinazioni Sismiche – Passerella Punto Fisso	72
Tabella 7-38: Risultante Combinazioni Sismiche – Passerella tipica	72
Tabella 7-39: Risultante Combinazioni Sismiche – Passerella Punto Fisso	73
Tabella 7-40: Verifiche Elementi $UC > 0.40$ – Passerella Tipica	74
Tabella 7-41: Verifiche Elementi $UC > 0.40$ – Passerella Punto Fisso	75
Tabella 7-42: Carichi Passerella su Pali di Fondazione	76
Tabella 7-43: Periodi e Frequenze di Vibrazione – Pali di Fondazione	77
Tabella 7-44: Risultanti Condizioni di Carico Statiche – Struttura Supporto Riser e J-tube	80
Tabella 7-45: Combinazione Carichi Gravitazionali – Struttura Supporto Riser e J-tube	80
Tabella 7-46: Combinazione Lineare STAT – Struttura Supporto Riser e J-tube	80
Tabella 7-47: Modi di Vibrare Principali – Struttura Supporto Riser e J-tube	80
Tabella 7-48: Fattori di Partecipazione Modale – Struttura Supporto Riser e J-tube	82
Tabella 7-49: Risultanti Spettri di Risposta Direzionali (CQC) – Struttura Supporto Riser e J-tube	83
Tabella 7-50: Risultante Spettrale Globale (SRSS) – Struttura Supporto Riser e J-tube	83
Tabella 7-51: Combinazioni di Verifica SLV – Struttura Supporto Riser e J-tube	83
Tabella 7-52: Massimi UC per Gruppi – SLV – Struttura Supporto Riser e J-tube	84
Tabella 7-53: Verifica $UC > 0.20$ Nodi Tubolari – Struttura Supporto Riser e J-tube	85
Tabella 7-54: Verifiche Sezione Palo Infissa – Struttura Supporto Riser e J-tube	86
Tabella 7-55: Risultanti Condizioni di Carico Gravitazionali – Scaladrone Sud	89
Tabella 7-56: Combinazione Gravitazionale Statica – STAT – Scaladrone Sud	89
Tabella 7-57: Modi di Vibrare Principali – Scaladrone Sud	89
Tabella 7-58: Fattori di Partecipazione Modale – Scaladrone Sud	90
Tabella 7-59: Risultanti Spettri di Risposta Direzionali (CQC) – Scaladrone Sud	91
Tabella 7-60: Risultante Spettrale Globale (SRSS) – Scaladrone Sud	91
Tabella 7-61: Combinazioni di Verifica SLV – Scaladrone Sud	91
Tabella 7-62: Massimi UC per Gruppi – SLV – Scaladrone Sud	92

LISTA DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 4-1: Layout Generale	16
Figura 4-2: Modello 3D Nuova Piattaforma di Scarico	17
Figura 4-3: Modello 3D Nuova Piattaforma di Scarico (solo struttura)	17
Figura 4-4: Modello 3D Pontile	19
Figura 4-5: Planimetria Passerelle di Supporto della Tubazione Gas da 26"	19
Figura 4-6: Struttura Passerella Tipo 1 (TG2 e TG3)	20
Figura 4-7: Struttura Passerella Tipo 5 (TG5 e TG7)	20
Figura 4-8: Planimetria Passerelle di Collegamento delle Briccole	21
Figura 4-9: Struttura Passerella Tipo 9 (tipica)	21
Figura 4-10: Struttura Passerella con Punto Fisso	21
Figura 4-11: Modello 3D e Geometria Briccola	22
Figura 4-12: Modello 3D e Geometria Struttura di Supporto Riser e J-Tube	23
Figura 4-13: Modello 3D Nuova Piattaforma Scalandrone Sud	24
Figura 5-1: Spettro SLV Pali Passerelle, Briccole e Jacket – $V_N=25$ anni	28
Figura 5-2: Spettro SLV Pali Supporto Tubazioni Gas – $V_N=25$ anni	28
Figura 5-3: Spettro di Risposta SLV – $V_N=50$ anni	29
Figura 7-1: Modello SACS – Piattaforma di Scarico	31
Figura 7-2: Modi Principali di Vibrazione – Piattaforma di Scarico	35
Figura 7-3: Massimi UC > 0.40 - Jacket – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico	39
Figura 7-4: Massimi UC > 0.70 - Deck El. + 11.5m – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico	39
Figura 7-5: Massimi UC > 0.50 - Deck El. + 4.0m – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico	40
Figura 7-6: Massimi UC > 0.40 - Diagonali e montanti Deck – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico	40
Figura 7-7: Massimi UC > 0.30 – Pali fuori terra – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico	41
Figura 7-8: Denominazione Nodi Teste Pali – Piattaforma di Scarico	42
Figura 7-9: Curve di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Piattaforma di Scarico	43
Figura 7-10: Modello L-Pile – Briccola	44
Figura 7-11: Spettri di Risposta SLV – Briccola	45
Figura 7-12: Carichi Assegnati L-pile – Briccola	45
Figura 7-13: Diagramma Momento – Briccola	46
Figura 7-14: Diagramma Taglio – Briccola	46
Figura 7-15: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici 1984 – Briccola	48
Figura 7-16: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Briccola	49
Figura 7-17: Primo Modo di Vibrazione – Briccola	50
Figura 7-18: Passerelle Supporto Tubo Gas – Analisi sismica	51
Figura 7-19: Modi di Vibrazione – Telaio Longitudinale	58
Figura 7-20: Modo di Vibrazione – Telaio a Sbalzo	59
Figura 7-21: Modello SACS – Pali di Fondazione	60
Figura 7-22: Massimi UC Pali – Pali di Fondazione	64
Figura 7-23: Diagramma Momento – Pali di Fondazione	65
Figura 7-24: Diagramma Taglio – Pali di Fondazione	65
Figura 7-25: Massima Capacità Portante Palo NTC – Parametri Geotecnici Dati Reinterpretati – Pali di Fondazione	66

Figura 7-26: Massima Capacità Portante Palo NTC – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Pali di Fondazione	67
Figura 7-27: Passerelle di Collegamento Briccole – Analisi sismica	68
Figura 7-28: Primo Modo di Vibrazione – Pali di Fondazione	77
Figura 7-29: Modello SACS – Struttura Supporto Riser e J-tube	78
Figura 7-30: Modi di Vibrazione Principali – Struttura Supporto Riser e J-tube	81
Figura 7-31: Diagramma Momento – Struttura Supporto Riser e J-tube	85
Figura 7-32: Diagramma Taglio – Struttura Supporto Riser e J-tube	86
Figura 7-33: Modello SACS – Scaladrone Sud	87
Figura 7-34: Modi Principali di Vibrazione – Scaladrone Sud	90
Figura 7-35: Massimi UC – SLV – Scaladrone Sud	92
Figura 7-36: Massimi UC El. +9.0 m – SLV – Scaladrone Sud	93
Figura 7-37: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Dati Reinterpretati – Scaladrone Sud	94
Figura 7-38: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Scaladrone Sud	95

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

CQC	Combinazione Quadratica Completa
EL.	Elevazione
FSRU	Floating Storage Regasification Unit
GNL	Gas Naturale Liquefatto
S.L.M.M.	Sul Livello Marino Medio
SLV	Stato Limite di Salvaguardia alla Vita
SRSS	Radice Quadrata della Somma dei Quadrati

1 INTRODUZIONE

1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art.5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, la Società SNAM FSRU Italia, controllata al 100% da SNAM S.p.A ("SNAM"), ha ottenuto in data 07.11.2022 l'Autorizzazione Unica rilasciata dal Commissario straordinario di Governo, per realizzare le opere a mare ed a terra necessarie all'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) in corrispondenza della piattaforma offshore esistente denominata "PETRA" posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (Ravenna) e il trasferimento del gas naturale fino al punto di collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti in corrispondenza dell'impianto Nodo di Ravenna di Snam Rete.

L'FSRU sarà in grado di stoccare fino a 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL).

Le opere previste nel Progetto FSRU Ravenna sono le seguenti:

1. Adeguamento e ampliamento della esistente piattaforma "PETRA" inclusiva di tutte le opere impiantistiche necessarie allo scarico del gas naturale ed il suo convogliamento, tramite pipeline DN 650 (26") – DP 100 barg, nella condotta sottomarina (c.d. sealine).
2. Posa di una nuova condotta sottomarina (c.d. sealine) DN 650 (26") – DP 100 barg lunga circa 8,5 km, per collegare la piattaforma Petra ed il punto di arrivo a terra posto in corrispondenza dell'area impianto denominata ex-SAROM situata a Punta Marina a ridosso della linea di costa, inclusiva della realizzazione del microtunnel costiero e della posa del cavo a fibra ottica.
3. Posa del tratto di condotta a terra DN 650 (26") – DP 100 barg lunga circa 2,5 km tra l'area ex-SAROM e l'impianto trappole previsto all'interno dell'area impianto PDE a Punta Marina.
4. Posa del tratto di condotta a terra DN 900 (36") – DP 75 barg lunga circa 31,5 km tra l'impianto trappole previsto all'interno dell'area impianto PDE e l'area del Nodo di Ravenna di Snam Rete Gas. Il tratto include anche la realizzazione dell'impianto di correzione dell'Indice di Wobbe, dell'impianto di filtraggio, misura e regolazione PDE di Punta Marina e dell'impianto trappole e collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti denominato Nodo di Ravenna.

È prevista inoltre l'installazione di un sistema di diga frangiflutti (break water) in prossimità del terminale, posta a circa 80m ad est della piattaforma di ormeggio "PETRA".

1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento ha lo scopo di illustrare le attività di terza parte svolte da RINA Services S.p.A. (nel seguito "RINA") allo scopo di verificare la conformità del progetto ai fini delle verifiche sismiche condotte da ROSETTI MARINO S.p.A. (nel seguito "ROSETTI MARINO") relativamente alle seguenti strutture del terminale marittimo SNAM di Ravenna:

- ✓ Piattaforma di Scarico
- ✓ Passerelle e Pali di Sostegno
- ✓ Briccole di Accosto ed Ormeggio
- ✓ Struttura di Supporto del Riser e J-Tube
- ✓ Scalandrone Sud.

2 RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- [1] DM 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018)
- [2] ISO 19900 - General requirements for offshore structures
- [3] ISO 19901-2 - Petroleum and natural gas industries - Specific requirements for offshore structures – Seismic design procedures and criteria
- [4] ISO 19902 - Petroleum and natural gas industries - Fixed steel offshore structures
- [5] EN 1993 - Progettazione delle strutture in acciaio
- [6] RINA Rules for the Classification of Steel Fixed Offshore Platforms, Ed. 2015

2.2 DOCUMENTI DI PROGETTO

2.2.1 Documenti di riferimento di progetto

N. Documento	Revisione	Titolo
0001-CI-E-017000	0	BASI DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE
0001-CA-E-017012	B	SPECIFICA MATERIALI STRUTTURALI
0001-CI-E-017545	0	RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA
0001-CI-E-017546	A	RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEI MATERIALI STRUTTURALI
0001-CI-E-017547	A	PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE
0001-CI-E-012500	B	RELAZIONE GEOTECNICA
0001-CI-E-012502	A	MODELLAZIONE SISMICA CONCERNENTE LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE CON ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL) E VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE

2.2.2 Disegni di progetto

N. Documento	Revisione	Titolo
0001-CB-B-017001	C	LAYOUT GENERALE DEL PONTILE
0001-CB-B-017002	B	PIANTA DELLA PALIFICATA
0001-CB-B-017537	A	LAYOUT GENERALE DEL PONILE DISEGNO DI TRACCIAMENTO GEOREFENZATO
0001-CD-B-017004	A	NOTE GENERALI
0001-CD-B-017005	A	DETTAGLI STANDARD - TRAVI - DETTAGLI TIPICI DI SALDATURA
0001-CD-B-017006	A	DETTAGLI STANDARD - TRAVI - CONNESSIONI TIPICHE
0001-CD-B-017007	A	DETTAGLI STANDARD - NODI TUBOLARI - CONNESSIONI TIPICHE
0001-CD-B-017008	A	DETTAGLI STANDARD - NODI TUBOLARI - DETTAGLI TIPICI DI SALDATURA
0001-CD-B-017016	A	DETTAGLI STANDARD - TIPOLOGICO SCALE
0001-CD-B-017017	A	DETTAGLI STANDARD - TIPOLOGICO PARAPETTI

0001-CD-B-017018	A	DETTAGLI STANDARD - TIPOLOGICO SCALE VERTICALI
0001-CD-B-017019	C	DETTAGLI STANDARD - TIPOLOGICO FISSAGGIO GRIGLIATO
0001-CD-B-017038	B	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 1 - ASSIEME
0001-CD-B-017039	A	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 1 - DETTAGLI
0001-CD-B-017040	C	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 2 - ASSIEME
0001-CD-B-017041	A	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 2 - DETTAGLI
0001-CD-B-017042	0	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 3 - ASSIEME
0001-CD-B-017043	0	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 3 - DETTAGLI
0001-CD-B-017044	B	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 4 - ASSIEME
0001-CD-B-017045	A	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 4 - DETTAGLI
0001-CD-B-017046	C	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 5 - ASSIEME
0001-CD-B-017047	A	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 5 - DETTAGLI
0001-CD-B-017048	B	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 6 - ASSIEME
0001-CD-B-017049	A	PASSERELLA TUBO GAS 26 - TIPO 6 - DETTAGLI
0001-CD-B-017050	B	PASSERELLA TUBO GAS 26 - DETTAGLI TIPICI A & B
0001-CD-B-017051	B	PASSERELLA TUBO GAS 26 - DETTAGLI TIPICI C & D
0001-CD-B-017082	C	COMPOSIZIONE PALI - PASSERELLE 1
0001-CD-B-017083	B	COMPOSIZIONE PALO RISER - VERNICIATURA E MARCATURA
0001-CD-B-017086	D	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 1 - PIANTE SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017087	D	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 2 TUBO GAS - PIANTE SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017088	D	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 3 TUBO GAS -PIANTE SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017089	C	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 4 TUBO GAS - PIANTE & SEZIONI
0001-CD-B-017090	C	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 4 TUBO GAS - SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017091	C	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 7 TUBO GAS - PIANTE SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017092	D	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 5 TUBO GAS - PIANTE & SEZIONI
0001-CD-B-017093	C	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 5 TUBO GAS - SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017094	D	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 6 - PIANTE & SEZIONI
0001-CD-B-017095	C	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE TIPO 6 - SEZIONI & DETTAGLI
0001-CD-B-017096	A	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE - DETTAGLI TIPICI
0001-CD-B-017097	B	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE - DETTAGLI TIPICI 2
0001-CD-B-017160	B	DECK - PIANTA GENERALE
0001-CD-B-017161	E	DECK - LATO OVEST - STRUTTURA PRIMARIA PIANTA +11.50

0001-CD-B-017162	C	DECK - LATO EST - STRUTTURA PRIMARIA PIANTA +11.50
0001-CD-B-017163	D	DECK - LATO OVEST - STRUTTURA SECONDARIA PIANTA +11.50
0001-CD-B-017164	C	DECK - LATO EST - STRUTTURA SECONDARIA PIANTA +11.50
0001-CD-B-017165	C	DECK - LATO EST & OVEST - PIANTA +4.00
0001-CD-B-017166	D	DECK - LATO EST - SEZIONI PICCHETTI A & B
0001-CD-B-017167	B	DECK - LATO EST - SEZIONI PICCHETTI 1 & 2
0001-CD-B-017168	D	DECK - LATO EST - SEZIONI PICCHETTO 3 & SEZIONE A-A
0001-CD-B-017169	D	DECK - LATO OVEST - SEZIONI PICCHETTI D & E
0001-CD-B-017170	C	DECK - LATO OVEST - SEZIONI PICCHETTI 1 & 2
0001-CD-B-017171	C	DECK - LATO OVEST - SEZIONI PICCHETTO 3 & SEZIONE B-B
0001-CD-B-017172	B	DECK - LATO EST & OVEST - SEZIONI C-C & D-D
0001-CD-B-017173	A	DECK - LATO EST & OVEST - DETTAGLI 1 & 2
0001-CD-B-017174	A	DECK - LATO EST & OVEST - DETTAGLI 3, 4, 5 & 6
0001-CD-B-017175	B	DECK - LATO EST & OVEST - DETTAGLI 7, 8 & 9
0001-CD-B-017176	A	DECK - LATO EST & OVEST - DETTAGLI 10, 11, 12, 13 & 14
0001-CD-B-017177	A	DECK - LATO EST & OVEST - DETTAGLI 21 & 22
0001-CD-B-017182	B	DECK - LATO OVEST - DETTAGLIO BRACCI DI CARICO - DETTAGLIO 20
0001-CD-B-017189	A	DECK - NODI CONTROVENTI DI PIANO - DETTAGLI 1, 2, 3, 4 & 5
0001-CD-B-017190	A	DECK - NODI CONTROVENTI DI PIANO - DETTAGLI 6, 7, 8, 9 & 10
0001-CD-B-017191	A	DECK - NODI CONTROVENTI DI PIANO - DETTAGLI 11, 12, 13, 14 & 15
0001-CD-B-017192	A	DECK - NODI CONTROVENTI DI PIANO - DETTAGLI 16, 17, 18 & 19
0001-CD-B-017211	A	DECK - LATO EST & OVEST - SEZIONI E-E & F-F
0001-CD-B-017259	C	PALI JACKET - COMPOSIZIONE E MARCATURA
0001-CD-B-017262	A	JACKET - STRUTTURA PRIMARIA - PIANTA -3.40
0001-CD-B-017263	A	JACKET - STRUTTURA PRIMARIA - PIANTA -14.15
0001-CD-B-017264	B	JACKET - STRUTTURA PRIMARIA - SEZIONE PICCHETTO A
0001-CD-B-017265	B	JACKET - STRUTTURA PRIMARIA - SEZIONE PICCHETTO E
0001-CD-B-017266	B	JACKET - STRUTTURA PRIMARIA - SEZIONE PICCHETTO 1
0001-CD-B-017267	B	JACKET - STRUTTURA PRIMARIA - SEZIONE PICCHETTO 3
0001-CD-B-017270	B	JACKET - DETTAGLIO 2 FALSA GAMBA
0001-CD-B-017271	A	JACKET - MUD MATS - PIANTE
0001-CD-B-017272	A	JACKET - MUD MATS - SEZIONI
0001-CD-B-017273	A	JACKET - MUD MATS - DETTAGLI
0001-CD-B-017301	B	BL - COMPOSIZIONE PALO
0001-CD-B-017304	A	IMBARCADERO - ASSIEME SLEEVE
0001-CD-B-017323	C	BRICCOLE DI ACCOSTO - COMPOSIZIONE PALO

0001-CD-B-017326	D	BA1, 2, 3,4, 5 - STRUTTURA PRINCIPALE - SLEEVE -ASSIEME
0001-CD-B-017327	E	BA - STRUTTURA PRINCIPALE - DETTAGLI PIASTRA DI SUPPORTO 2 GANCI
0001-CD-B-017328	B	BA-BO - STRUTTURA PRINCIPALE - DETTAGLI GUIDE, SHIMS E GROUT SEAL
0001-CD-B-017353	C	BRICCOLE DI ORMEGGIO BO-N-4, 5, 6, 7 - COMPOSIZIONE PALO
0001-CD-B-017356	C	BO-N-4,5,6,7 - STRUTTURA PRINCIPALE - SLEEVE -ASSIEME
0001-CD-B-017357	D	BO - STRUTTURA PRINCIPALE - DETTAGLI PIASTRA DI SUPPORTO 2 GANCI
0001-CD-B-017358	D	BO - STRUTTURA PRINCIPALE - DETTAGLI PIASTRA DI SUPPORTO 3 GANCI
0001-CD-B-017361	C	BO-S-0,1,2,3 - STRUTTURA PRINCIPALE - SLEEVE -ASSIEME
0001-CD-B-017366	B	BRICCOLE DI ORMEGGIO - BO-S-0/1/2/3 COMPOSIZIONE PALO
0001-CD-B-017384	B	PASSERELLA - TIPO 7 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017385	B	PASSERELLA - TIPO 8 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017386	B	PASSERELLA - TIPO 9 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017387	B	PASSERELLA - TIPO 10 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017388	B	PASSERELLA - TIPO 11 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017389	B	PASSERELLA - TIPO 12 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017390	B	PASSERELLA - TIPO 13 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017391	B	PASSERELLA - TIPO 14 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017392	B	PASSERELLA - TIPO 15 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017393	B	PASSERELLA - TIPO 16 - ASSIEME E DETTAGLI
0001-CD-B-017398	A	SCALE DI ACCESSO – PIANTA CHIAVE
0001-CD-B-017440	A	PALI MONITORI NORD - COMPOSIZIONE - VERNICIATURA E MARCATURA
0001-CD-B-017453	A	TUBO CAMICIA RISER 26in - ASSIEME
0001-CD-B-017454	A	TUBO CAMICIA RISER 26in - STRUTTURA - PIANTA ED ELEVAZIONI
0001-CD-B-017461	B	PALO VERRICELLO - COMPOSIZIONE - VERNICIATURA E MARCATURA
0001-CD-B-017462	A	PTF SCALANDRONE SUD - PIANTA
0001-CD-B-017463	A	PTF SCALANDRONE SUD - SEZIONI
0001-CD-B-017464	A	PTF SCALANDRONE SUD - CONTROVENTI DI PIANO - PIANTA
0001-CD-B-017465	A	PTF SCALANDRONE SUD - DETTAGLIO 1
0001-CD-B-017481	B	PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD - COMPOSIZIONE PALO - VERNICIATURA E MARCATURA
0001-CD-B-017507	B	PIATTAFORMA VERRICELLO - SOVRASTRUTTURA - PIANTA

0001-CD-B-017511	A	TESTATA SUPPORTO PASSERELLE - SLEEVE PER COLLEGAMENTO PALO CEMENTATO
0001-CD-B-017513	A	PALIFICATA DI SUPPORTO TUBAZIONE 26" - COLLEGAMENTO PALIFICATA - PIANTA E SEZIONE

2.2.3 Relazioni di progetto

N. Documento	Revisione	Titolo
0001-CI-E-017030	0	PASSERELLE DI SOSTEGNO TUBO GAS 26 in - ANALISI STATICA IN SERVIZIO
0001-CI-E-017031	B	CALCOLO CAPITELLO DI SUPPORTO PASSERELLE
0001-CI-E-017032	1	ANALISI DEI PALI DI FONDAZIONE DELLE PASSERELLE
0001-CI-E-017033	1	PASSERELLE DI SOSTEGNO TUBO GAS 26 in – ANALISI SISMICA
0001-CI-E-017150	A	DECK - RELAZIONE DI CALCOLO STATICA STRUTTURALE IN SITO
0001-CI-E-017249	A	VERIFICHE SISMICHE IN OTTEMPERANZA AL DM 17/01/2018 – RELAZIONE DI CALCOLO
0001-CI-E-017250	B	PIATTAFORMA - DECK + JACKET + PALI - ANALISI SISMICA
0001-CI-E-017251	B	JACKET - ANALISI STATICA IN SERVIZIO
0001-CI-E-017257	B	JACKET - VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE
0001-CI-E-017300	B	RELAZIONE DI CALCOLO DELL IMBARCADERO
0001-CI-E-017320	1	BA - RELAZIONE DI PROGETTAZIONE STATICA STRUTTURALE IN SITO
0001-CI-E-017321	1	BRICCOLE ACCOSTO - RELAZIONE DI PROGETTAZIONE SISMICA STRUTTURALE IN SITO
0001-CI-E-017350	1	BO - RELAZIONE DI PROGETTAZIONE STATICA STRUTTURALE IN SITO
0001-CI-E-017351	1	BRICCOLA ORMEGGIO - RELAZIONE DI PROGETTAZIONE SISMICA STRUTTURALE IN SITO
0001-CI-E-017380	A	RELAZIONE DI CALCOLO PASSERELLE STATICA E SISMICA
0001-CI-E-017419	B	RELAZIONE DI CALCOLO DELLA STRUTTURA DI SUPPORTO DEL RISER E JTUBE ANALISI SISMICA
0001-CI-E-017450	B	RELAZIONE DI CALCOLO DELLA STRUTTURA DI SUPPORTO DEL RISER E JTUBE ANALISI STATICA IN SERVIZIO
0001-CI-E-017528	B	PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD - STATICA
0001-CI-E-017529	C	PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD – SISMICA
0001-CI-E-017532	B	PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD - VERIFICA DEI PALI DI FONDAZIONE

2.3 SOFTWARE

SACS - Structural Analysis Computer System (Bentley)

3 METODOLOGIA DI VERIFICA INDIPENDENTE

RINA ha svolto un esame approfondito della documentazione di progetto (disegni e relazioni di calcolo) fornita da ROSETTI MARINO (Rif. Par. 2.2) allo scopo di verificare che il progetto strutturale ai fini delle verifiche sismiche condotte sia conforme agli applicabili requisiti delle normative di riferimento.

In parallelo all'esame documentale, RINA ha inoltre effettuato un controllo accurato dei modelli a elementi finiti forniti da ROSETTI MARINO. In particolare, utilizzando i file di input forniti da ROSETTI MARINO, sono state effettuate nuovamente le analisi con l'ausilio del software SACS con lo scopo principale di confermare la corrispondenza tra i risultati ottenuti con quelli illustrati nelle relazioni di calcolo corrispondenti.

RINA ha inoltre effettuato delle analisi sismiche indipendenti della piattaforma di scarico creando un proprio modello tramite il software SACS.

4 DESCRIZIONE STRUTTURE

La struttura oggetto delle verifiche è un terminale per ormeggio di una FSRU ed è costituito dai seguenti elementi principali:

- ✓ Una piattaforma dotata di impianti di trasferimento prodotto e sistemi di sicurezza
- ✓ Un sistema di ormeggio offshore (con briccole di accosto e di ormeggio)
- ✓ Un sistema di passerelle di collegamento alle briccole e di trasporto del tubo gas da 26" fino alla risalita ("riser") di collegamento alla linea sottomarina che porta il gas a terra
- ✓ Struttura di supporto del Riser e J-Tube
- ✓ Piattaforma Scalandrone Sud
- ✓ Imbarcadere lato est piattaforma di scarico
- ✓ Piattaforme utilities
- ✓ Il pontile esistente "Petra" che fungerà principalmente da via di fuga e sostegno del nuovo cabinato alloggi che sostituirà l'esistente.

Nel dettaglio, gli elementi costituenti il terminale sono i seguenti:

1. Una piattaforma di scarico costituita da un Deck + Jacket a 4 pali (diametro = 1675 mm)
2. N° 6 briccole di accosto monopalo da 3000 mm + sleeve con fenders
3. N° 8 briccole di ormeggio monopalo da 3000 mm + sleeve
4. N° 22 pali di sostegno passerelle da 1500 mm
5. N° 2 pali imbarcadere "boat-landing" lato est piattaforma
6. N° 1 palo di supporto Riser+ N° 2 J-tube + sleeve lato sud da 1950 mm
7. N° 4 pali da 1500 mm + piattaforma scalandrone sud
8. N° 22 capitelli di supporto passerelle
9. N° 10 passerelle di sostegno tubo import gas da 26"
10. N° 13 passerelle di servizio alle briccole e di comunicazione
11. N° 1 passerella di collegamento allo scalandrone sud
12. N° 3 passerelle per via di fuga lato est piattaforma
13. Scalette di collegamento tra passerelle e briccole
14. N° 3 passerelle corte di collegamento tra "Petra" e pontile FSRU
15. N° 3 piccole piattaforme 4 x 4 supportate da N° 3 monopali da 1500 mm di diametro per "utilities accessorie alla piattaforma di scarico"

Si riporta nell'immagine seguente il layout generale del terminale.

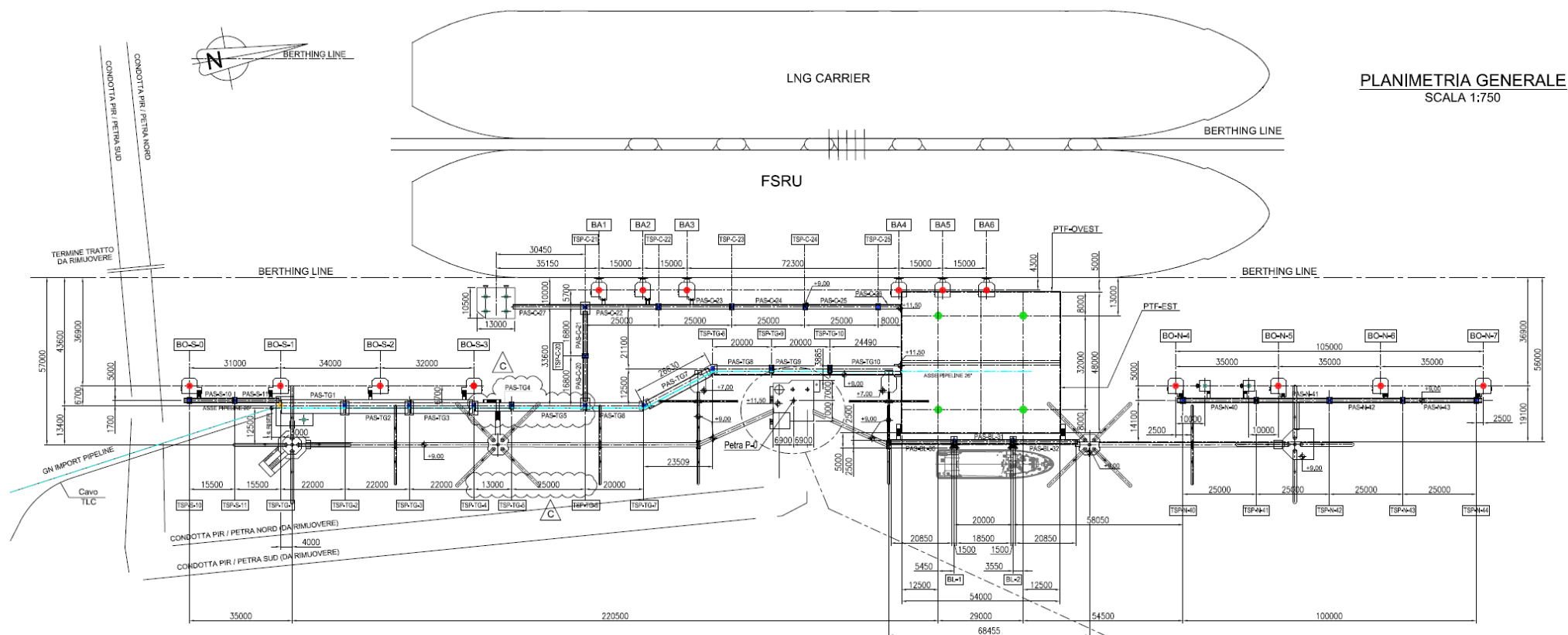


Figura 4-1: Layout Generale

4.1 DESCRIZIONE PIATTAFORMA DI SCARICO

La nuova piattaforma di scarico è costituita da un Jacket e un Deck, a sua volta costituito da due semideck, che poggia sulle quattro gambe del Jacket e su due false gambe nei lati nord e sud (vedi Figura 4-3).

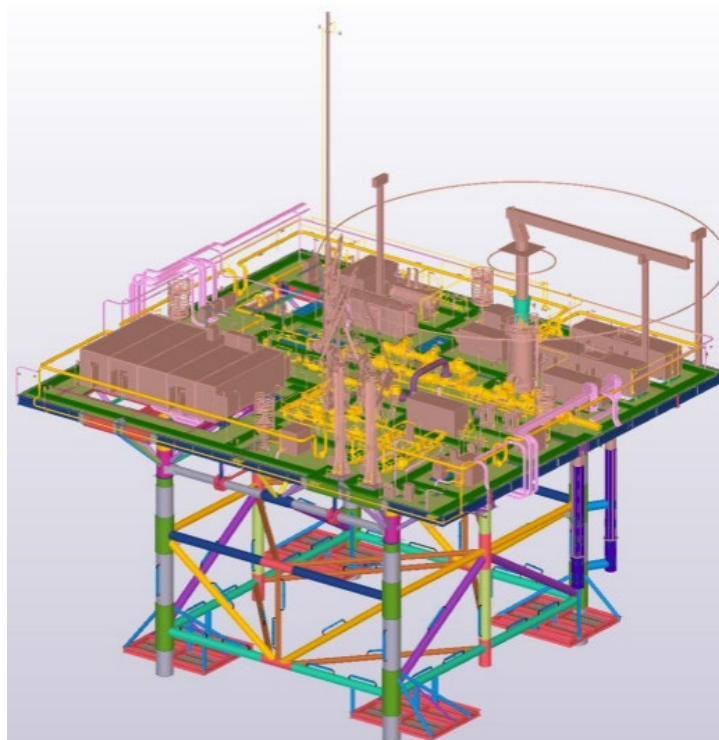


Figura 4-2: Modello 3D Nuova Piattaforma di Scarico

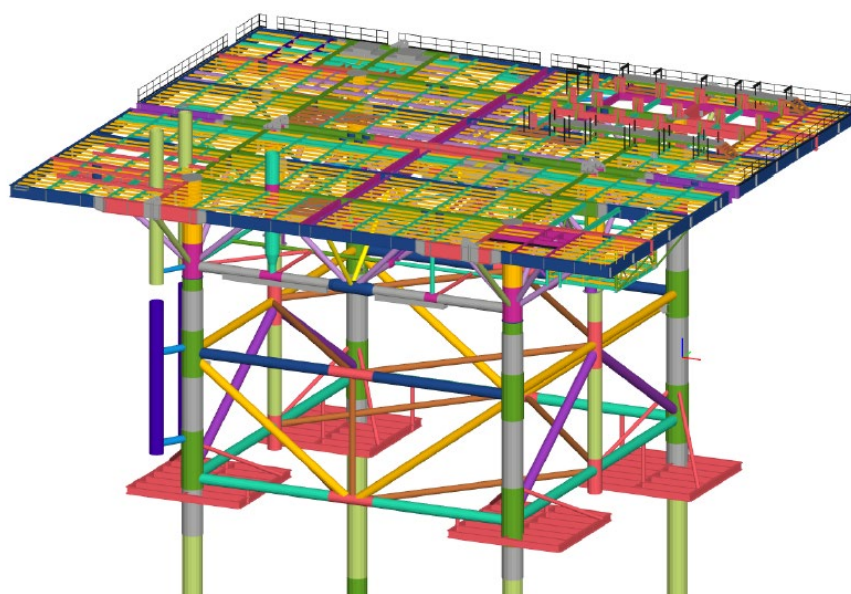


Figura 4-3: Modello 3D Nuova Piattaforma di Scarico (solo struttura)

Il **Jacket** è costituito da una struttura principale a pianta rettangolare 29.0 m x 32.0 m, da quattro gambe principali e da due false gambe per l'alloggiamento dei due semideck.

La sottostruttura poggia direttamente sul fondale, variabile fra -14.0 m e -18.0 m s.l.m.m., e all'interno delle sue quattro gambe principali vengono inseriti i pali con una profondità di infissione di circa 78.0 m.

Il Jacket è caratterizzato da un sistema di controventi a V necessari per contrastare le forze orizzontali.

Le principali caratteristiche del Jacket sono:

- ✓ Altezza totale: 21.0 m
- ✓ Due orizzontamenti alle quote: El. -3.40 m; -14.15 m
- ✓ Interasse gambe principali: 29.0 m x 32.0 m
- ✓ Quota superiore: El. +2.0 m
- ✓ Quota inferiore: El. -19.0 m
- ✓ Dimensioni pali di fondazione: $\Phi 1675.0$ mm (lunghezza di infissione pari a 78.0 m)

Il **Deck** è costituito da due semideck, formando un impalcato di travi sorrette da strutture reticolari, connesse a due gambe principali e due secondarie, di connessione con il Jacket.

Sull'impalcato sono presenti:

- ✓ Gru da 40.0 t
- ✓ Fiaccola con struttura triangolare con interasse fra vertici 2.5 m e altezza 30.0 m.
- ✓ N.2 Bracci di carico da 55.0 t
- ✓ Condotte e valvole
- ✓ Locali pompe
- ✓ Serbatoi
- ✓ Scalandrone
- ✓ Cabinato di controllo
- ✓ Impianti

Le caratteristiche dell'impalcato sono:

- ✓ Dimensioni globali: 54.0 m x 48.0 m x 9.5 m
- ✓ Dimensioni semideck: 54.0 m x 23.25 m
- ✓ Interasse gambe principali: 32.0 m x 29.0 m
- ✓ Interasse gambe e false gambe: 15.25 m
- ✓ Peso di ciascun semi-deck al sollevamento: circa 1200 ton (incluso impianti)

Quote di riferimento (s.l.m.m.):

- ✓ Deck – Piano principale: El. +11.50 m
- ✓ Deck – Piano inferiore: El. +4.00 m
- ✓ Intersezione Deck-Pali: El. +3.00 m

Le proprietà dei segmenti di pali infissi e la relativa lunghezza di infissione sono le seguenti:

Tabella 4-1: Composizione Pali Sotto il Fondale Marino – Piattaforma di Scarico

Palo	Sezione	Spessore	Lunghezza di infissione
Gamba A1, A3, E1, E3	Φ 1675 mm	60 mm	13.05 m
Gamba A1, A3, E1, E3	Φ 1675 mm	40 mm	64.90 m

4.2 DESCRIZIONE PASSERELLE E PALI DI SOSTEGNO

Il modello globale del pontile oggetto di studio è mostrato in Figura 4-4.

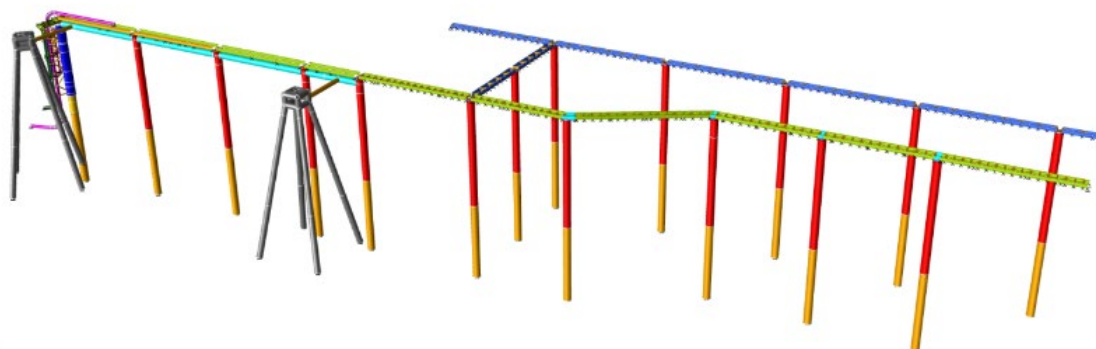


Figura 4-4: Modello 3D Pontile

Per quanto riguarda le **passerelle di supporto del tubo gas da 26"** a sud, in Figura 4-5 è riportata la planimetria generale del pontile con evidenziate le passerelle che sono state oggetto di verifica.

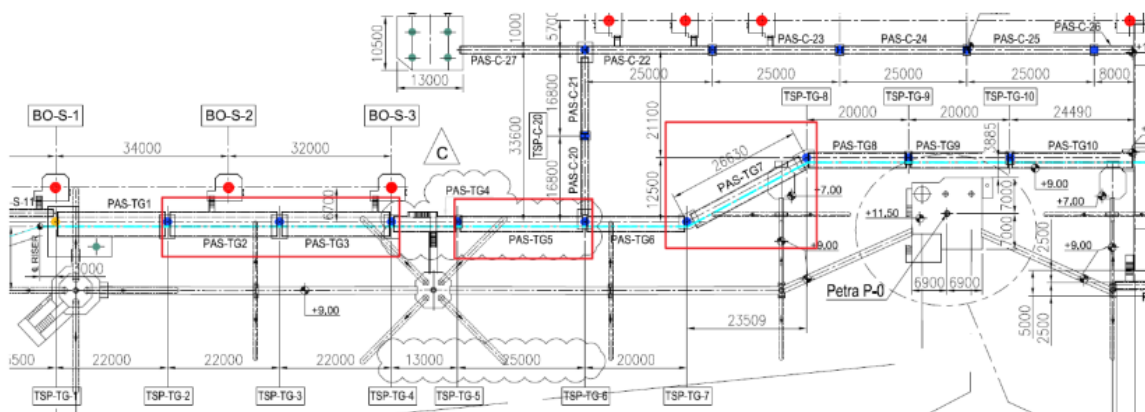


Figura 4-5: Planimetria Passerelle di Supporto della Tubazione Gas da 26"

Le prime cinque passerelle, dal palo di supporto riser TG-1 al palo TG-6, sono in semplice appoggio sui capitelli, mentre a nord del giunto (al palo TG-6) le passerelle sono collegate longitudinalmente. Pertanto, le passerelle sono state considerate nel modo seguente:

- ✓ Dal palo Riser al palo TG5 (PAS TG1/TG2/TG3/TG4/TG5)
 - Schema cerniera carrello
 - I pali sono collegati longitudinalmente con tubo OD1320x40 mm alla quota +7.14 m

- ✓ Da palo TG-5 alla piattaforma (PAS TG6/TG7/TG8/TG9/TG10):
 - Schema trave continua
 - I pali presentano uno schema a telaio nella direzione longitudinale e a mensola in quella trasversale.

I pali di supporto delle passerelle antincendio sono a mensola in entrambe le direzioni.

La struttura tipica della passerella è costituita da due travi longitudinali controventate HEB600 con lunghezza variabile da 12.0 m a 24.0 m, salvo le prime tre passerelle (da TG1 a TG3) che in corrispondenza dei supporti della linea hanno un raddoppio della trave longitudinale (2HEB600).

Il piano di calpestio è in grigliato maglia 30.x50 con piatto portante 40x4.

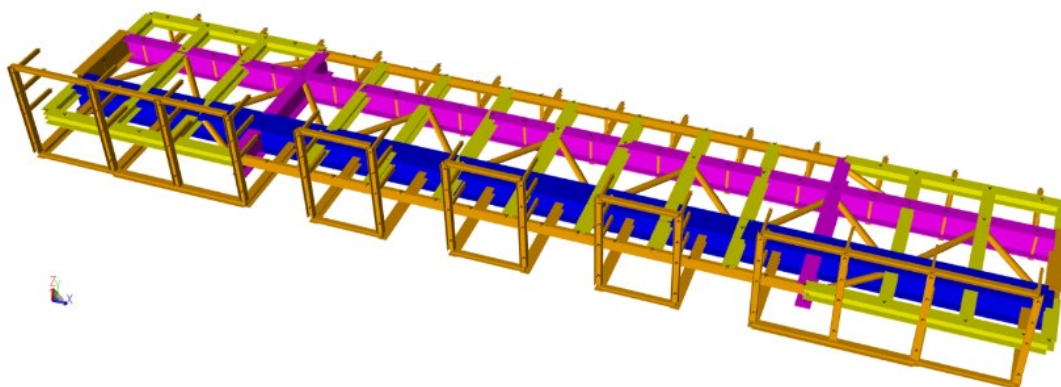


Figura 4-6: Struttura Passerella Tipo 1 (TG2 e TG3)

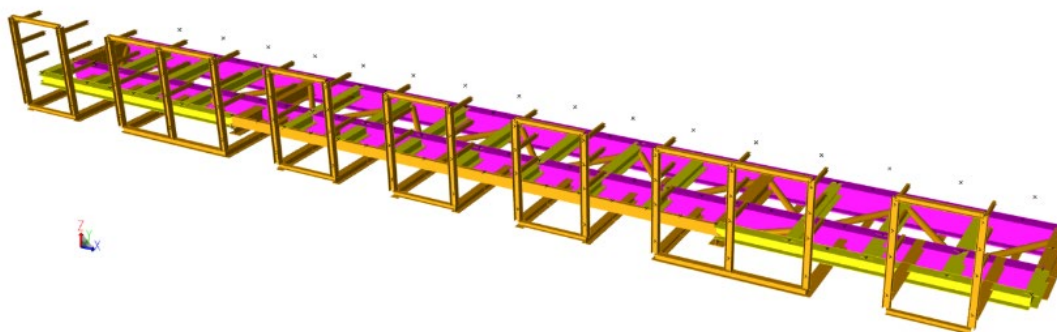


Figura 4-7: Struttura Passerella Tipo 5 (TG5 e TG7)

Per quanto riguarda invece le **passerelle di collegamento delle briccole**, la planimetria generale del pontile con evidenziate le passerelle che sono state oggetto di verifica è mostrata in Figura 4-8 .

Le passerelle presentano uno schema cerniera-carrello in semplice appoggio sui pali OD1500 mm.

In particolare, sono state considerate nelle analisi le seguenti tipologie di passerella:

- ✓ Tipica da “PAS-C-20” a “PAS -C-27” (è stata analizzata la passerella “PAS-C-24” Luce=25.0 m)
- ✓ “PAS-C-23”, Luce = 25.0 m con punto fisso della tubazione 14”.

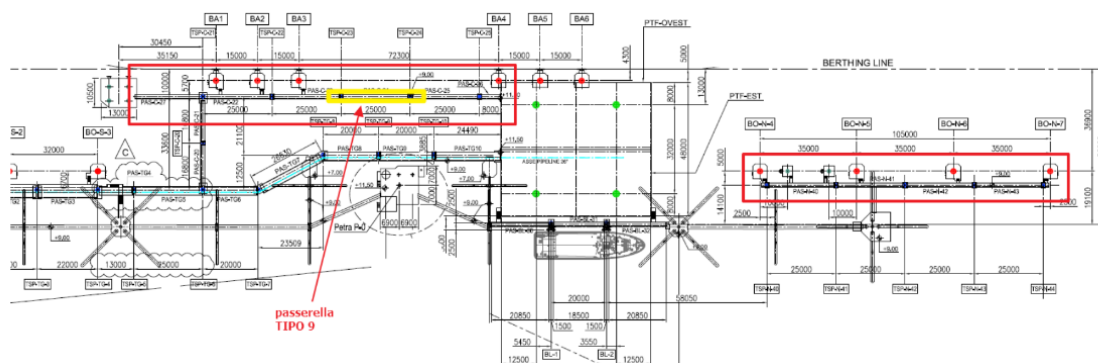


Figura 4-8: Planimetria Passerelle di Collegamento delle Briccole

La struttura tipica della passerella è costituita da due travi longitudinali controventate HEA600 con lunghezza variabile da 8.0 m a 25.0 m. Il piano di calpestio è in grigliato maglia 30x50 con piatto portante 30x3.

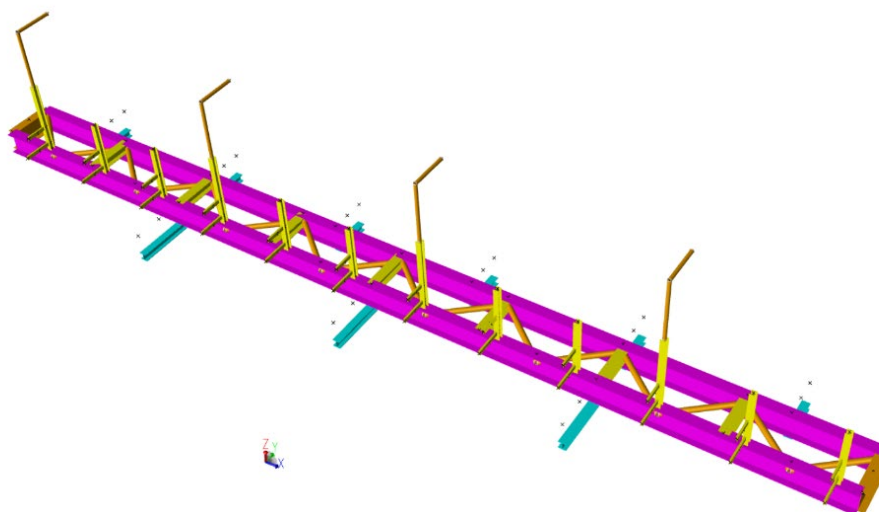


Figura 4-9: Struttura Passerella Tipo 9 (tipica)

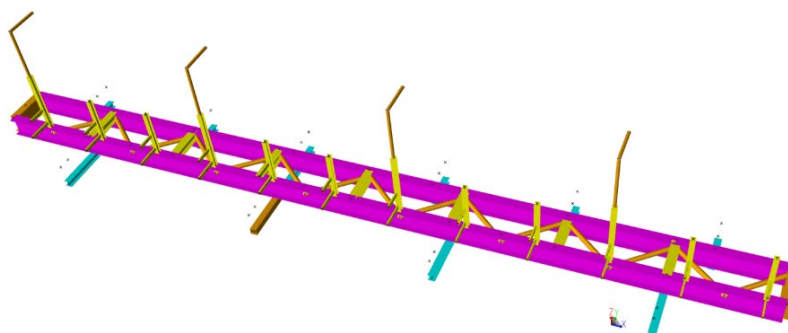


Figura 4-10: Struttura Passerella con Punto Fisso

4.3 DESCRIZIONE BRICCOLE DI ACCOSTO E ORMEGGIO

Il sistema di ormeggio della FSRU è costituito da sei (6) briccole di accosto e otto (8) briccole di ormeggio.

Le briccole sono costituite da monopali di grosso diametro pari a 3000 mm.

La testata delle briccole è costituita da una camicia "sleeve" di diametro 3260 mm e H=6800 mm circa da installare, saldare e cementare rigidamente sul palo eventualmente tagliato in quota al termine dell'infissione.

Le briccole sono dotate di complessi da 2 o 3 ganci da 150 tons (carico ammissibile) cadauna in funzione dello schema di ormeggio previsto in funzione dei verricelli in dotazione alla FSRU.

La dotazione dei parabordi è costituita da due elementi conici in gomma di grosso diametro e da un pannello dimensionati per assorbire l'energia di impatto della FSRU in fase di ormeggio e la forza a nave ormeggiata nel rispetto delle pressioni ammissibili sulla fiancata della FSRU stessa.

Tutte le briccole sono accessibili sia dalle passerelle di collegamento sia mediante scalette alla marinara da piattaforma e dal mare via pilotina.

Per le briccole di ormeggio e le briccole di accosto la composizione del palo è identica (vedi Figura 4-11), le due tipologie differiscono solo per la presenza dei fenders e relativo pannello di accosto.

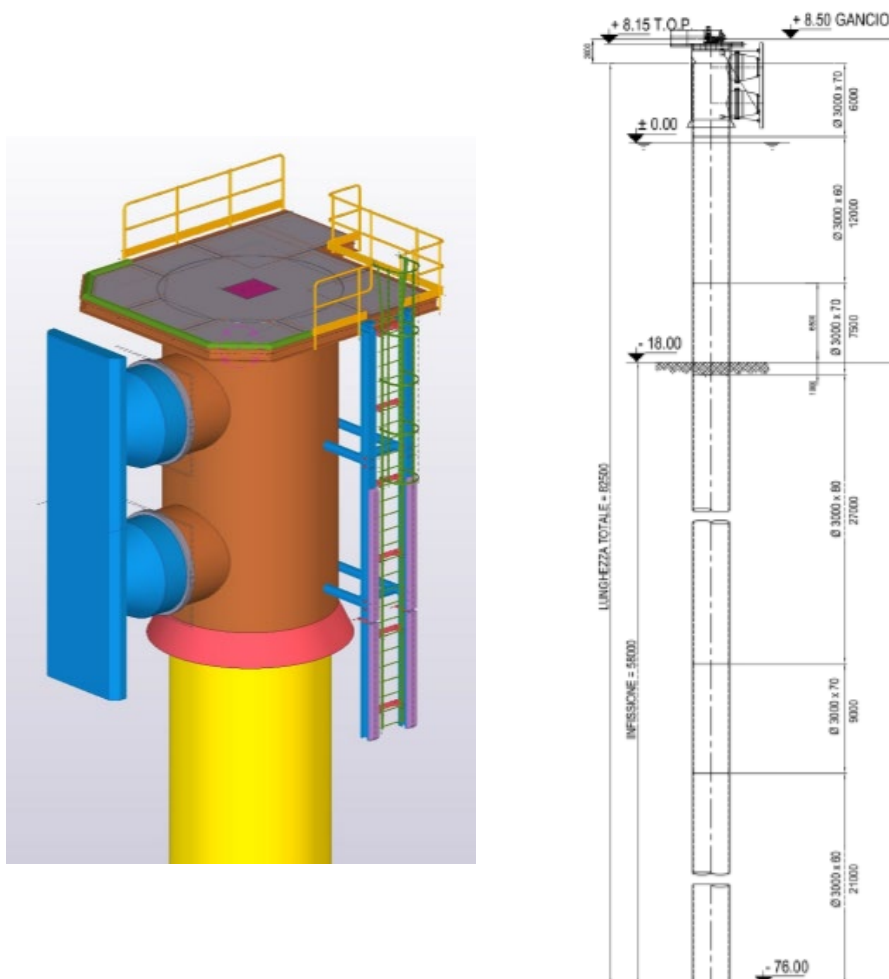


Figura 4-11: Modello 3D e Geometria Briccola

4.4 DESCRIZIONE STRUTTURA DI SUPPORTO RISER E JTUBE

La struttura di supporto delle clampe del riser e dei due J-tube è prefabbricata su sleeve e supportata da un palo verticale di diametro 1675 mm. Lo sleeve sostiene una struttura tubolare di supporto alle clampe del riser 26" e due J-tubes 16", nonché la piattaforma di supporto passerelle. La testata è cementata rigidamente sul palo eventualmente tagliato in quota al termine dell'infissione.

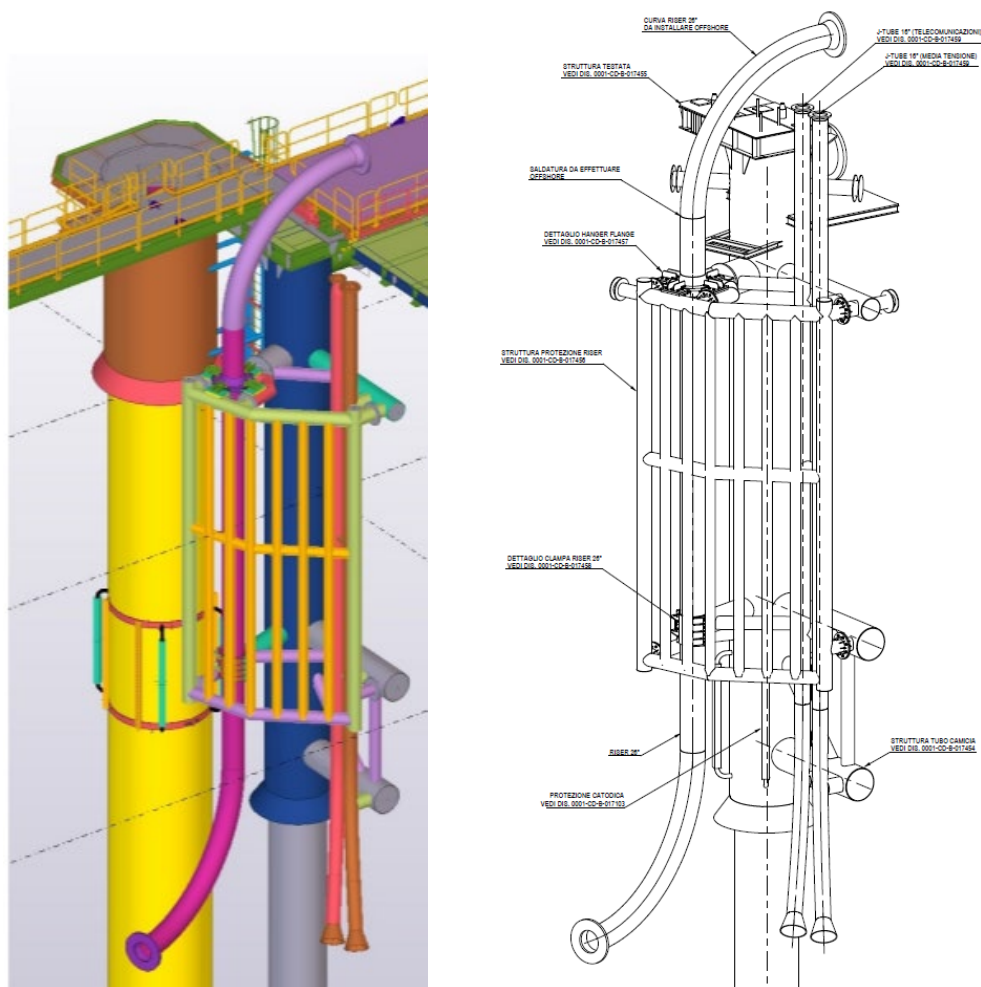


Figura 4-12: Modello 3D e Geometria Struttura di Supporto Riser e J-Tube

4.5 DESCRIZIONE SCALANDRONE SUD

La struttura di supporto dello Scalandrone Sud è una piattaforma prefabbricata costituita da un deck di dimensioni 11.1 x 16.7 m, che poggia su quattro pali di diametro 1500 mm a cui è connesso tramite sleeve cementati di dimensioni 1780x60 mm e lunghi 6.0 m, come mostrato in Figura 4-13.

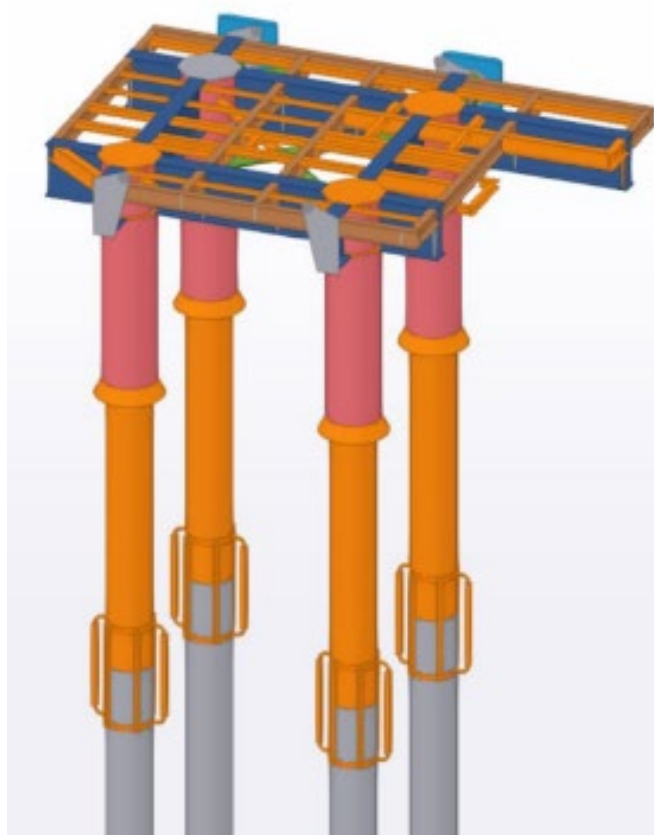


Figura 4-13: Modello 3D Nuova Piattaforma Scalandrone Sud

Sul deck sono posizionati uno scalandrone, una valvola ed altri equipaggiamenti per il passaggio di cavi e tubazioni.

Le principali caratteristiche della nuova piattaforma sono:

- ✓ Altezza totale: 27.0m
- ✓ Piano del deck: El. +9.0m
- ✓ Interasse gambe principali: 7.0mx7.6m
- ✓ Quota superiore: El. +9.0m
- ✓ Quota inferiore: El. -18.0m
- ✓ Dimensioni pali di fondazione: $\Phi 1500\text{mm}$ x 70m (lunghezza infissione 46m)
- ✓ Il fondale a -18.0 m s.l.m.m.

5 DATI DI PROGETTO

5.1 MATERIALI

Le proprietà dell'acciaio considerate nelle analisi, in accordo con le normative EN1993 (Rif. [5]), sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 5-1: Proprietà Acciaio

Proprietà	Valore
Densità	7850 kg/m ³
Modulo di Young	210000 MPa
Modulo di Taglio	81000 MPa
Coefficiente di Poisson	0.30
Coefficiente di espansione termica	1.2x10 ⁻⁵ /°C

Le classi di acciaio e i relativi standard considerati sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 5-2: Classi di Acciaio e Relativi Standard

Classe di Design	Sigla Materiale	Standard Materiale		
		Piatti/Lamiere (anche per tubi saldati)	Sezioni Lamine	Sezioni cave a parete sottile (e tubolari)
DC1	S420 or S355	EN 10225 S420 G2+M + option 18	N/A	N/A
		EN 10225 S355 G10+M + option 18	N/A	N/A
DC2	S420 or S355	EN 10225 S420 G2+M	N/A	N/A
		EN 10225 S355 G10+M	EN 10225 S355 G12+M	EN 10225 S355 G15
DC3	S420 or S355	EN 10025-4 S420M	N/A	
		EN 10025-4 S355M	EN 10025-4 S355M	EN 10025-4 S355M
DC4	S355 or S275 or S235	EN 10025-3 S355N		EN 10210-1 S355NH
		EN 10025-3 S275N		EN 10210-1 S275NH
		EN 10025-2 S235 J0		EN 10210-1 S275J0H

I materiali dei nodi della piattaforma, ma anche lamiere con spessore uguale o superiore a 25 mm con carichi passanti lungo lo spessore delle stesse, devono avere il requisito supplementare Z (proprietà migliorate al traverso corto).

I profili sono di tipo europeo (es. HEB, HEA, IPE, UAP).

La tensione di snervamento minima dell'acciaio, in accordo alle EN 10025-2&4 è funzione del valore di spessore della lamiera come riportato nella seguente tabella:

Tabella 5-3: Proprietà Acciaio Relative allo Spessore

Acciaio	Spessore t [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]
S235	$t \leq 16$	235	340
	$16 < t \leq 40$	225	340
	$40 < t \leq 63$	215	340
	$63 < t \leq 100$	215	340
	$100 < t \leq 150$	215	340
S355	$t \leq 16$	355	470
	$16 < t \leq 40$	345	470
	$40 < t \leq 63$	335	470
	$63 < t \leq 80$	325	470
	$80 < t \leq 100$	315	470
	$100 < t \leq 150$	295	450
S420	$t \leq 16$	420	520
	$16 < t \leq 40$	400	520
	$40 < t \leq 63$	390	500
	$63 < t \leq 80$	380	480
	$80 < t \leq 100$	370	470
	$100 < t \leq 150$	365	460
S460	$t \leq 16$	460	540
	$16 < t \leq 40$	440	540
	$40 < t \leq 63$	430	530
	$63 < t \leq 80$	410	510
	$80 < t \leq 100$	400	500
	$100 < t \leq 150$	385	490

5.2 DATI AMBIENTALI

Si riportano di seguito i principali dati di progetto ambientali utilizzati nell'analisi sismica.

Batimetria

La quota di fondo del mare è variabile da -14m (lato est) a -18.00m (lato ovest) s.l.m.m.

Zona di bagnasciuga

La zona di bagnasciuga è compresa tra -3.00 a +4.00 s.l.m.m.

Accrescimento Marino

Lo spessore di accrescimento marino sugli elementi strutturali è pari a 15 cm, da 1 a 20 m di profondità, con densità pari a 1.56 t/m³.

Corrosione

La velocità di corrosione è pari a 0.15 mm/anno, corrispondenti ad una riduzione di spessore di 3.75 mm a fine vita dell'opera (assunto nelle analisi un valore di 4.00 mm a favore di sicurezza). La corrosione è stata applicata esclusivamente alla zona di bagnasciuga per gli elementi tubolari dal solo lato esterno. Per i pali si è assunta una corrosione di 1.0 mm per la zona interrata.

5.3 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici sono riassunti nella tabella seguente:

Tabella 5-4: Dati Geotecnici di Progetto

STRATI	Profondità <i>m</i>	Tipo di terreno	γ		φ' °	C_u		c' <i>KPa</i>
			<i>t/m3</i>	<i>kN/m3</i>		<i>KPa</i>	<i>KN/cm2</i>	
1) Da 0 a -15	0-5	Limo- depositi normalconsolidati	1.8	18	22	5.8	0.00058	0
	5m-10m					18	0.0018	
	10m-15m					29	0.0029	
2)	Da -15 a -16.5	Sabbie fini limose	1.85	18-19	28-32(30)	/	/	0-10
3)	Da -16.5 a 70	limi argillosi	2	20	28	40-150(95)	0.0095	18

Occorre precisare che i valori riportati in tabella sono stati ridotti del 20%, in favore di sicurezza, essendo riferiti all'indagine geotecnica eseguita nel 1984.

5.4 DATI SISMICI

I carichi sismici sono stati definiti secondo i requisiti della Normativa Italiana DM 17/01/2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni, Ref. [1] (NTC 2018).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è definito in base ai parametri sismici del sito in questione (LAT. 44°27'50.52", LON. 12°23'53.48"), e dipende, oltre che dalla tipologia di suolo e topografia, dalla vita nominale della struttura e dalla Classe d'uso.

Lo spettro di risposta di progetto dipende dalla tipologia strutturale, dalla regolarità della costruzione in pianta e in altezza, e dalla classe di duttilità.

Le verifiche sismiche sono state effettuate allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) utilizzando un coefficiente di struttura $q < 1.50$. Le strutture sono quindi state considerate in campo elastico, senza ricorrere ad alcuna risorsa dissipativa elastoplastica.

5.4.1 Vita Nominale 25 Anni

In un primo momento, le analisi sismiche delle nuove strutture costituenti il pontile Petra, sono state effettuate assumendo una vita nominale $V_N = 25$ anni e Classe d'uso IV ($C_U = 2$), come richiesto da SNAM e riportato nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale". Il periodo di riferimento per l'azione sismica è stato dunque assunto pari a $V_R = 2 \cdot 25 = 50$ anni.

Di seguito si riportano i parametri sismici caratterizzanti il sito in esame per diversi tempi di ritorno.

Tabella 5-5: Parametri Sismici per $V_N=25$ anni al Variare del Tempo di Ritorno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.038	2.527	0.260
SLD	50	0.048	2.493	0.279
SLV	475	0.124	2.609	0.287
SLC	975	0.163	2.572	0.291

Di seguito si riporta lo spettro di progetto in accelerazione per le diverse tipologie strutturali.

Spettro di progetto per pali passerelle, briccole e Jacket

Il Jacket, in quanto struttura a controventi concentrici a V, e i pali passerelle e le briccole, in quanto strutture a mensola o a pendolo inverso, sono caratterizzati da un fattore di comportamento per la struttura non dissipativa pari a:

$$q = q_{CD} \cdot B^* \cdot 2/3 = 2 \cdot 2/3 = 1.33$$

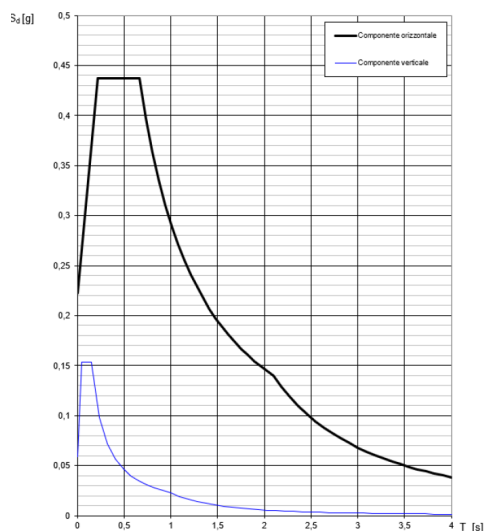


Figura 5-1: Spettro SLV Pali Passerelle, Briccole e Jacket – $V_N=25$ anni

Spettro di progetto per pali passerelle di supporto tubo gas

I pali delle passerelle di supporto tubo gas, in quanto struttura intelaiata, sono caratterizzati da un fattore di comportamento per la struttura non dissipativa pari a:

$$q = q_{CD} \cdot B^* \cdot 2/3 = 4 \cdot 2/3 = 2.66 > 1.5$$

Pertanto, si assume $q = 1.5$

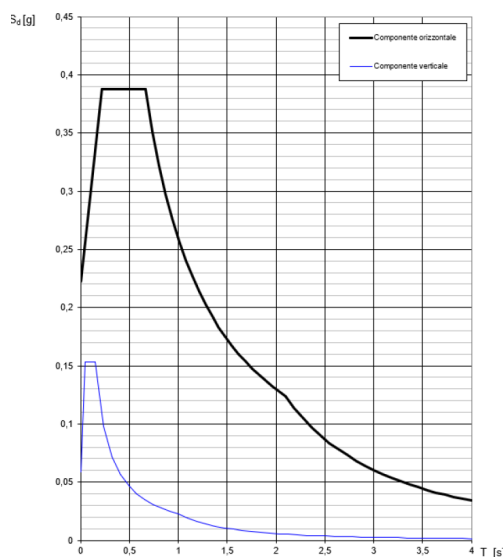


Figura 5-2: Spettro SLV Pali Supporto Tubazioni Gas – $V_N=25$ anni

5.4.2 Vita Nominale 50 Anni

Secondo la Tab. 2.4.1 delle NTC2018 (Ref. [1]) di seguito riportata, risulta che sia possibile considerare una Vita Nominale compresa tra 10 e 50 anni solo nel caso in cui il tipo di costruzione rientri nella categoria delle “costruzioni temporanee e provvisorie”. Poiché la struttura oggetto di analisi non è provvisoria, ma invece è da considerarsi come “Costruzione con livelli di prestazioni ordinari”, su richiesta RINA le verifiche sismiche sono state aggiornate considerando una vita nominale V_N di 50 anni e classe d’uso IV (periodo di riferimento $V_R = 2 \cdot 50 = 100$ anni).

Tabella 5-6: Tab. 2.4.1 NTC2018

Tab. 2.4.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Pertanto, i parametri sismici caratterizzanti il sito in esame per diversi tempi di ritorno risultano essere:

Tabella 5-7: Parametri Sismici per $V_N=50$ Anni al Variare del Tempo di Ritorno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	80	0.051	2.507	0.285
SLD	101	0.065	2.487	0.293
SLV	949	0.162	2.573	0.291
SLC	1950	0.212	2.517	0.298

Per la definizione dello spettro di risposta allo SLV per le verifiche strutturali ($T_R = 949$ anni), si è assunto un fattore di comportamento per la struttura non dissipativa pari a:

$$q = q_{CD^*B} \cdot 2/3 = 2 \cdot 2/3 = 1.33$$

Di seguito si riporta lo spettro di progetto in accelerazione orizzontale, di colore nero, e in accelerazione verticale, di colore blu (si riporta per completezza anche lo spettro elastico in rosso).

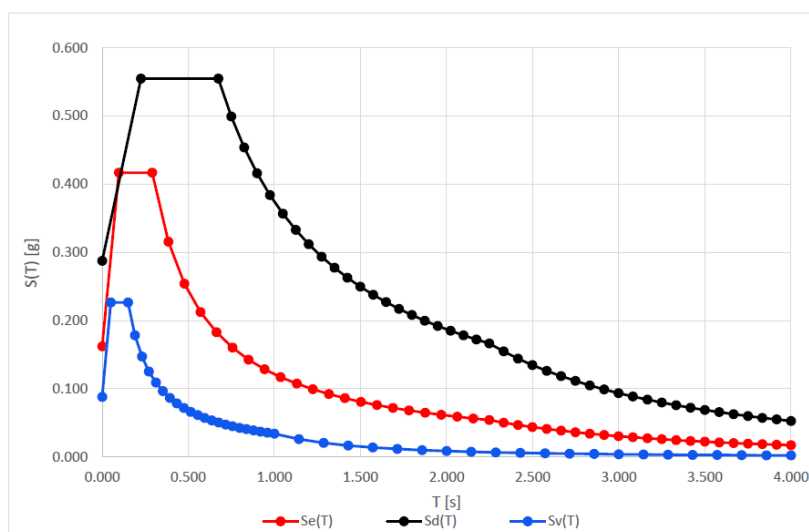


Figura 5-3: Spettro di Risposta SLV – $V_N=50$ anni

6 CRITERI DI PROGETTAZIONE E ACCETTAZIONE

I carichi sismici e le relative combinazioni sono stati definiti in conformità alle applicabili prescrizioni delle NTC 2018.

Le verifiche sono state condotte nel rispetto del metodo agli stati limite ultimi, in accordo alle applicabili prescrizioni degli standard ISO 19900, ISO 19901, ISO 19902 ed EN 1993 (per le sezioni I /H). Il controllo di aste e giunti è stato eseguito mediante funzionalità del codice del software SACS.

Per quanto riguarda i pali di fondazione, la capacità assiale deve soddisfare le condizioni stabilite dall'approccio delle ISO 19902. Tuttavia, per conformità con la normativa italiana l'infissione dei pali è stata anche calcolata secondo le NTC 2018 (seguendo l'approccio A1+M1+R3). La penetrazione di progetto è stata assunta considerando il risultato più conservativo tra i due approcci, che risulta essere quello proposto dalle NTC 2018 (Ref.[1]).

7 ANALISI SISMICA

7.1 ANALISI SISMICA PIATTAFORMA DI SCARICO

La piattaforma di scarico è costituita da un deck 54x48 m, a sua volta costituito da due semideck, che poggia sulle quattro gambe del Jacket e su due false gambe nei lati nord e sud. Il Jacket poggia su un fondale variabile tra -14.0 m e -18.0 m s.l.m.m. Dentro le gambe del Jacket, sono inseriti i pali di fondazione, con una profondità di infissione di circa 78 m. Le caratteristiche generali della struttura sono descritte al Par. 4.1.

L'analisi sismica della piattaforma è stata svolta definendo un modello di calcolo tridimensionale in ambiente SACS (Figura 7-1), che ne riproduce tutti i suoi elementi strutturali principali. Le strutture secondarie e gli equipaggiamenti sono inserite nel modello come carichi.

I pali sono stati modellati all'interno del terreno (sotto al fondale a -18.0 m) usando il modulo SACS™ PSI (Pile – Structure – Interaction) in modo da tener conto della loro geometria e dell'interazione suolo-struttura, considerando il comportamento non-lineare del terreno sullo sviluppo trasversale e longitudinale del palo.

Il suolo, caratterizzato dalle proprietà riportate al Par. 0, è stato modellato con il modulo PSI tramite le curve T-z, che simulano il comportamento assiale lungo il palo, le curve Q-z che rappresentano la portata di punta del palo alla quota di infissione raggiunta, e le curve P-y che ne modellano il comportamento orizzontale.

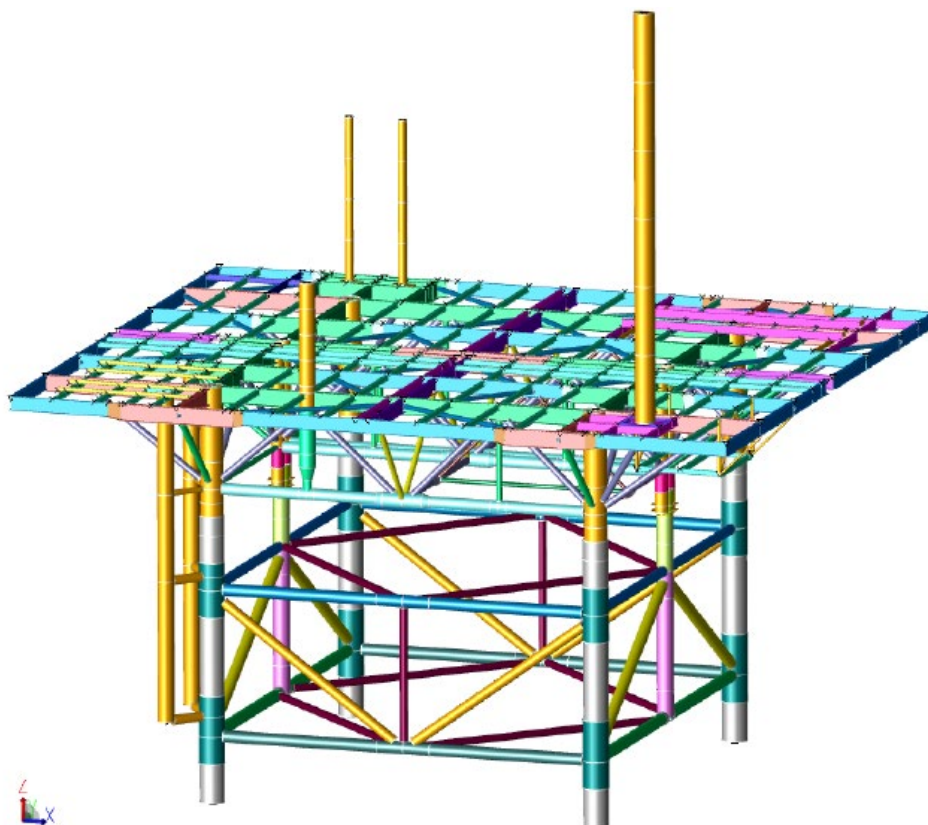


Figura 7-1: Modello SACS – Piattaforma di Scarico

L'analisi sismica è stata eseguita tramite il metodo dello spettro di risposta utilizzato per valutare la risposta ai carichi sismici, secondo quanto prescritto dalla NTC2018 (Rif. [1]), attraverso i seguenti passaggi:

- ✓ Analisi statica della struttura per carichi verticali
- ✓ Analisi modale della struttura ed estrazione dei modi di vibrazione
- ✓ Analisi dinamica e calcolo della risposta mediante spettri di risposta e combinazione modale CQC
- ✓ Combinazione delle risposte sismiche direzionali SRSS e combinazione con risposta statica.

7.1.1 Carichi Sismici

In prima battuta, l'analisi sismica della piattaforma è stata effettuata considerando lo spettro di risposta definito in accordo alle NTC2018 (Rif. [1]) assumendo un vita nominale $V_N=25$ anni, riportato nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale" e in Figura 5-1.

Successivamente, poiché la struttura oggetto di analisi è da considerarsi "Costruzione con livelli di prestazioni ordinari", l'analisi è stata aggiornata considerando una vita nominale V_N di 50 anni e il relativo spettro di risposta allo SLV ($T_R = 949$ anni) riportato in Figura 5-3. Di seguito si riportano i risultati dell'analisi sismica effettuata considerando lo spettro di risposta calcolato per $V_N = 50$ anni.

7.1.2 Analisi Sismica

L'analisi sismica con spettro di risposta richiede che l'intera struttura si comporti in modo lineare elastico; pertanto, il comportamento non lineare dei pali viene linearizzato con il taglio sismico e applicando alla base del modello una matrice di rigidezza equivalente.

Viene eseguita un'analisi modale per determinare i periodi naturali della piattaforma e le relative forme di vibrazione.

La risposta strutturale agli spettri di risposta lungo le direzioni principali viene calcolata attraverso un'analisi dinamica con sovrapposizione modale. L'effetto dei singoli modi viene combinato attraverso una combinazione quadratica completa (CQC) mentre l'effetto del sisma nelle tre direzioni x, y, z viene combinato attraverso la somma dei quadrati (SRSS) delle risposte direzionali. La risposta sismica globale agli spettri di risposta viene poi combinata con i carichi verticali agenti sulla struttura in condizioni sismiche.

7.1.2.1 Analisi Statica

È stata eseguita un'analisi statica della struttura, in modo da calcolare le sollecitazioni interne degli elementi dovute ai carichi gravitazionali e poterle sommare alle sollecitazioni inerziali dovute alla risposta sismica.

L'analisi statica è stata eseguita utilizzando il modello dell'analisi in servizio ed i relativi carichi gravitazionali di seguito riassunti.

- ✓ Azioni Permanenti (G_1, G_2)
 - Peso proprio delle strutture
 - Carichi di galleggiamento
 - Peso accrescimento marino
 - Peso proprio di piping ed equipaggiamenti
- ✓ Azioni Variabili (Q_1, Q_2)
 - Zone di passaggio (4.0 kN/m²)
 - Zone di manutenzione (9.0 kN/m²)
 - Zone di carico/scarico (15.0 kN/m²)

Peso Proprio strutturale – DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (jacket, deck, pali e caisson) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi, includendo un 10% di incremento per contingency, e tenendo conto delle forze di galleggiamento sugli elementi immersi e dell'accrescimento marino.

Peso strutture non modellate – PERZ

Tutte le strutture secondarie non modellate sono state assegnate come carico. Nello specifico la condizione di carico "PERZ" comprende il peso di:

- ✓ grigliati (50 kg/m²)
- ✓ travi secondarie IPE180
- ✓ anodi
- ✓ mudmats

- ✓ fireproofing
- ✓ corrimani
- ✓ piastre
- ✓ strutture a completamento

Piping – PIPZ

I carichi del piping sono stati assegnati secondo la corretta distribuzione in pianta, e tengono conto di un 5% di contingency.

Equipaggiamenti – EQUZ

I carichi degli equipaggiamenti, nello specifico:

- ✓ bracci di carico (2 x 55 t)
- ✓ gru da 45 t
- ✓ cable tray + fireproofing
- ✓ cabinato di controllo
- ✓ fiaccola
- ✓ scalandrone
- ✓ equipaggiamenti lato est (serbatoi, locali pompe, trappola, ecc.)
- ✓ equipaggiamenti lato ovest (serbatoi, skid, cabinati, ecc.)

sono stati assegnati secondo la loro reale distribuzione in pianta, comprensivi di tolleranza (5% / 10% a seconda del carico).

Nota: la fiaccola è stata modellata con una sezione equivalente e densità tale da ottenere il peso di 25 ton (compreso nella condizione DEAZ).

Carico variabile distribuito – LIVZ

Il carico variabile è stato assegnato in tutte le zone libere, a seconda della destinazione dell'area:

- ✓ Zone di passaggio (4.0 kN/m2)
- ✓ Zone di manutenzione (9.0 kN/m2)
- ✓ Zone di carico/scarico (15.0 kN/m2)

I carichi variabili vengono considerati al 50%.

Di seguito si riportano le risultanti delle condizioni di carico gravitazionali:

Tabella 7-1: Risultanti Condizioni di Carico Gravitazionali – Piattaforma di Scarico

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	GRU	0.00				0.00				-450.00	-7.25	-16.00	20.00
2	BRAC	0.00				0.00				-1100.00	-14.50	22.00	23.50
3	CATR	0.00				0.00				-1504.99	13.17	1.19	11.10
4	CTRE	0.00				0.00				-1776.30	14.44	14.56	11.21
5	DEAZ	0.00				0.00				-14962.77	-0.23	-0.81	1.80
6	EQES	0.00				0.00				-3340.79	-5.23	-12.62	11.12
7	EQWE	0.00				0.00				-693.10	-1.29	9.58	11.35
8	LIVZ	0.00				0.00				-10380.88	-0.35	-0.27	11.21
9	PERZ	0.00				0.00				-4864.54	0.22	0.57	4.58
13	PIFZ	0.00				0.00				-2470.00	-5.13	0.44	11.37
14	SCAL	0.00				0.00				-150.00	-21.75	21.10	11.50
15	RACK	0.00				0.00				-2121.40	-1.43	2.24	11.27

I carichi gravitazionali agenti sulla struttura sono stati linearmente combinati secondo i coefficienti riportati in Tabella 7-2 e Tabella 7-3 in accordo con le NTC2018 (Rif. [1]).

Tabella 7-2: Pre-combinazioni di Carico – Piattaforma di Scarico

COMB.	Permanenti										
	PERZ	PIPZ	RACK	CTRZ	BRAC	CATR	SCAL	GRU	FLAR	EQWE	EQES
STA1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 7-3: Combinazione Gravitazionale Statica – STAT – Piattaforma di Scarico

COMB.	Permanenti		Variabili
	DEAZ	STA1	LIVZ
STAT	1.00	1.00	0.50

La risultante della combinazione gravitazionale “STAT” è pari a -38624.34 kN.

7.1.2.2 Analisi Modale

È stata poi condotta l'analisi modale della piattaforma al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinare la risposta della struttura alle forzanti sismiche tramite metodo con spettro di risposta.

I pali di fondazione, modellati mediante il modulo SACS PSI, per tener conto dell'interazione non-lineare terreno-fondazione, sono stati linearizzati in modo da poter eseguire l'analisi modale (lineare). La linearizzazione viene effettuata attraverso il modulo SACS PSI, tenendo conto dei carichi verticali (definiti nella combinazione STAT) e delle forze orizzontali pari ai tagli sismici nelle due direzioni principali.

Dall'analisi modale sono stati estratti i primi 32 modi di vibrare della struttura, tali da raggiungere la soglia del 90% della massa partecipante nelle tre direzioni principali, in modo da soddisfare sia i requisiti della NTC2018 (Ref. [1]) che della ISO 19901-2 (Rif. [4]).

In Tabella 7-4 si riportano i primi tre modi principali della struttura con relativo periodo e frequenza.

Tabella 7-4: Modi di Vibrare Struttura Principale – Piattaforma di Scarico

Modo	Descrizione	Frequenza [Hz]	Periodo [s]
5	1° modo traslazionale in direzione X	0.486	2.056
6	1° modo traslazionale in direzione Y	0.494	2.025
7	1° modo torsionale attorno a Z	0.542	1.846

Le corrispondenti forme modali sono riportate in Figura 7-2.

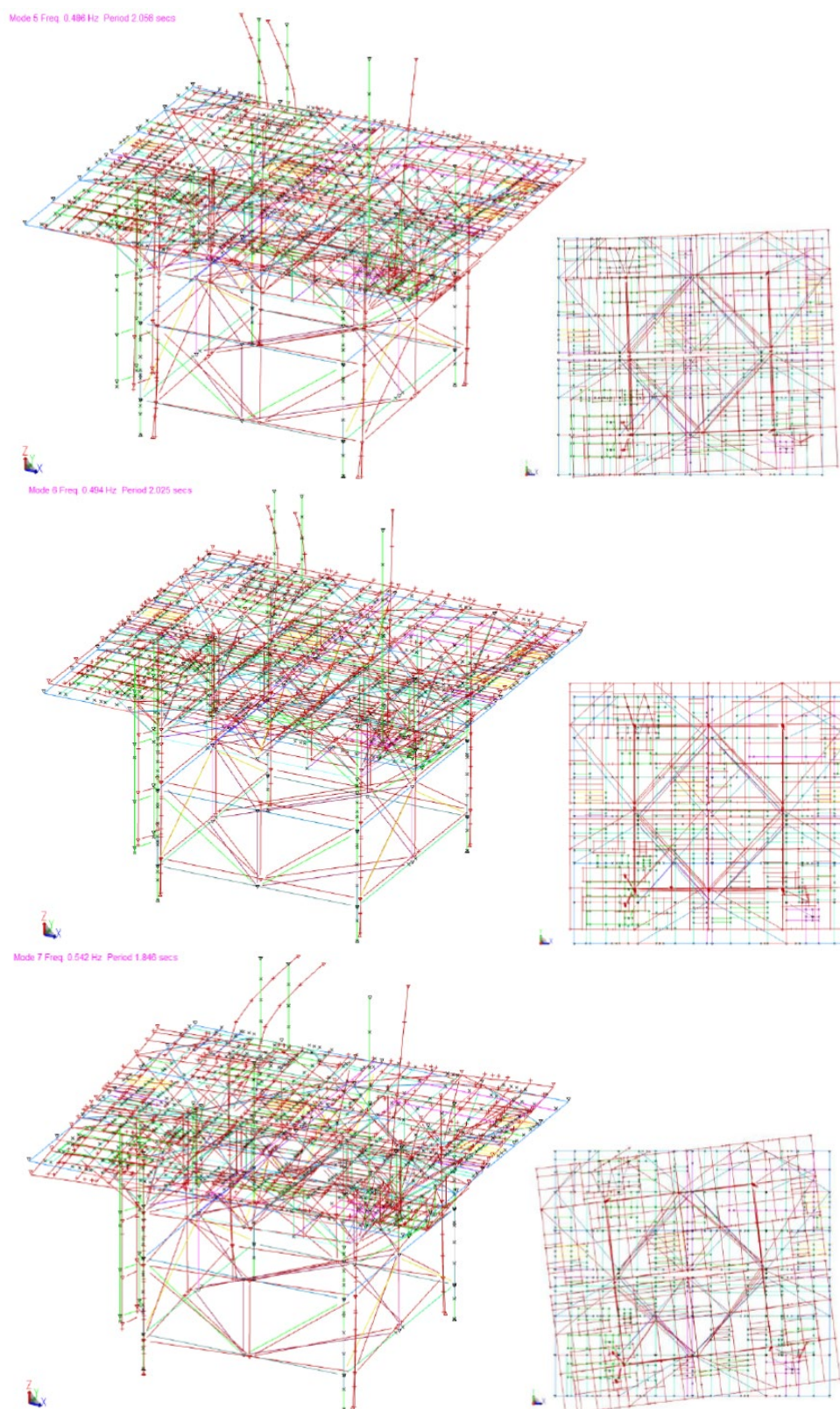


Figura 7-2: Modi Principali di Vibrazione – Piattaforma di Scarico

I fattori di partecipazione dei 32 modi considerati sono riportati nel seguito:

Tabella 7-5: Fattori di Partecipazione Modale – Piattaforma di Scarico

MASS PARTICIPATION FACTOR REPORT BASED ON RETAINED DEGREES OF FREEDOM						
***** MASS PARTICIPATION FACTORS *****				***** CUMULATIVE FACTORS *****		
MODE	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.0757560	0.0545388	0.0000008	0.075756	0.054539	0.000001
2	0.0618354	0.0981078	0.0000002	0.137591	0.152647	0.000001
3	0.0001042	0.0003182	0.0000000	0.137696	0.152965	0.000001
4	0.0000329	0.0000306	0.0000002	0.137728	0.152995	0.000001
5	0.7309924	0.0627588	0.0000010	0.868721	0.215754	0.000002
6	0.0600814	0.7687748	0.0000032	0.928802	0.984529	0.000005
7	0.0607877	0.0036306	0.0000027	0.989590	0.988160	0.000008
8	0.0001480	0.0026574	0.0000066	0.989738	0.990817	0.000015
9	0.0015863	0.0000553	0.0000258	0.991324	0.990872	0.000041
10	0.0000010	0.0000170	0.0003345	0.991325	0.990889	0.000375
11	0.0000056	0.0005892	0.0110094	0.991331	0.991479	0.011384
12	0.0000127	0.0000368	0.0156319	0.991343	0.991515	0.027016
13	0.0004281	0.0001891	0.0045791	0.991772	0.991705	0.031596
14	0.0009944	0.0018936	0.0133416	0.992766	0.993598	0.044937
15	0.0000000	0.0000780	0.0045221	0.992766	0.993676	0.049459
16	0.0053289	0.0006526	0.0013565	0.998095	0.994329	0.050816
17	0.0005108	0.0021409	0.0005218	0.998606	0.996470	0.051338
18	0.0000283	0.0027899	0.0105729	0.998634	0.999259	0.061910
19	0.0000485	0.0000000	0.0002829	0.998683	0.999259	0.062193
20	0.0000260	0.0000087	0.0118097	0.998709	0.999268	0.074003
21	0.0001482	0.0000006	0.3258610	0.998857	0.999269	0.399864
22	0.0000999	0.0000013	0.2235049	0.998957	0.999270	0.623369
23	0.0000262	0.0000429	0.0035431	0.998983	0.999313	0.626912
24	0.0002132	0.0000498	0.0880403	0.999196	0.999363	0.714952
25	0.0000000	0.0000019	0.0110181	0.999196	0.999364	0.725970
26	0.0001385	0.0000004	0.0530790	0.999335	0.999365	0.779049
27	0.0000310	0.0000279	0.0024252	0.999366	0.999393	0.781475
28	0.0000001	0.0000016	0.0574089	0.999366	0.999394	0.838884
29	0.0000013	0.0000083	0.0050934	0.999367	0.999403	0.843977
30	0.0000025	0.0000033	0.0208726	0.999370	0.999406	0.864850
31	0.0000000	0.0000016	0.0115553	0.999370	0.999408	0.876405
32	0.0000003	0.0000007	0.0366457	0.999370	0.999408	0.913050

7.1.2.3 Analisi Spettrale

Gli spettri di risposta lungo le direzioni principali X, Y e Z, definiti secondo quanto dichiarato al Par. 7.1.1, sono applicati separatamente alla struttura. La risposta strutturale a queste forzanti viene calcolata attraverso un'analisi spettrale eseguita tramite il modulo DYNAMIC RESPONSE del software SACS. Sono state calcolate le singole risposte modali, poi combinate applicando il metodo CQC (Complete Quadratic Combination). Le risposte direzionali così calcolate sono state infine combinate insieme attraverso il metodo SRSS (Square Root of the Sum of the Squares):

$$RS_d = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

L'analisi è stata eseguita assumendo un fattore di smorzamento viscoso pari al 5%.

Si riportano nelle seguenti tabelle i risultati dell'analisi spettrale:

Tabella 7-6: Risultanti Spettri di Risposta Direzionali (CQC) – Piattaforma di Scarico

FORCES AND MOMENTS SUMMARY						
*** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***						
	***** KN *****			***** KN-M *****		
LOAD	FORCE (X)	FORCE (Y)	FORCE (Z)	MOMENT (X)	MOMENT (Y)	MOMENT (Z)
CASE						
1	-8622.786	-1974.818	-14906.868	-31657.918	136346.094	-20780.676
2	-814.496	-8663.453	-13648.094	-191932.188	13566.613	-6562.158
3	-27.400	-45.981	-3640.089	-1656.674	-2377.740	116.846

Tabella 7-7: Risultante Spettrale Globale (SRSS) – Piattaforma di Scarico

FORCES AND MOMENTS SUMMARY						
*** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***						
	***** KN *****			***** KN-M *****		
LOAD	FORCE (X)	FORCE (Y)	FORCE (Z)	MOMENT (X)	MOMENT (Y)	MOMENT (Z)
CASE						
1	-8661.255	-8885.829	-20544.779	-188001.438	137000.141	-24693.391

L'analisi spettrale restituisce sollecitazioni interne senza segno. Pertanto, una volta calcolata la risposta sismica globale, essa viene combinata alla risposta statica generando due combinazioni di carico, dove la componente dinamica della forza assiale viene considerata una volta di trazione e una volta di compressione.

La risposta sismica e quella statica sono state linearmente combinate secondo i coefficienti riportati in Tabella 7-8 in accordo con NTC2018 (Rif. [1]).

Tabella 7-8: Combinazioni di Verifica SLV – Piattaforma di Scarico

	Combinazione	Analisi Statica STAT	Analisi Spettrale ⁽¹⁾ RS _d
Verifica elementi strutturali	1	1.00	1.00
	2	1.00	-1.00
Verifica nodi strutturali	3	1.00	1.00
	4	1.00	-1.00

7.1.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di:

- ✓ Verifiche strutturali degli elementi della piattaforma
- ✓ Verifiche strutturali dei nodi (connessioni tubolari)
- ✓ Verifiche strutturali e geotecniche dei pali di fondazione (sotto il fondo del mare).

Verifiche strutturali piattaforma

Le verifiche degli elementi strutturali sono state effettuate sulla base dei criteri definiti dalla normativa ISO 19902 (Rif. [4]) per elementi tubolari ed EN1993 (Rif. [5]) per sezioni I/H.

Le verifiche mostrano che la struttura della piattaforma è adeguata a sopportare i carichi sismici. I valori massimi degli Unity Check per ogni gruppo di elementi sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 7-9: Massimi UC per Gruppi – SLV – Piattaforma di Scarico

* * * MEMBER GROUP SUMMARY * * *													
ISO 19902:2007 / EC3:2005 (EN 1993-1-1:2005/NA NONE)													
GRUP	CRITICAL	LOAD	MAX.	DIST	* APPLIED STRESSES *				*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT
ID	MEMBER	COND	UNITY	FROM	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z		AXIAL	EULER	BEND-Y	BEND-Z	COND
			CHECK	END	N/MM2	N/MM2	N/MM2		N/MM2	N/MM2	N/MM2	N/MM2	
				M									
1A3	0371-0373	2	0.45	0.8	-4.4	-67.9	4.1		150.4	218.7	163.9	588.2	BN+COM
1A4	0274-0275	1	0.17	0.8	26.9	-14.3	27.3		345.0	154.3	392.8	534.7	BN+AX
260	0642-0177	2	0.70	1.1	-2.3	-23.7	-221.4		355.0	1813.8	355.0	355.0	BN+AX
360	0572-0230	1	0.60	1.0	1.7	-171.1	75.7		355.0	787.8	374.3	537.0	BN+AX
2A3	0165-0166	2	0.74	0.8	-2.4	-95.0	7.3		111.2	142.4	135.9	528.1	BN+COM
400	0146-0054	2	0.26	1.6	-4.2	-9.9	-115.0		345.0	899.4	373.9	524.2	BN+AX
600	0531-0529	1	0.83	0.0	7.1	-179.1	176.6		345.0	4810.3	378.8	528.7	BN+AX
B01	0092-0090	2	0.14	0.0	-27.6	-13.9	4.0		258.3	822.1	439.6	439.6	ACBI
B02	0393-0335	2	0.34	0.0	-19.9	-36.4	-12.0		78.0	102.3	447.2	447.2	ACBI
B03	0391-0251	1	0.14	9.0	17.1	-35.6	-14.5		339.1	202.2	455.9	455.9	TN+BN
B04	0198-0039	2	0.34	9.0	-64.0	-11.8	28.0		236.4	460.9	447.5	447.5	ACBI
B06	0092-0000	2	0.51	0.0	-105.7	-44.7	-11.4		258.9	838.7	434.2	434.2	ACBI
B07	0379-0256	1	0.29	0.0	13.1	114.5	6.0		338.1	1023.4	455.9	455.9	TN+BN
B08	0254-0404	2	0.20	0.0	-18.3	46.5	13.0		179.2	244.1	463.6	463.6	ACBI
B09	0219-0393	2	0.29	7.2	-17.0	-47.4	-12.2		95.7	125.4	444.5	444.5	ACBI
B10	0201-0219	2	0.26	0.0	-22.8	-64.8	9.7		188.7	264.8	446.9	446.9	ACBI
BPI	0102-0574	2	0.26	0.0	-26.5	0.0	0.0		101.5	133.1	449.9	449.9	ACBI
CAI	0382-0380	2	0.10	2.0	-6.6	16.8	-24.5		292.4	587.6	373.6	373.6	ACBI
G01	0032-0013	1	0.09	0.4	20.2	7.0	4.3		.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	TN+BN
G02	0043-0014	1	0.17	1.4	44.7	13.2	4.9		.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	TN+BN
G05	0035-0047	2	0.39	2.0	-40.9	94.6	29.2		.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI
G06	0080-0081	2	0.33	0.0	-40.4	79.1	-3.1		.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI
G10	0115-0116	2	0.49	0.0	-50.3	-50.5	-7.5		143.1	187.6	434.3	434.3	ACBI
G11	0192-0391	2	0.72	6.0	-38.8	99.5	17.4		293.4	496.9	501.5	501.5	JUNBUK
G13	0198-0155	2	0.37	2.0	-20.3	22.9	18.0		253.5	721.3	401.3	401.3	JUNBUK
G19	0093-0126	2	0.35	10.2	-43.0	-31.2	58.9		213.1	353.5	438.2	438.2	ACBI
G20	0081-0202	2	0.24	1.5	-29.2	56.2	-24.1		.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI
G21	0202-0575	2	0.13	0.0	-6.0	45.7	-13.3		292.4	2825.5	435.3	435.3	ACBI
G22	0200-0393	1	0.45	6.1	23.1	53.7	18.1		328.6	200.3	399.7	399.7	JUNYLD
G23	0145-0201	1	0.23	6.4	9.5	-85.3	-11.4		319.0	747.3	428.7	428.7	TN+BN
G24	0145-0389	2	0.48	0.6	-8.0	-4.4	-64.3		292.0	6939.2	365.6	365.6	JUNBUK
G25	0389-0227	1	0.26	0.0	-4.9	-23.4	16.0		292.4	6237.8	430.9	430.9	SHEAR
J01	0035-0029	2	0.64	0.0	-111.0	76.1	-7.4		243.6	574.8	433.3	433.3	ACBI
J02	0035-0040	2	0.49	0.0	-68.2	93.9	-6.9		247.7	627.5	413.7	413.7	ACBI
J03	0035-0059	2	0.28	0.0	-24.3	-44.8	-2.7		134.1	175.8	429.0	429.0	ACBI
J04	0034-0055	2	0.15	0.0	-10.0	-42.2	-14.7		292.4	1049.2	397.7	397.7	ACBI
J05	0034-0053	2	0.44	0.0	-92.1	-19.1	-6.6		239.1	516.4	430.9	430.9	ACBI
OR1	0026-0053	2	0.30	0.0	-66.3	-21.3	8.7		265.3	1035.0	417.1	417.1	ACBI
OR2	0028-0052	1	0.28	0.0	47.6	-55.9	8.4		328.6	953.6	417.1	417.1	TN+BN
P01	0092-0084	2	0.19	2.0	-10.2	-51.2	28.7		.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI
P02	P211-0191	2	0.27	1.0	-30.5	49.0	50.6		.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI
P04	P004-P005	2	0.72	2.0	-46.9	165.8	-167.3		283.9	1611.1	420.9	420.9	ACBI
P05	P684-P685	2	0.53	0.0	-72.8	73.4	-78.6		283.9	5764.6	394.8	394.8	ACBI
PG1	0171-0041	2	0.52	1.9	-7.0	-101.5	-67.4		138.8	188.5	248.9	1025.0	BN+COM
PG2	0213-0563	1	0.76	1.4	20.9	-41.6	-200.6		345.0	478.0	345.0	345.0	BN+AX
PG3	0336-0166	2	0.74	1.2	-1.6	-95.0	-7.3		60.8	71.2	134.6	813.6	BN+COM
PG4	0111-0140	2	0.43	3.1	-1.0	71.2	40.5		71.5	103.1	166.2	856.2	BN+COM
SU2	0201-0337	2	0.31	0.0	-4.9	-124.7	-34.4		292.4	8146.6	434.3	434.3	ACBI
SUP	0032-0411	1	0.11	0.0	2.2	-40.2	-11.0		.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	TN+BN
V01	0031-0035	2	0.14	8.7	-0.7	46.9	-31.1		292.4	3036.1	408.3	408.3	ACBI
V02	0044-0076	2	0.32	0.9	-42.5	-68.4	3.4		292.4	7049.5	395.9	395.9	ACBI
BOX	0354-0365	2	0.29	0.0	1.8	-58.3	-24.9		.3E+03	.8E+05	.3E+03	.3E+03	BN+AX
240	0503-0522	1	0.29	3.6	11.9	-86.5	14.5		355.0	108.9	378.8	545.8	BN+AX
180	0189-0578	2	0.40	0.0	-16.6	-21.2	7.7		54.8	63.3	250.4	963.2	BN+COM
P03	P005-P068	2	0.75	0.0	-46.9	171.9	-173.6		283.9	5628.8	420.9	420.9	ACBI

Tutti gli elementi presentano UC < 1.0, il valore massimo di Unity Check riscontrato è 0.83 ed appartiene ad un elemento del deck. I valori massimi di UC per tutte le combinazioni analizzate sono mostrati nelle figure seguenti.

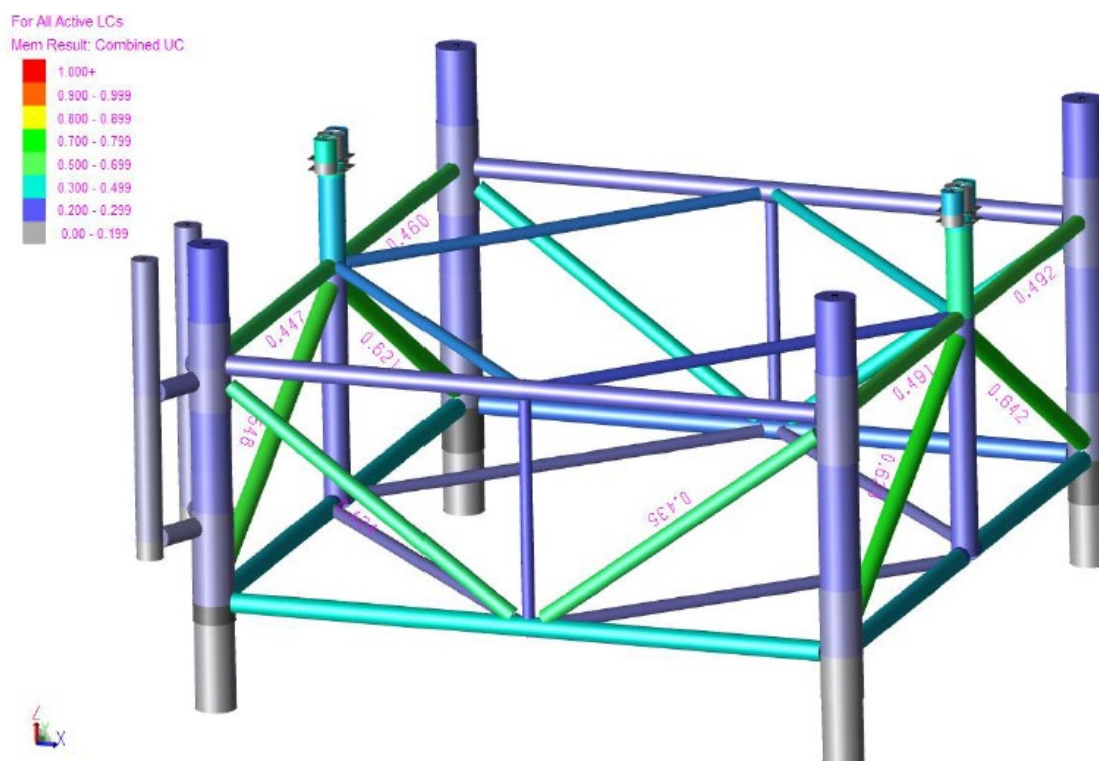


Figura 7-3: Massimi UC > 0.40 - Jacket – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico

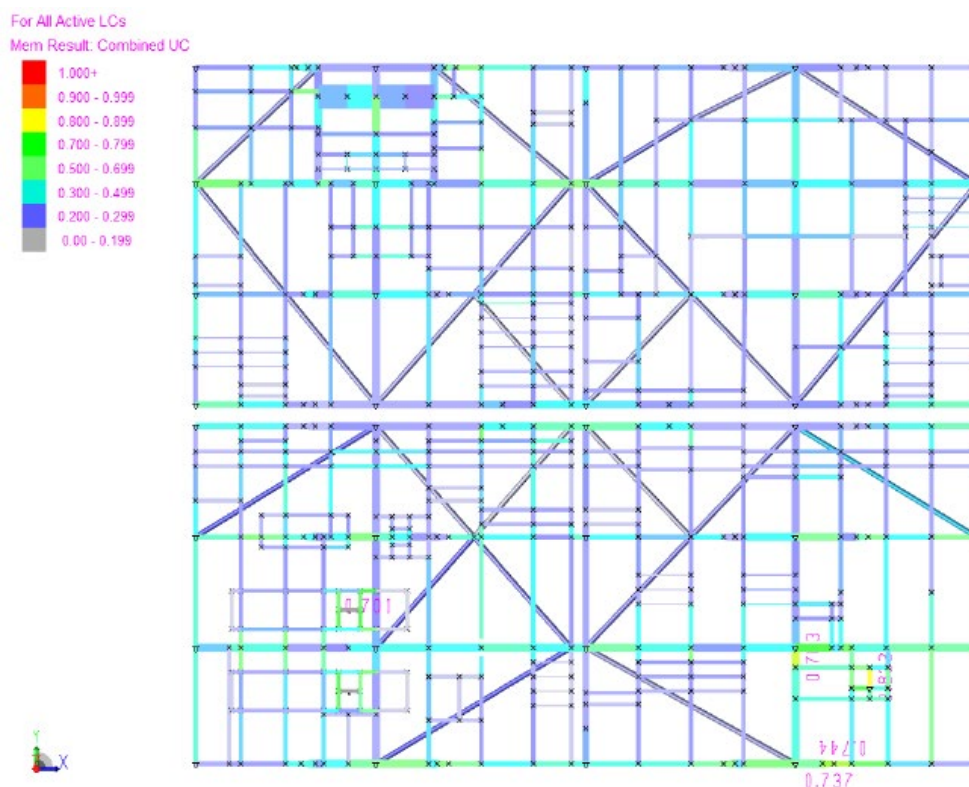


Figura 7-4: Massimi UC > 0.70 - Deck El. + 11.5m – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico

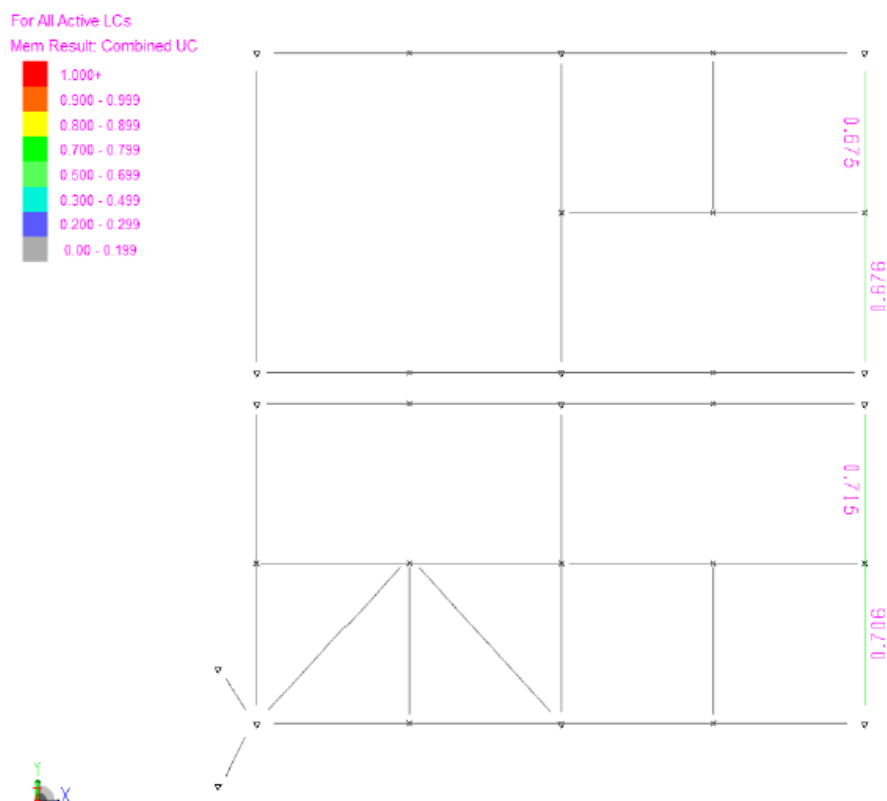


Figura 7-5: Massimi UC > 0.50 - Deck El. + 4.0m – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico

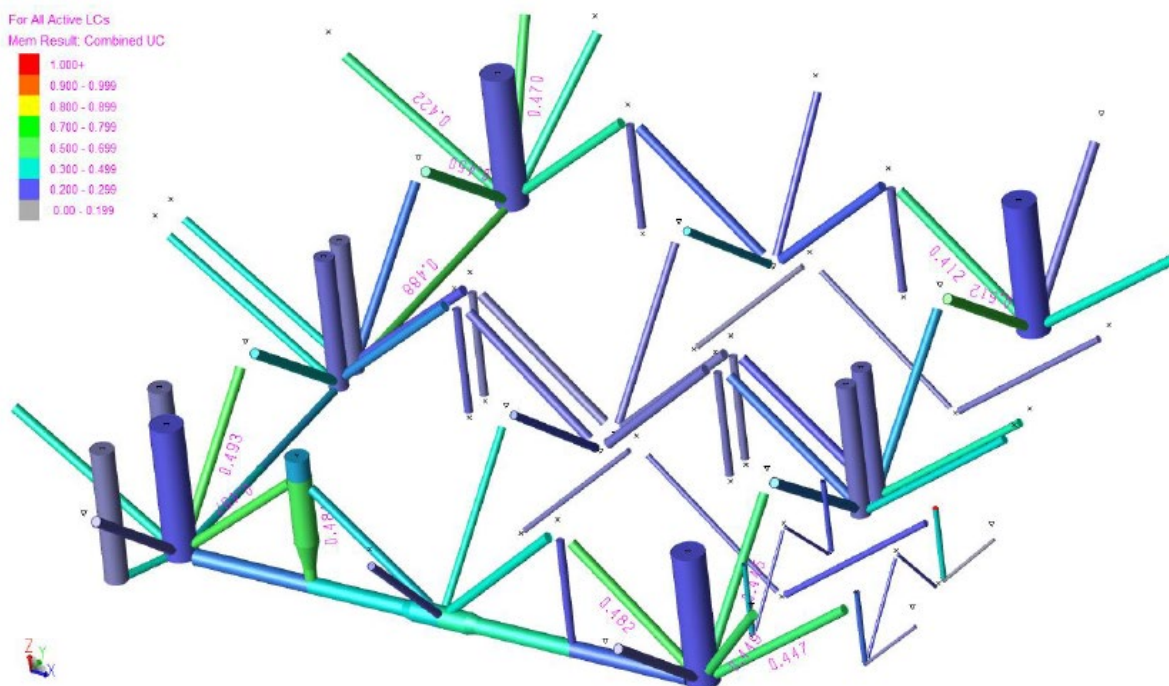


Figura 7-6: Massimi UC > 0.40 - Diagonali e montanti Deck– Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico

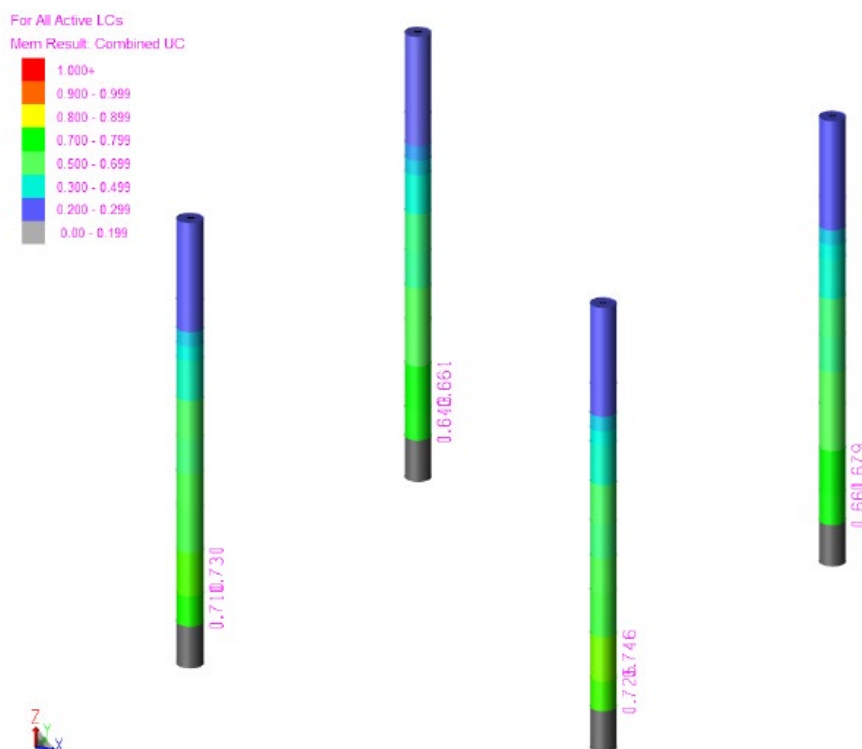


Figura 7-7: Massimi UC > 0.30 – Pali fuori terra – Involuppo SLV – Piattaforma di Scarico

Verifiche nodi tubolari

Le verifiche a punzonamento dei nodi tubolari sono state eseguite dal post-processore di SACS in accordo ai requisiti della ISO 19902 (Rif. [4]). Nella seguente tabella si riportano i nodi caratterizzati da UC > 0.20.

Tabella 7-10: Verifica UC>0.20 Nodi Tubolari – Piattaforma di Scarico

* * JOINT CAN SUMMARY * *								
(UNITY CHECK ORDER)								
***** ORIGINAL *****					***** DESIGN *****			
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC
0035	120.000	6.000	335.000	0.599	120.000	6.000	335.000	0.599
0033	120.000	6.000	335.000	0.582	120.000	6.000	335.000	0.582
0191	167.500	5.000	335.000	0.557	167.500	5.000	335.000	0.557
0389	120.000	4.000	345.000	0.551	120.000	4.000	345.000	0.551
0092	167.500	5.000	335.000	0.535	167.500	5.000	335.000	0.535
0201	167.500	5.000	335.000	0.531	167.500	5.000	335.000	0.531
0115	167.500	5.000	335.000	0.489	167.500	5.000	335.000	0.489
0393	69.200	2.600	345.000	0.447	69.200	2.600	345.000	0.447
0053	90.000	3.500	345.000	0.428	90.000	3.500	345.000	0.428
0029	187.000	7.000	325.000	0.411	187.000	7.000	325.000	0.411
0028	187.000	7.000	325.000	0.406	187.000	7.000	325.000	0.406
0027	187.000	7.000	325.000	0.398	187.000	7.000	325.000	0.398
0026	187.000	7.000	325.000	0.359	187.000	7.000	325.000	0.359
0391	69.200	2.600	345.000	0.322	69.200	2.600	345.000	0.322
0034	187.000	7.000	325.000	0.320	187.000	7.000	325.000	0.320
0057	90.000	3.500	345.000	0.313	90.000	3.500	345.000	0.313
0032	187.000	7.000	325.000	0.311	187.000	7.000	325.000	0.311
0337	120.000	2.500	345.000	0.306	120.000	2.500	345.000	0.306

Sono state inoltre eseguite le verifiche di resistenza secondo il metodo API 50% previsto dalla ISO 19902 (Ref.[4]). Tutti i nodi presentano UC < 1.0, il valore massimo di Unity Check riscontrato è 0.91.

Verifiche strutturali palo di fondazione

Al Par. 4.1 sono descritte le proprietà dei segmenti di pali infissi e la relativa lunghezza di infissione.

La verifica strutturale delle sezioni metalliche dei pali lungo la loro infissione è stata effettuata in accordo alla ISO 19902 (Rif. [4]). Il valore massimo di UC registrato è pari a 0.76 per il palo P201, la verifica è soddisfatta.

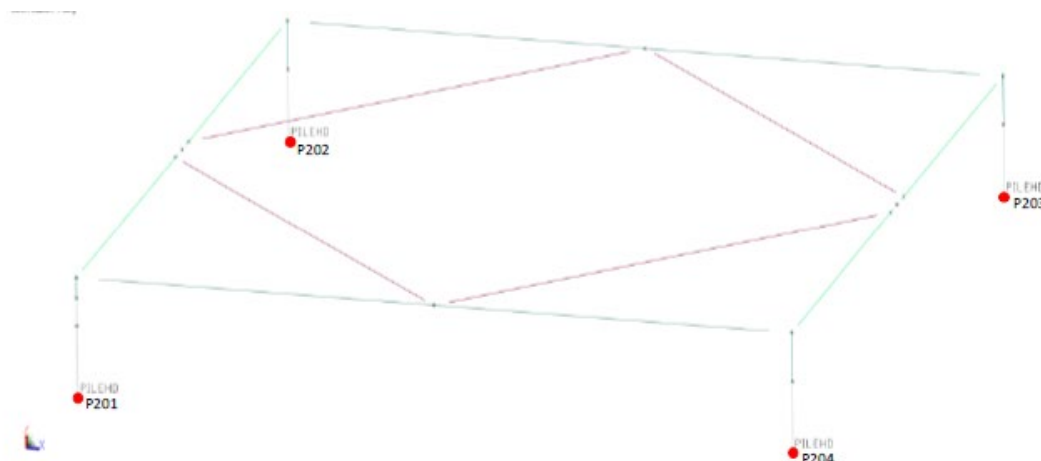


Figura 7-8: Denominazione Nodi Teste Pali – Piattaforma di Scarico

Verifica capacità portante

In aggiunta alle verifiche strutturali, sono state eseguite le verifiche a capacità portante in accordo con le prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

Il peso proprio del palo di fondazione è pari a 1204 kN.

Il valore massimo di sforzo normale in testa palo estratto dall'analisi SACS è 15.2 MN in compressione. Non è stata registrata alcuna trazione.

La capacità portante fattorizzata del palo per un'infissione pari a 78 m, calcolata in accordo alle NTC2018 (Rif. [1]) e riportata in Figura 7-9, vale 18.35 MN in compressione e 12.55 MN a trazione.

L'azione totale fattorizzata applicata risulta:

$$\checkmark \quad \text{Compressione} \quad 15.2 \text{ MN} + 1.20 \text{ MN} = 16.4 \text{ MN} < 18.35 \text{ MN} \quad (UC_c = 0.89 < 1.0)$$

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

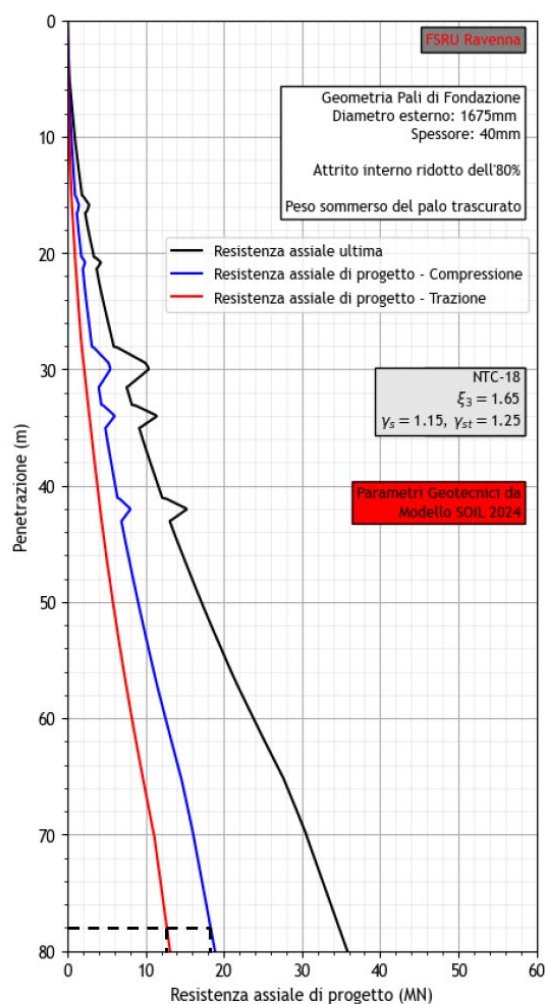


Figura 7-9: Curve di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Piattaforma di Scarico

Le curve di capacità assiale utilizzate per la verifica sono state ottenute sulla base dei risultati preliminari (principalmente i risultati delle prove CPT) della nuova campagna di indagini condotta nel febbraio 2024.

7.2 ANALISI SISMICA BRICCOLE DI ACCOSTO ED ORMEGGIO

Per le briccole di accosto e di ormeggio la composizione del palo è identica, le due tipologie differiscono solo per la presenza dei fenders e del relativo pannello di accosto. I dettagli strutturali sono forniti al Par. 4.3. Per entrambe le tipologie è stata considerata l'ipotesi peggiore con terreno dragato ad El. – 18.0 m, e lunghezza di infissione del palo al di sotto della mudline pari a 58 m.

Ai fini dell'analisi sismica, le briccole mono-palo sono state modellate mediante il Software L-pile, che considera l'interazione non lineare terreno-struttura e presenta risultati in termini di azioni interne e deformazioni. Inoltre, si è utilizzato un modello realizzato con il software SACS per il calcolo del primo periodo di vibrazione della struttura.

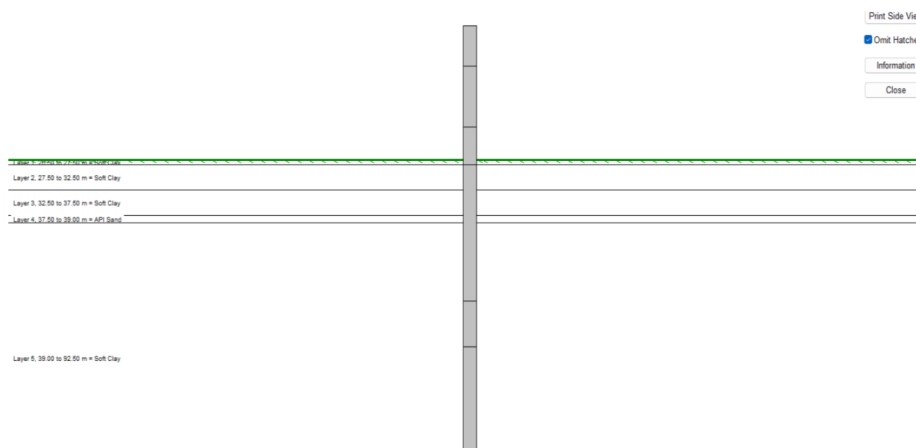


Figura 7-10: Modello L-Pile – Briccola

Per i pali delle briccole si è assunta una corrosione di 2.0 mm dalla sommità a fondo mare e 1.0 mm per la zona interrata. In accordo al Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale", la velocità di corrosione osservata sul PIR è pari a 0.11 mm/anno che, nei 25 anni di vita dell'opera, ammontano a 2.75 mm. Tale assunzione non comporta comunque una variazione significativa dei risultati, che comunque soddisfano ampiamente le verifiche ($UC_{max} = 0.16 \ll 1$).

7.2.1 Carichi Sismici

L'analisi sismica viene eseguita mediante un'analisi statica equivalente utilizzando il software L-pile.

Lo spettro di risposta che è stato considerato per il calcolo delle accelerazioni sismiche differisce da quello definito nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale" e riportato in Figura 5-1. Lo spettro utilizzato, riportato in Figura 7-11, è riferito al comune di Ravenna, non alla posizione esatta offshore, ed è più alto. La divergenza è pertanto a favore di sicurezza.

Tale spettro è stato ricavato considerando un fattore di struttura $q = 1.50$. Tuttavia, per le strutture a mensola, in accordo al paragrafo 7.3.1 della NTC2018 (Rif. [1]), e al paragrafo 3.3.2 del Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale", il fattore di struttura risulta essere: $q = 2^{2/3} = 1.33$. Questa differenza di fattore utilizzato: $1.50/1.33 = 1.13$ (+13%) comunque, non inficia il risultato finale. Come si evince dalle conclusioni il massimo Unity Check risulta $UC = 0.16 \ll 1.00$.

Queste strutture sono dimensionate dai grandi carichi in esercizio dovuti al tiro dei ganci. Per le azioni sismiche risultano sovradimensionate di un fattore quasi pari a 10.

Inoltre, oltre ad essere stato considerato uno spettro più elevato, si è assunto un ulteriore margine, amplificando l'accelerazione sismica ricavata dallo spettro. Infatti, considerando il periodo proprio di 1.23s si ottiene un'accelerazione orizzontale di 0.27 g. Nel calcolo si è considerata un'accelerazione pari a 0.30 g.

Per quanto riguarda l'azione sismica in direzione verticale, per le motivazioni sopracitate è stata trascurata, risultando irrilevante nell'ottica delle approssimazioni generali effettuate nella modellazione.

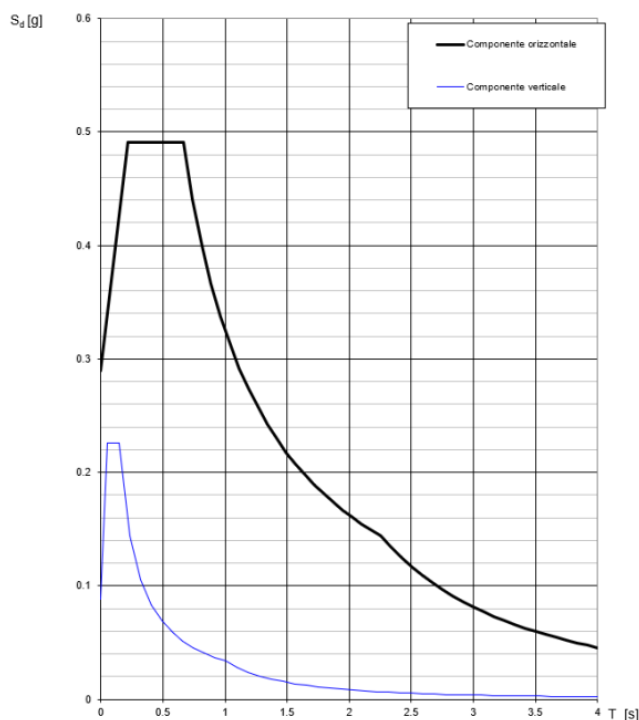


Figura 7-11: Spettri di Risposta SLV – Briccola

7.2.2 Analisi Statica Equivalente

Le condizioni di carico elementari considerate per definire le masse in gioco sono brevemente descritte nel seguito:

- ✓ Peso dello sleeve ed accessori in sommità $W = 600 \text{ kN}$
- ✓ Massa distribuita inclusa acqua intrappolata e aggiunta $M = 4400 \text{ kN}$

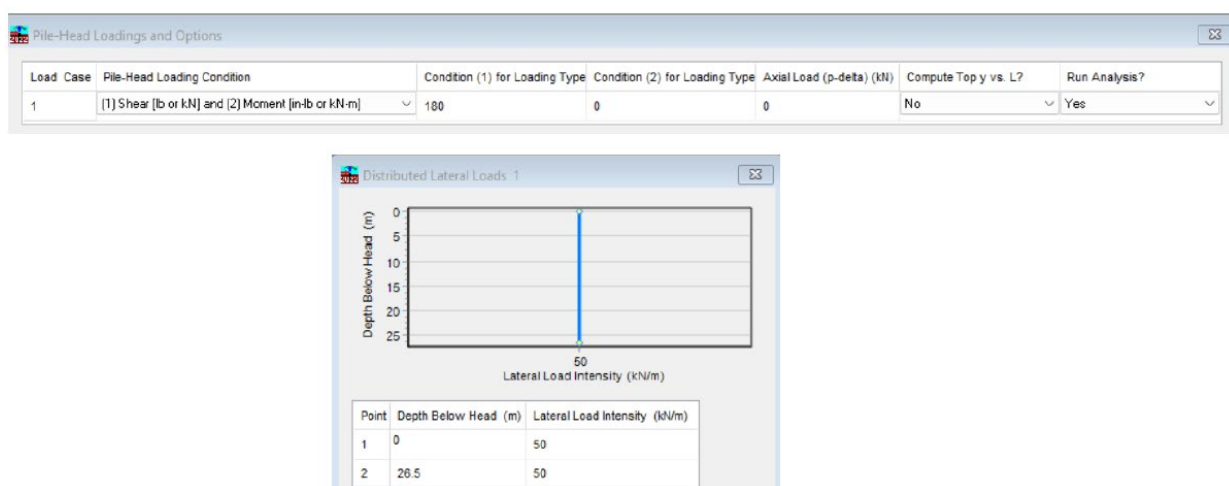


Figura 7-12: Carichi Assegnati L-pile – Briccola

La forza sismica è stata definita moltiplicando la massa totale della briccola (i pesi verticali sono stati convertiti in forze orizzontali) per il valore massimo di accelerazione pari a 0.30 g. Si considerano conseguentemente i seguenti carichi orizzontali:

- ✓ Forza in sommità: $0.30 \times 600 = 180$ kN
- ✓ Carico distribuito orizzontale (El. -18.0 m ÷ El. +8.5 m): $0.30 \times 4400 / 26.5 = 50$ kN/m

Le azioni verticali e orizzontali sono state linearmente combinate per la verifica sismica del mono-palo.

7.2.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di:

- ✓ Verifica strutturale del palo
- ✓ Verifica a capacità portante

Verifica strutturale palo

Nelle figure seguenti si riportano le sollecitazioni sulla struttura del palo (sezione infissa e non infissa) estratte dal software di L-pile, in termini di taglio e momento flettente.

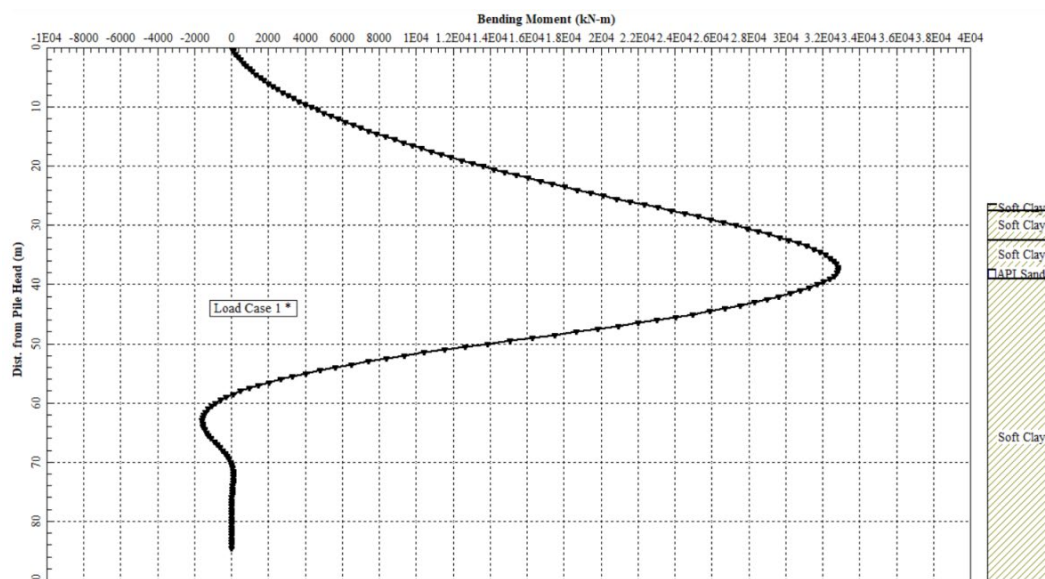


Figura 7-13: Diagramma Momento – Briccola

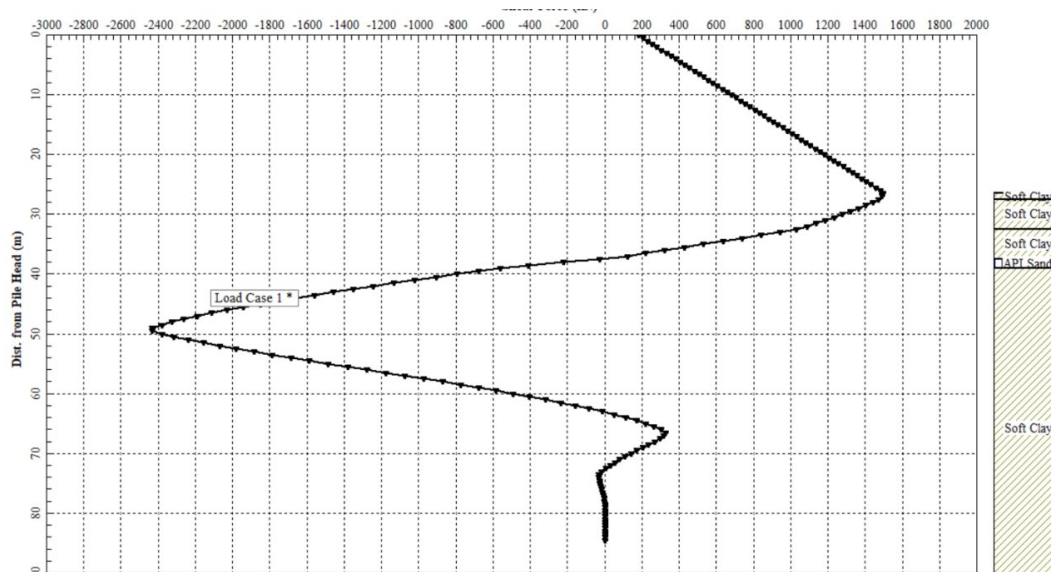


Figura 7-14: Diagramma Taglio – Briccola

Le verifiche strutturali sono state effettuate in accordo alla normativa ISO19902 (Rif. [4]). I risultati delle analisi sono riportati nella seguente tabella. Il massimo valore di UC è pari a 0.16.

Tabella 7-11: Verifiche Strutturali - ISO 19902 – Briccola

Sec.	L.Sec.	Lpile		D	t	Corr.	D	t	D/t	D/t	Mat.	F _y	f _b	Z _e	Z _p	M _{Res}	M _{Sd}	U.C.	Sec
		m	Z _{Top}									Z _{Bottom}	mm	mm	mm	mm	-	check	
1	8.00	0.00	8.00	3000	70	2	2996	68	44.1	Ok	S355	325	404	447,718	583,081	172,190	4,000	0.02	1
2	12.00	8.00	20.00	3000	60	2	2996	58	51.7	Ok	S355	335	399	385,745	500,712	146,556	15,000	0.10	2
3	7.50	20.00	27.50	3000	70	2	2996	68	44.1	Ok	S355	325	404	447,718	583,081	172,190	27,000	0.16	3
4	27.00	27.50	54.50	3000	80	1	2998	79	37.9	Ok	S355	325	416	515,117	673,289	203,913	33,000	0.16	4
5	9.00	54.50	63.50	3000	70	1	2998	69	43.4	Ok	S355	325	405	454,471	592,063	175,288	14,000	0.08	5
6	21.00	63.50	84.50	3000	60	1	2998	59	50.8	Ok	S355	335	401	392,540	509,694	149,748	2,000	0.01	6
7																			7
8																			8
9																			9
10																			10

Sec.	D/t	f _b	D/t	f _b	D/t	f _b	Sec.
	<	Mpa	<	Mpa	<	Mpa	
1	33.4	423	66.8	404	129.2	376	1
2	32.4	435	64.8	399	125.4	382	2
3	33.4	423	66.8	404	129.2	376	3
4	33.4	425	66.8	416	129.2	380	4
5	33.4	423	66.8	405	129.2	376	5
6	32.4	435	64.8	401	125.4	382	6
7							7
8							8
9							9
10							10

$$E = 2.1E+05 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_{R,b} = 1.05$$

$$\gamma_F = 1.30$$

$$M_{Res} = Z_e * f_b / \gamma_{R,b}$$

$$M_{Sd} = \gamma_F * M_o$$

$$f_b = \left(\frac{Z_p}{Z_e} \right) f_y \quad \text{for } \frac{f_y D}{Et} \leq 0.0517 \quad (13.2-13)$$

$$f_b = \left[1.13 - 2.58 \left(\frac{f_y D}{Et} \right) \right] \left(\frac{Z_p}{Z_e} \right) f_y \quad \text{for } 0.0517 < \frac{f_y D}{Et} \leq 0.1034 \quad (13.2-14)$$

$$f_b = \left[0.94 - 0.76 \left(\frac{f_y D}{Et} \right) \right] \left(\frac{Z_p}{Z_e} \right) f_y \quad \text{for } 0.1034 < \frac{f_y D}{Et} \leq 0.2 \quad (13.2-15)$$

Verifica a capacità portante

In aggiunta alle verifiche strutturali, sono state eseguite le verifiche a capacità portante in accordo con NTC2018 (Rif. [1]).

Il peso proprio della briccola mono-palo è pari a 5500 kN. Pertanto, l'azione totale applicata fattorizzata allo stato limite ultimo è pari a 1.30x5500=7150 kN.

La capacità portante fattorizzata del palo per un'infissione pari a 58 m, calcolata in accordo alle NTC2018 (Rif. [1]), vale 25000 kN. Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

Si segnala che la capacità portante della briccola (riportata in

Figura 7-15) è stata calcolata considerando i parametri geotecnici da rapporto geotecnico del 1984, poiché i parametri aggiornati non erano ancora disponibili all'atto della progettazione delle briccole. Il fattore di sicurezza dei carichi risulta comunque F.S. = 3.5 >> 1.0, conseguentemente la soluzione non è sensibile alla lieve diminuzione di capacità portante delle nuove curve.

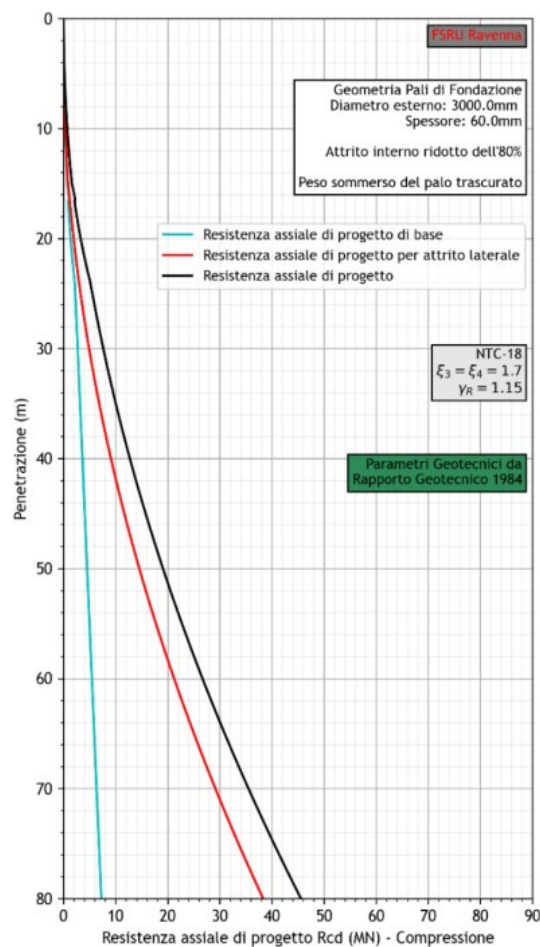


Figura 7-15: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici 1984 – Briccola

Di seguito si riportano le curve di capacità assiale del mono-palo ottenute sulla base dei risultati preliminari (principalmente i risultati delle prove CPT) della nuova campagna di indagini condotta nel febbraio 2024, da cui si evince che la capacità portante in compressione della briccola è abbondantemente superiore a 20.000 kN. Pertanto, la verifica risulta ampiamente soddisfatta anche considerando le nuove curve di capacità.

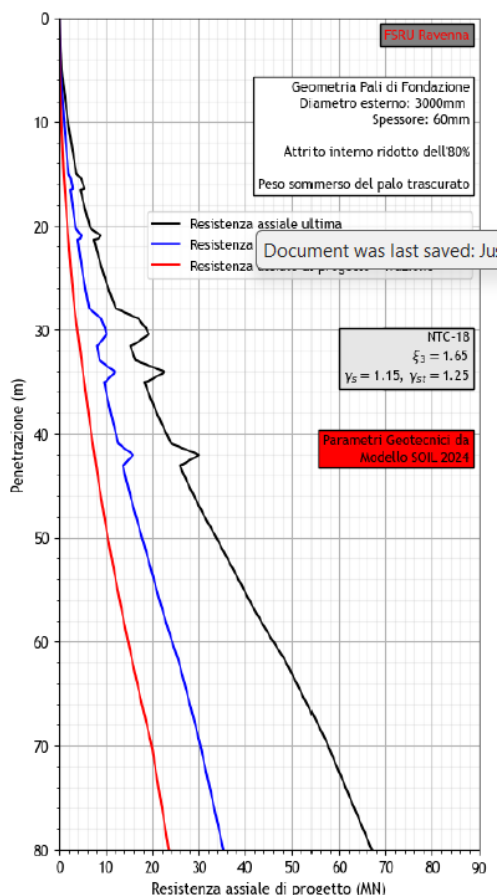


Figura 7-16: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Briccola

7.2.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni

Le briccole di accosto e di ormeggio sono state verificate per un sisma calcolato con spettro di risposta avente $T_R = 475$ anni allo SLV secondo le NTC2018 (Rif. [1]), legato ad una vita nominale $V_N = 25$ anni. Poiché la struttura oggetto di analisi è da considerarsi “Costruzione con livelli di prestazioni ordinari”, di seguito si riportano le considerazioni effettuate affinché si possa ritenere che le briccole soddisfino le verifiche in condizioni sismiche considerando una vita nominale V_N di 50 anni, ed il relativo spettro di risposta allo SLV ($T_R = 949$ anni) riportato in Figura 5-3.

Dall’analisi modale della struttura, i cui risultati sono riportati al paragrafo seguente, si ottiene che il primo modo della struttura è pari a 1.23s.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 475$ anni, l’accelerazione vale:

$$S_{475}(T1) = 0.25g$$

A favore di sicurezza, le briccole sono state verificate per un’accelerazione di $S_d(T) = 0.30g$.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 949$ anni, si ottiene:

$$S_{949}(T1) = 0.30g = S_d(T)$$

Pertanto, le verifiche effettuate per $T_R = 475$ anni, i cui risultati sono riportati al Par. 7.2.3, restano valide.

Le briccole di accosto e di ormeggio sono in grado di resistere all'azione sismica calcolata con uno spettro allo SLV con $T_R = 949$ anni, assumendo una vita nominale $V_N = 50$ anni in ottemperanza alle prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

7.2.5 Analisi Modale Mono-palo

È stata condotta l'analisi modale delle briccole mono-palo al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinare la risposta della struttura alle forzanti sismiche. Il calcolo del periodo proprio è stato condotto mediante l'ausilio del programma SACS.

Il palo di fondazione è stato modellato con un palo equivalente di lunghezza pari a 6.3 diametri (valutata mediante un'analisi comparativa degli spostamenti con il software L-pile).

In testa palo è stato applicato il peso dello sleeve e degli accessori.

Il primo periodo di vibrazione della briccola, mostrato nella figura seguente, risulta $T_1 = 1.23$ s.

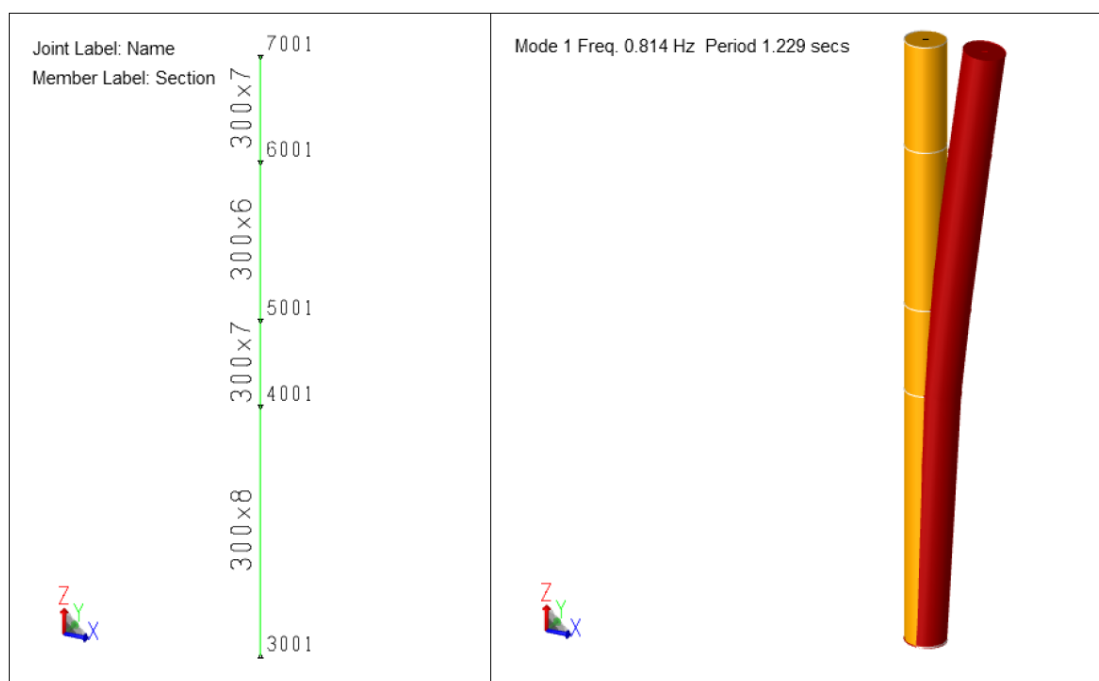


Figura 7-17: Primo Modo di Vibrazione – Briccola

I periodi di vibrazione con le rispettive frequenze sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 7-12: Periodi e Frequenze di Vibrazione – Briccola

MODE	SACS IV-FREQUENCIES AND FREQ. (CPS)	GENERALIZED MASS GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD (SECS)
1	0.813887	1.9668837E+02	3.8239485E-02	1.2286718
2	0.813925	1.9670680E+02	3.8235870E-02	1.2286137
3	4.645219	1.9573257E+02	1.1738910E-03	0.2152751
4	4.645442	1.9575706E+02	1.1737786E-03	0.2152648
5	15.617077	2.1406828E+02	1.0385818E-04	0.0640325

7.3 ANALISI SISMICA PASSERERELLA TUBO GAS

Nell'immagine seguente è rappresentata la planimetria generale del pontile con evidenziate le passerelle di supporto della tubazione gas da 26" oggetto di verifica.

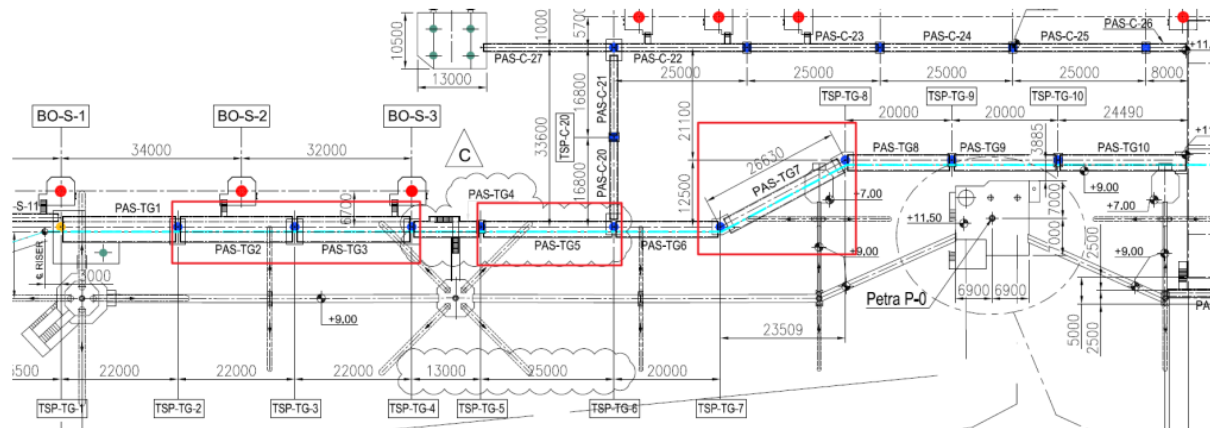


Figura 7-18: Passerelle Supporto Tubo Gas – Analisi sismica

Le passerelle a sud, le prime cinque passerelle dal palo di supporto riser TG-1 al palo TG-6, sono in semplice appoggio sui capitelli, mentre a nord del giunto (al palo TG-6) le passerelle sono collegate longitudinalmente. I dettagli relativi alla geometria e alle componenti strutturali delle passerelle sono stati esposti al Par. 4.2.

Le analisi sismiche delle passerelle di supporto tubo gas sono state svolte definendo un modello di calcolo tridimensionale, in ambiente SACS, che ne riproduce tutti gli elementi strutturali principali. Le strutture secondarie e gli equipaggiamenti sono inserite nel modello come carichi.

Le tipologie di passerelle oggetto di verifica, ritenute più significative ai fini dell'analisi sismica, sono:

- ✓ "PAS TG2": tipica per lo schema di semplice appoggio, con luce di 21 m (copre la verifica della passerella TG1)
- ✓ "PAS TG3": massimo carico di piping con schema di semplice appoggio su luce di 21 m
- ✓ "PAS TG5": rappresenta la trave tipica con schema di semplice appoggio con luce massima di 24 m
- ✓ "PAS TG7": rappresenta la trave tipica con schema di trave continua con luce massima di 24 m.

Il periodo di vibrazione delle passerelle corrisponde al periodo proprio dei pali di supporto delle stesse. Il calcolo del periodo dei pali di fondazione è stato condotto mediante l'ausilio del programma SACS come descritto al Par. 7.3.5.

7.3.1 Carichi Sismici

L'analisi sismica viene eseguita mediante un'analisi statica equivalente utilizzando il software SACS.

Lo spettro di risposta che è stato considerato per il calcolo delle accelerazioni sismiche è quello definito nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale" e riportato in Figura 5-1.

Considerando il periodo proprio di 1.70s (al fine di massimizzare le forze sismiche) si ottiene un'accelerazione orizzontale di 0.17g (amplificata conservativamente a 0.2g), ed un'accelerazione verticale pari a circa 0.01g.

La forza sismica è stata definita moltiplicando la massa totale della passerella (i pesi verticali sono stati convertiti come forze nelle due direzioni X e Y) per il valore massimo di accelerazione pari a 0.2g per le forze orizzontali, e per 0.01g per la forza verticale.

7.3.2 Analisi Statica Equivalente

Le condizioni di carico elementari considerate per definire le masse in gioco sono state ricavate dai modelli di analisi statica e sono brevemente descritte nel seguito.

- ✓ Azioni Permanenti (G_1, G_2)
 - Peso proprio delle strutture
 - Peso dei corrimani, grigliati, dei cavi elettrici e il rivestimento antincendio
 - Peso proprio di piping ed equipaggiamenti
- ✓ Azioni Variabili (Q_1, Q_2)
 - Zone di passaggio (4.0 kN/m^2) – Carichi variabili vengono considerati al 50%.

Peso Proprio Strutturale - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (struttura passerella e supporti canalette elettriche) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi.

Le condizioni di carico definite sono:

- ✓ DEAZ peso struttura in direzione verticale -Z
- ✓ DEAX peso struttura in direzione longitudinale X
- ✓ DEAY peso struttura in direzione trasversale Y

Pesi strutture non modellate

Sono state definite le seguenti condizioni di carico:

- ✓ PGRZ peso grigliati in direzione verticale -Z
- ✓ PGRX peso grigliati in direzione long. X
- ✓ PGRY peso grigliati in direzione trasversale Y
- ✓ CABZ peso canaline elettriche in direzione verticale -Z
- ✓ CABX peso canaline elettriche in direzione long. X
- ✓ CABY peso canaline elettriche in direzione trasversale Y
- ✓ PFPZ peso fireproofing in direzione verticale -Z
- ✓ PFPX peso fireproofing in direzione long. X
- ✓ PFPY peso fireproofing in direzione trasversale Y
- ✓ PCOZ peso elementi secondari in direzione verticale -Z
- ✓ PCOX peso elementi secondari in direzione long. X
- ✓ PCOY peso elementi secondari in direzione trasversale Y

Piping

Le condizioni di carico associate al piping sono le seguenti:

- ✓ PISX peso piping in direzione longitudinale X
- ✓ PISY peso piping in direzione trasversale Y
- ✓ PISZ peso piping in direzione verticale Z

Carichi Variabili

È stato assegnato in tutte le zone libere un carico uniforme pari a 4.0 kN/m^2 :

- ✓ LIVX carico variabile in direzione long. X
- ✓ LIVY carico variabile in direzione trasversale Y

✓ LIVZ carico variabile in direzione verticale Z

Si riportano nelle seguenti tabelle le risultanti dei carichi applicati alle passerelle oltre che il peso proprio delle stesse.

Tabella 7-13: Risultante Carichi Passerella TG2

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT ***** RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN												
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)
1	PGRZ	0.00				0.00				-46.22	0.00	-0.07
2	PCOZ	0.00				0.00				-13.02	0.00	0.00
3	PSCZ	0.00				0.00				-4.01	8.25	1.90
4	PPFZ	0.00				0.00				-37.00	0.00	0.00
5	DEAZ	0.00				0.00				-239.93	0.00	-0.39
6	CABZ	0.00				0.00				-25.98	-0.40	-1.13
7	PISX	222.00	0.24	-0.90	9.00	0.00				0.00		
8	PISZ	0.00				0.00				-222.00	0.24	-0.90
9	PISY	0.00				222.00	0.24	-0.90	9.00	0.00		
10	LIVZ	0.00				0.00				-84.00	0.00	1.40
11	LIVX	84.00	0.00	1.40	8.85	0.00				0.00		
12	LIVY	0.00				84.00	0.00	1.40	8.85	0.00		
13	PGRX	46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00				0.00		
14	PGRY	0.00				46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00		
15	PCOX	13.02	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00		
16	PCOY	0.00				13.02	0.00	0.00	8.70	0.00		
17	PPFX	37.00	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00		
18	PPFY	0.00				37.00	0.00	0.00	8.70	0.00		
19	DEAX	239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00				0.00		
20	DEAY	0.00				239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00		
21	CABX	25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00				0.00		
22	CABY	0.00				25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00		

Tabella 7-14: Risultante Carichi Passerella TG3

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT ***** RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN												
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)
1	PGRZ	0.00				0.00				-46.22	0.00	-0.07
2	PGRX	46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00				0.00		
3	PGRY	0.00				46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00		
4	PCOZ	0.00				0.00				-13.02	0.00	0.00
5	PSCZ	0.00				0.00				-4.01	8.25	1.90
6	PCOX	13.02	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00		
7	PSCY	4.01	8.25	1.90	8.88	0.00				0.00		
8	PCOY	0.00				13.02	0.00	0.00	8.70	0.00		
9	PSCY	0.00				4.01	8.25	1.90	8.88	0.00		
10	PPFZ	0.00				0.00				-37.00	0.00	0.00
11	PPFX	37.00	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00		
12	PPFY	0.00				37.00	0.00	0.00	8.70	0.00		
13	DEAZ	0.00				0.00				-239.93	0.00	-0.39
14	DEAX	239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00				0.00		
15	DEAY	0.00				239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00		
16	CABZ	0.00				0.00				-25.98	-0.40	-1.13
17	CABX	25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00				0.00		
18	CABY	0.00				25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00		
19	PISZ	0.00				0.00				-644.00	1.67	-0.90
20	PISY	0.00				644.00	1.67	-0.90	9.00	0.00		
21	PISX	644.00	1.67	-0.90	9.00	0.00				0.00		
22	LIVZ	0.00				0.00				-84.00	0.00	1.40
23	LIVX	84.00	0.00	1.40	8.85	0.00				0.00		
24	LIVY	0.00				84.00	0.00	1.40	8.85	0.00		

Tabella 7-15: Risultante Carichi Passerella TG5

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT ***** RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN												
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)
1	CABZ	0.00				0.00				-28.80	0.00	-1.65
2	DEAZ	0.00				0.00				-192.38	-0.01	-0.56
3	PCOZ	0.00				0.00				-11.86	0.00	0.00
4	PPFZ	0.00				0.00				-28.03	0.00	0.00
5	PGRZ	0.00				0.00				-37.97	0.00	-0.50
6	PISX	137.00	-1.64	-0.90	9.00	0.00				0.00		
7	PISY	0.00				137.00	-1.64	-0.90	9.00	0.00		
8	PISZ	0.00				0.00				-137.00	-1.64	-0.90
9	CABX	28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00				0.00		
10	CABY	0.00				28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00		
11	DEAX	192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00				0.00		
12	DEAY	0.00				192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00		
13	PCOX	11.86	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00		
14	PCOY	0.00				11.86	0.00	0.00	8.70	0.00		

15	PFPX	27.59	-0.11	0.01	8.70	0.00	-0.11	0.01	8.70	0.00				
16	PFPY	0.00				27.59				0.00				
17	PGRX	37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00				0.00				
18	PGRY	0.00				37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00				
19	LIVX	96.60	0.00	0.40	8.84	0.00				0.00				
20	LIVZ	0.00				0.00				-96.60	0.00	0.40	8.84	
21	LIVY	0.00				96.60	0.00	0.40	8.84	0.00				

Tabella 7-16: Risultante Carichi Passerella TG7

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	CABZ	0.00				0.00				-28.80	0.00	-1.65	9.88
2	DEAZ	0.00				0.00				-192.38	-0.01	-0.56	8.83
3	PCOZ	0.00				0.00				-11.86	0.00	0.00	8.70
4	PFPZ	0.00				0.00				-28.03	0.00	0.00	8.70
5	PGRZ	0.00				0.00				-37.97	0.00	-0.50	8.85
6	CABX	28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00				0.00			
7	CABY	0.00				28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00			
8	DEAX	192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00				0.00			
9	DEAY	0.00				192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00			
10	PCOX	11.86	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
11	PCOY	0.00				11.86	0.00	0.00	8.70	0.00			
12	PFPX	28.03	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
13	PFPY	0.00				28.03	0.00	0.00	8.70	0.00			
14	PGRX	37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00				0.00			
15	PGRY	0.00				37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00			
16	PISX	97.00	-2.57	-0.90	9.00	0.00				0.00			
17	PISY	0.00				97.00	-2.57	-0.90	9.00	0.00			
18	PISZ	0.00				0.00				-97.00	-2.57	-0.90	9.00
19	LIVZ	0.00				0.00				-96.60	0.00	0.40	8.84
20	LIVX	96.60	0.00	0.40	8.84	0.00				0.00			
21	LIVY	0.00				96.60	0.00	0.40	8.84	0.00			

Di seguito si riportano le combinazioni di carico base considerate.

Tabella 7-17: Combinazioni Base SLV – Passerella Tubo Gas

LOAD COMB	LOAD CASES																		
	PGRZ	PCOZ	PSCZ	PFPZ	DEAZ	CABZ	PISZ	LIVZ	PGRX	PCOX	PSCX	PFPX	DEAX	CABX	PISX	LIVX	PGRY	PCOY	PSCY
VERT	1,050	1,050	1,100	1,100	1,100	1,050	1,000	0,500											
FORX									1,050	1,050	1,100	1,100	1,100	1,050	1,000	0,500			
FORY																	1,050	1,050	1,100

Combinazioni sismiche

Le combinazioni di carico allo SLU sono state generate secondo le NTC2018 (Rif. [1]), in accordo alla seguente tabella. La componente sismica verticale è inclusa nel coefficiente di combinazione dei carichi verticali pari a 1.015.

Tabella 7-18: Combinazioni Sismiche SLV – Passerella Tubo Gas

LOAD COMB	LOAD CASES				
	FORX	FORY	VERT	SISX	SISY
SISX	0,200				
SISY		0,200			
SIS1			1,015	1,000	0,300
SIS2			1,015	0,300	1,000
SIS3			1,015	-1,000	0,300
SIS4			1,015	-1,000	-0,300
SIS5			1,015	-0,300	1,000
SIS6			1,015	-0,300	-1,000
SIS7			1,015	1,000	-0,300
SIS8			1,015	0,300	-1,000

In accordo al Par. 7.3.5 delle NTC2018 (Rif. [1]), le combinazioni sismiche sono da valutarsi mediante l'espressione:

$$1.0 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$$

permutando i fattori moltiplicativi in tre combinazioni di carico.

Le combinazioni considerate risultano essere a favore di sicurezza in quanto considerano la componente sismica verticale sempre al suo massimo.

Si riportano nelle seguenti tabelle le risultanti delle combinazioni di carico utilizzate per la verifica sismica delle quattro sezioni tipiche di passerella (TG2, TG3, TG5, TG7).

Tabella 7-19: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG2

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	PGRZ	0.00				0.00				-46.22	0.00	-0.07	8.85
2	PCOZ	0.00				0.00				-13.02	0.00	0.00	8.70
3	PSCZ	0.00				0.00				-4.01	8.25	1.90	8.88
4	PFYZ	0.00				0.00				-37.00	0.00	0.00	8.70
5	DEAZ	0.00				0.00				-239.93	0.00	-0.39	8.81
6	CABZ	0.00				0.00				-25.98	-0.40	-1.13	9.71
7	PISX	222.00	0.24	-0.90	9.00	0.00				0.00			
8	PISZ	0.00				0.00				-222.00	0.24	-0.90	9.00
9	PISY	0.00				222.00	0.24	-0.90	9.00	0.00			
10	LIVZ	0.00				0.00				-84.00	0.00	1.40	8.85
11	LIVX	84.00	0.00	1.40	8.85	0.00				0.00			
12	LIVY	0.00				84.00	0.00	1.40	8.85	0.00			
13	PGRX	46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00				0.00			
14	PGRY	0.00				46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00			
15	PCOX	13.02	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
16	PCOY	0.00				13.02	0.00	0.00	8.70	0.00			
17	PFEX	37.00	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
18	PFYX	0.00				37.00	0.00	0.00	8.70	0.00			
19	DEAX	239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00				0.00			
20	DEAY	0.00				239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00			
21	CABX	25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00				0.00			
22	CABY	0.00				25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00			

Tabella 7-20: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG3

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	PGRZ	0.00				0.00				-46.22	0.00	-0.07	8.85
2	PGRX	46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00				0.00			
3	PGRY	0.00				46.22	0.00	-0.07	8.85	0.00			
4	PCOZ	0.00				0.00				-13.02	0.00	0.00	8.70
5	PSCZ	0.00				0.00				-4.01	8.25	1.90	8.88
6	PCOX	13.02	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
7	PSCX	4.01	8.25	1.90	8.88	0.00				0.00			
8	PCOY	0.00				13.02	0.00	0.00	8.70	0.00			
9	PSCY	0.00				4.01	8.25	1.90	8.88	0.00			
10	PFYZ	0.00				0.00				-37.00	0.00	0.00	8.70
11	PFEX	37.00	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
12	PFYX	0.00				37.00	0.00	0.00	8.70	0.00			
13	DEAZ	0.00				0.00				-239.93	0.00	-0.39	8.81
14	DEAX	239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00				0.00			
15	DEAY	0.00				239.93	0.00	-0.39	8.81	0.00			
16	CABZ	0.00				0.00				-25.98	-0.40	-1.13	9.71
17	CABX	25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00				0.00			
18	CABY	0.00				25.98	-0.40	-1.13	9.71	0.00			
19	PISZ	0.00				0.00				-644.00	1.67	-0.90	9.00
20	PISY	0.00				644.00	1.67	-0.90	9.00	0.00			
21	PISX	644.00	1.67	-0.90	9.00	0.00				0.00			
22	LIVZ	0.00				0.00				-84.00	0.00	1.40	8.85
23	LIVX	84.00	0.00	1.40	8.85	0.00				0.00			
24	LIVY	0.00				84.00	0.00	1.40	8.85	0.00			

Tabella 7-21: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG5

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	CABZ	0.00				0.00				-28.80	0.00	-1.65	9.88
2	DEAZ	0.00				0.00				-192.38	-0.01	-0.56	8.83
3	PCOZ	0.00				0.00				-11.86	0.00	0.00	8.70
4	PFYZ	0.00				0.00				-28.03	0.00	0.00	8.70
5	PGRZ	0.00				0.00				-37.97	0.00	-0.50	8.85
6	PISX	137.00	-1.64	-0.90	9.00	0.00				0.00			
7	PISY	0.00				137.00	-1.64	-0.90	9.00	0.00			
8	PISZ	0.00				0.00				-137.00	-1.64	-0.90	9.00
9	CABX	28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00				0.00			
10	CABY	0.00				28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00			
11	DEAX	192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00				0.00			
12	DEAY	0.00				192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00			
13	PCOX	11.86	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
14	PCOY	0.00				11.86	0.00	0.00	8.70	0.00			
15	PFEX	27.59	-0.11	0.01	8.70	0.00				0.00			
16	PFYX	0.00				27.59	-0.11	0.01	8.70	0.00			
17	PGRX	37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00				0.00			
18	PGRY	0.00				37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00			
19	LIVX	96.60	0.00	0.40	8.84	0.00				0.00			
20	LIVZ	0.00				0.00				-96.60	0.00	0.40	8.84
21	LIVY	0.00				96.60	0.00	0.40	8.84	0.00			

Tabella 7-22: Risultanti Combinazioni SLV – Passerella TG7

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	CABZ	0.00				0.00				-28.80	0.00	-1.65	9.88
2	DEAZ	0.00				0.00				-192.38	-0.01	-0.56	8.83
3	PCOZ	0.00				0.00				-11.86	0.00	0.00	8.70
4	PFEZ	0.00				0.00				-28.03	0.00	0.00	8.70
5	PGRZ	0.00				0.00				-37.97	0.00	-0.50	8.85
6	CABX	28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00				0.00			
7	CABY	0.00				28.80	0.00	-1.65	9.88	0.00			
8	DEAX	192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00				0.00			
9	DEAY	0.00				192.38	-0.01	-0.56	8.83	0.00			
10	PCOX	11.86	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
11	PCOY	0.00				11.86	0.00	0.00	8.70	0.00			
12	PFEY	28.03	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
13	PFFY	0.00				28.03	0.00	0.00	8.70	0.00			
14	PGRX	37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00				0.00			
15	PGRY	0.00				37.97	0.00	-0.50	8.85	0.00			
16	PISX	97.00	-2.57	-0.90	9.00	0.00				0.00			
17	PISY	0.00				97.00	-2.57	-0.90	9.00	0.00			
18	PISZ	0.00				0.00				-97.00	-2.57	-0.90	9.00
19	LIVZ	0.00				0.00				-96.60	0.00	0.40	8.84
20	LIVX	96.60	0.00	0.40	8.84	0.00				0.00			
21	LIVY	0.00				96.60	0.00	0.40	8.84	0.00			

7.3.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di verifiche strutturali degli elementi passerella.

Le verifiche soddisfano i criteri previsti dalle ISO 19902 (Rif. [4]), per le sezioni circolari, ed EN 1993 (Rif. [5]), per le sezioni I / H. Per le quattro tipologie di passerelle analizzate i valori massimi di Unity Check sono:

- ✓ PAS-TG3: UC = 0.85 < 1.0 OK
- ✓ PAS-TG5: UC = 0.61 < 1.0 OK
- ✓ PAS-TG2: UC = 0.55 < 1.0 OK
- ✓ PAS-TG7: UC = 0.40 < 1.0 OK

7.3.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni

Le passerelle di sostegno tubo gas sono state verificate per un sisma calcolato con spettro di risposta avente $T_R = 475$ anni allo SLV secondo NTC2018 (Rif. [1]), legato ad una vita nominale $V_N = 25$ anni. Poiché la struttura oggetto di analisi è da considerarsi "Costruzione con livelli di prestazioni ordinari", di seguito si riportano le considerazioni effettuate affinché si possa ritenere che passerelle di sostegno tubo gas soddisfino le verifiche in condizioni sismiche considerando una vita nominale V_N di 50 anni, ed il relativo spettro di risposta allo SLV ($T_R = 949$ anni) riportato in Figura 5-3.

Dall'analisi modale della struttura, i cui risultati sono riportati al paragrafo seguente, si ottiene che il primo modo della struttura è pari a 1.70s.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 475$ anni, l'accelerazione vale:

$$S_{475}(T_1) = 0.15g$$

A favore di sicurezza, le passerelle sono state verificate per un'accelerazione di $S_d(T) = 0.20g$.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 949$ anni, si ottiene:

$$S_{949}(T_1) = 0.196g \leq S_d(T)$$

Pertanto, le verifiche effettuate per $T_R = 475$ anni, i cui risultati sono riportati al Par. 7.3.3, restano valide.

Le passerelle di sostegno tubo gas sono in grado di resistere all'azione sismica calcolata con uno spettro allo SLV con $T_R = 949$ anni, assumendo una vita nominale $V_N = 50$ anni in ottemperanza alle prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

7.3.5 Analisi Modale Pali di Fondazione

È stata condotta l'analisi modale dei pali di fondazione al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinare la risposta della struttura alle forzanti sismiche. Il periodo delle passerelle corrisponde al periodo dei pali di supporto delle passerelle stesse che sono collegati con schema a telaio nella direzione longitudinale mentre hanno un comportamento a mensola nella direzione trasversale. Il calcolo del periodo proprio per i due schemi statici è stato condotto mediante l'ausilio del programma SACS.

Il palo di fondazione è stato modellato con un palo equivalente di lunghezza pari a 10 diametri (valutata mediante un'analisi comparativa degli spostamenti con il software L-pile).

- ✓ Modello 1: schema a telaio longitudinale rappresentativo dei pali a sud del giunto di dilatazione. Cinque pali collegati longitudinalmente dal tubo OD1320mm.
- ✓ Modello 2: schema a mensola trasversale, palo a sbalzo OD1500mm.

In testa a ciascun palo è stata applicata la reazione di appoggio delle passerelle, definite nella tabella seguente.

Tabella 7-23: Carichi Passerella su Pali di Fondazione

PESO TOTALE DELLE PASSERELLE					
Passerella	Luce [m]	Condizione di carico (come da relazione [A14])			Peso [kN]
		VERT (verticali portati)	LIVZ* (accidentale=0.5LIVZ)	PIOZ (piping)	
TG1	22.0	398	42	62	502
TG2	22.0	398	42	222	662
TG3	22.0	398	42	636	1076
TG4	13.0	235	25	50	310

Per l'analisi del palo a mensola, a favore di sicurezza, è stata applicata in testa palo la massa inferiore di 500 kN.

Telaio longitudinale

Dall'analisi dinamica dei pali di fondazione si ricavano le seguenti forme modali:

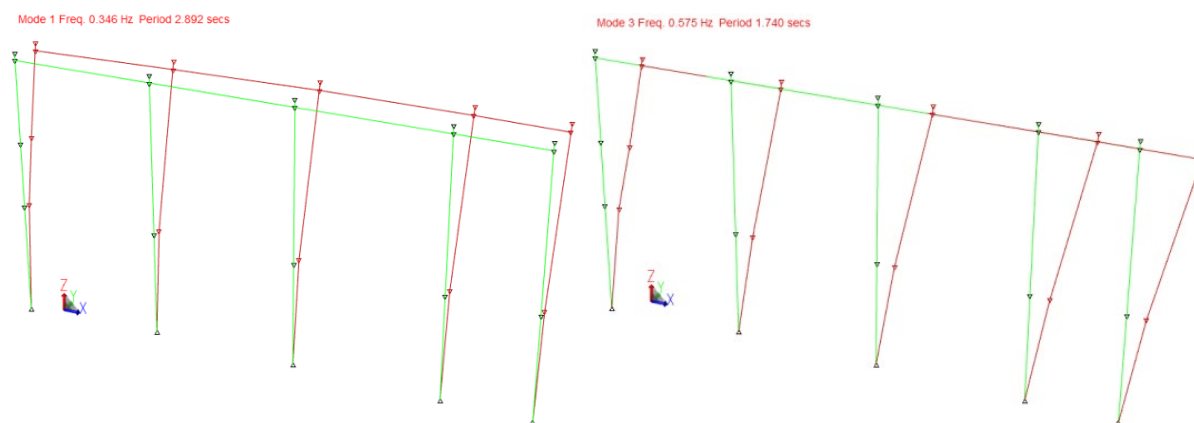


Figura 7-19: Modi di Vibrazione – Telaio Longitudinale

I periodi di vibrazione con le rispettive frequenze sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 7-24: Periodi e frequenze di vibrazione – Telaio Longitudinale

SACS IV-FREQUENCIES AND GENERALIZED MASS

MODE	FREQ. (CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD (SECS)
1	0.345733	5.0168925E+02	2.1191392E-01	2.8924085
2	0.490845	2.9356599E+02	1.0513613E-01	2.0373041
3	0.574749	7.0240099E+02	7.6680291E-02	1.7398899
4	0.813111	3.1467439E+02	3.8312484E-02	1.2298440
5	1.493549	3.1030321E+02	1.1355377E-02	0.6695464
6	2.188244	4.5964563E+02	5.2899176E-03	0.4569875
7	2.919078	2.0098276E+02	2.9726853E-03	0.3425740

Telaio a sbalzo

Dall'analisi dinamica del palo di fondazione si ricava la seguente forma modale:

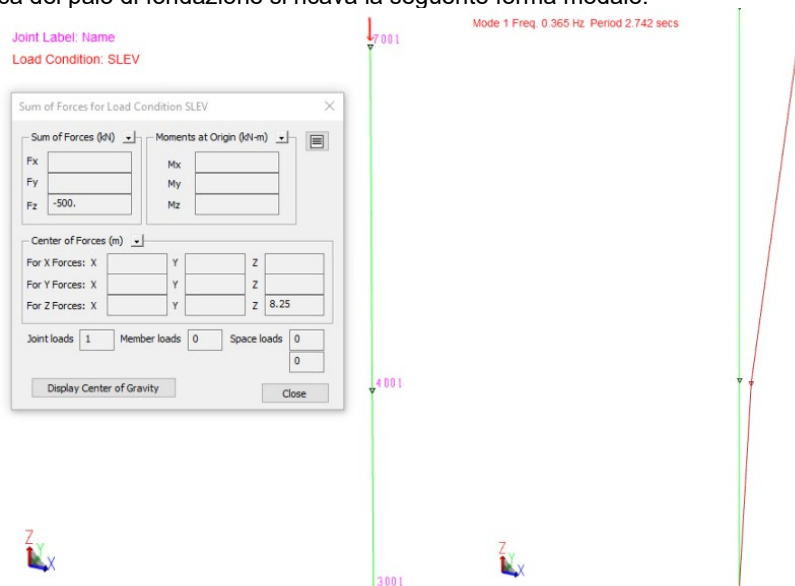


Figura 7-20: Modo di Vibrazione – Telaio a Sbalzo

I periodi di vibrazione con le rispettive frequenze sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 7-25: Periodi e Frequenze di Vibrazione – Telaio a Sbalzo

SACS IV-FREQUENCIES AND GENERALIZED MASS

MODE	FREQ. (CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD (SECS)
1	0.364715	9.6933074E+01	1.9042858E-01	2.7418642
2	0.364732	9.6941612E+01	1.9041173E-01	2.7417429
3	3.080029	7.7695718E+01	2.6701190E-03	0.3246723
4	3.080234	7.7705274E+01	2.6697628E-03	0.3246506
5	16.265661	9.3621005E+01	9.5740742E-05	0.0614792

7.4 ANALISI SISMICA PALI DI FONDAZIONE

I pali di supporto delle passerelle si differenziano in due categorie:

- ✓ Pali di supporto del tubo gas, i quali presentano uno schema a telaio nella direzione longitudinale con periodo proprio circa pari a 1.70s e a mensola nella direzione trasversale con periodi pari a 2.9s.
- ✓ Palo di supporto delle passerelle di camminamento alle briccole che sono a mensola in entrambe le direzioni con periodo proprio di 2.74s.

I pali più sollecitati in condizioni sismiche sono quelli di supporto del tubo gas (caratterizzati dal massimo carico verticale e massima reazione orizzontale del punto fisso tubazioni) a cui corrisponde la massa maggiore e il periodo inferiore.

La verifica sismica è stata limitata ai pali più caricati (da TG1 a TG5) in corrispondenza delle passerelle di supporto delle valvole. Tali pali sono ubicati nella zona non dragata con fondale a -15.4 m.

Pertanto, il periodo che si è considerato per ricavare l'accelerazione sismica è 1.70s.

Per le analisi dinamiche che sono state effettuate sulle due tipologie di pali di fondazione si rimanda al Par. 7.3.5.

7.4.1 Carichi Sismici

L'analisi sismica viene eseguita mediante un'analisi statica equivalente utilizzando il modello a telaio dei primi pali a sud del pontile.

Lo spettro di risposta che è stato considerato per il calcolo delle accelerazioni sismiche è quello definito nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale" e riportato in Figura 5-1.

Entrando nel diagramma dello spettro, al periodo di 1.7 secondi corrisponde un'accelerazione orizzontale pari a 0.17g, amplificata conservativamente a 0.20g, ed un'accelerazione verticale pari a circa 0.01g.

La forza sismica è stata definita moltiplicando la massa totale della passerella (i pesi verticali sono stati convertiti come forze nelle due direzioni X e Y) per il valore massimo di accelerazione pari a 0.2g per le forze orizzontali, e per 0.01g per la forza verticale.

7.4.2 Analisi Statica Equivalente

Le condizioni di carico elementari considerate per definire le masse in gioco sono state ricavate dal modello di analisi statica e sono brevemente descritte nel seguito.

In Figura 7-21 è mostrato il modello utilizzato per eseguire l'analisi statica equivalente dei pali di supporto delle passerelle. I pali di fondazione sono stati modellati con un palo equivalente di lunghezza pari a 10 volte il diametro.



Figura 7-21: Modello SACS – Pali di Fondazione

Peso proprio strutturale

Il peso proprio dei pali e della struttura di supporto del riser (il peso della passerella è stato assegnato in termini di forza) ed è stato automaticamente calcolato dal software SACS con una contingency del 15%.

Le condizioni di carico assegnate sono:

- ✓ DEAZ peso in direzione Z
- ✓ DEAX peso in direzione X
- ✓ DEAY peso in direzione Y

Peso massa d'acqua

Le condizioni di carico assegnate per simulare il peso del volume d'acqua spostato sommato al peso dell'acqua intrappolata sono:

- ✓ MASX peso in direzione X
- ✓ MASY peso in direzione Y

Pesi permanenti e variabili sulle passerelle

Le condizioni di carico assegnate per tenere in conto i pesi della passerella (incluso il peso della tubazione gas) sono:

- ✓ PAPZ: carico permanente in direzione Z
- ✓ PAPX: carico permanente in direzione X
- ✓ PAPY: carico permanente in direzione Y
- ✓ PALZ: carico variabile in direzione Z (equivalente a 4 kN/m²)
- ✓ PALX: carico variabile in direzione X (equivalente a 4 kN/m²)
- ✓ PALY: carico variabile in direzione Y (equivalente a 4 kN/m²)

Reazioni flange di supporto riser

Le condizioni di carico assegnate che rappresentano le reazioni vincolari in corrispondenza dei supporti del riser dedotte dall'analisi di stress sono:

- ✓ HRIX: forza longitudinale flangia superiore assunta pari a 350 kN
- ✓ HRIY: forza trasversale flangia superiore assunta pari a 50 kN
- ✓ HRIZ: forza verticale flangia superiore assunta pari a 200 kN
- ✓ FRIX: forza longitudinale flangia inferiore assunta pari a 100 kN
- ✓ FRIY: forza trasversale flangia inferiore pari a 10 kN

Reazione in corrispondenza del punto fisso della tubazione gas

La condizione di carico assegnata è:

- ✓ LIMS: reazioni punto fisso in condizioni sismiche pari a 350 kN

Le risultanti dei carichi applicati alla struttura sono riportate nella seguente tabella:

Tabella 7-26: Risultante Condizioni di Carico Applicate – Pali di Fondazione

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	DEAZ	0.00				0.00				-4580.73	27.87	-0.27	-0.24
2	DEAX	4580.73	27.87	-0.27	-0.24	0.00				0.00			
3	DEAY	0.00				4580.73	27.87	-0.27	-0.24	0.00			
4	PAPZ	0.00				0.00				-2642.00	46.27	0.00	8.22
5	PAPX	2642.00	46.27	0.00	8.22	0.00				0.00			
6	PAPY	0.00				2642.00	46.27	0.00	8.22	0.00			
7	PALZ	0.00				0.00				-355.00	45.04	0.00	8.22
8	PALX	355.00	45.04	0.00	8.22	0.00				0.00			
9	PALY	0.00				355.00	45.04	0.00	8.22	0.00			
10	HRIZ	350.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00				0.00			
11	HRIY	0.00				100.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00			
12	HRIZ	0.00				0.00				-200.00	-3.00	-0.90	4.28
13	FRIZ	100.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00				0.00			
14	FRIY	0.00				10.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00			
15	LIMS	350.00	72.93	-0.90	8.22	0.00				0.00			
16	MASX	2451.60	41.83	0.00	-6.85	0.00				0.00			
17	MASY	0.00				2451.6	41.83	0.00	-6.85	0.00			

Di seguito si riportano le combinazioni di carico base considerate.

Tabella 7-27: Combinazioni Base SLV – Pali di Fondazione

LOAD COMB	LOAD CASES											
	DEAZ	PAPZ	PALZ	HRIZ	DEAX	PAPX	PALX	MASX	DEAY	PAPY	PALY	MASY
VERT	1,000	1,000	0,500	1,000								
FORX					1,000	1,000	1,000	1,000				
FORY									1,000	1,000	1,000	1,000

Combinazioni sismiche

Le combinazioni di carico allo SLU sono state generate secondo le NTC2018 (Rif. [1]), in accordo alla seguente tabella. Trattandosi di un palo, è stata considerata la condizione che massimizza il taglio sui pali, tenuto conto che la reazione del punto fisso della tubazione e le reazioni nel riser sono concordi con l'azione sismica. La componente verticale è inclusa nel coefficiente 1.05 assunto per la somma dei carichi verticali "VERT".

Tabella 7-28: Combinazioni Sismiche – Pali di Fondazione

LOAD COMB	LOAD CASES									
	FORX	FORY	VERT	SISX	HRIZ	LIMS	SISY	HRIY	FRIZ	FRIY
SISX	0,200									
SISY		0,200								
SIS1			1,060	1,000	1,000	1,000	0,300	0,300	1,000	0,300
SIS2			1,060	0,300	0,300	0,300	1,000	1,000	0,300	1,000

In accordo al Par. 7.3.5 delle NTC2018 (Rif. [1]), le combinazioni sismiche sono da valutarsi mediante l'espressione:

$$1.0 E_x + 0.30 E_y + 0.30 E_z$$

permutando i fattori moltiplicativi in tre combinazioni di carico. Tuttavia, le due combinazioni considerate risultano essere a favore di sicurezza.

In Tabella 7-29 sono riportate le risultanti delle combinazioni di carico sismico.

Tabella 7-29: Risultanti Combinazioni Sismiche – Pali di Fondazione

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
18	VERT	0.00				0.00				-7600.23	33.85	-0.19	3.02
19	FORX	10029.33	36.73	-0.12	0.67	0.00				0.00			
20	FORY	0.00				10029.33	36.73	-0.12	0.67	0.00			
21	SISX	2005.87	36.73	-0.12	0.67	0.00				0.00			
22	SISY	0.00				2005.87	36.73	-0.12	0.67	0.00			
23	SIS1	2805.87	34.88	-0.35	1.86	634.76	34.67	-0.16	0.81	-8056.25	33.85	-0.19	3.02
24	SIS2	841.76	34.88	-0.35	1.86	2115.87	34.67	-0.16	0.81	-8056.25	33.85	-0.19	3.02

7.4.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di:

- ✓ Verifiche strutturali dei pali sopra il fondale
- ✓ Verifica dei nodi tra palo ed elemento tubolare di collegamento
- ✓ Verifiche del palo di fondazione

Verifiche strutturali pali

Le verifiche di resistenza dei pali, effettuate tramite software SACS, soddisfano i criteri previsti dalla ISO 19902 (Rif. [4]). I valori massimi degli UC per ogni gruppo di elementi sono riportati nel seguito.

Tabella 7-30: Massimi UC per Gruppo – Pali di Fondazione

* * * MEMBER GROUP SUMMARY * * *																
ISO 19902:2007 / EC3:2005																
(EN 1993-1-1:2005/NA NONE)																
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES *	
					AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2		KLY M	KLZ M	Y	Z
P01	0038-0381	SIS2	0.07	0.6	-7.8	-13.6	-7.1	221.4	422.9	420.9	420.9	ACBI	40.00	40.00	0.85	0.85
P04	0396-0083	SIS1	0.35	7.1	-7.0	-2.5	-112.6	61.3	80.4	417.2	417.2	ACBI	80.00	40.00	0.85	0.85
PLC	0060-0222	SIS1	0.32	0.0	-0.8	137.1	6.4	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	4.00	4.00	0.85	0.85
SL2	0040-0060	SIS1	0.12	0.0	0.5	2.0	-47.8	328.6	641.6	410.3	410.3	TN+BN	40.00	40.00	0.85	0.85
SLI	0001-0040	SIS1	0.07	0.0	0.0	0.8	-30.6	328.6	503.1	414.0	414.0	TN+BN	40.00	40.00	0.85	0.85

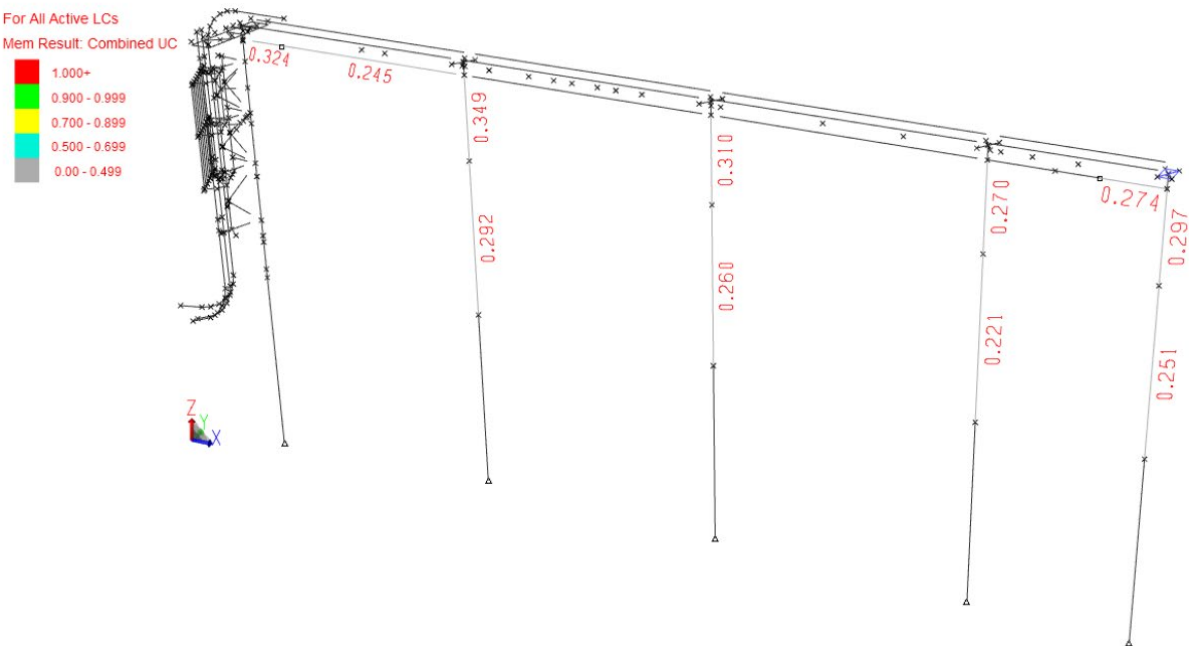


Figura 7-22: Massimi UC Pali – Pali di Fondazione

Verifica dei nodi

Di seguito si riportano i risultati della verifica a punching shear in accordo alla ISO 19902 (Rif. [4]) dei nodi tra palo e tubo di collegamento. Il valore massimo di Unity Check risulta essere $0.81 < 1.00$.

Tabella 7-31: Verifica Nodi Palo – Tubo Collegamento

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *								
(UNITY CHECK ORDER)								
***** ORIGINAL *****				***** DESIGN *****				
JOINT	DIAMETER	THICKNESS	YLD STRS	UC	DIAMETER	THICKNESS	YLD STRS	UC
	(CM)	(CM)	(N/MM2)		(CM)	(CM)	(N/MM2)	
0060	204.000	5.000	345.000	0.810	204.000	5.000	345.000	0.810
0083	150.000	4.000	345.000	0.718	150.000	4.000	345.000	0.718
0084	150.000	4.000	345.000	0.692	150.000	4.000	345.000	0.692
0113	150.000	4.000	345.000	0.632	150.000	4.000	345.000	0.632
0085	150.000	4.000	345.000	0.360	150.000	4.000	345.000	0.360

Verifiche strutturali palo fondazione

I pali di fondazione sono stati verificati mediante il Software L-pile che considera l'interazione non lineare terreno struttura.

Geometri del palo: OD 1500 mm x THK 40 mm

Fondale -15.4 m a cui corrisponde una lunghezza di penetrazione di 34.35 m per il palo tipico e di 33.35 m per i pali da TG-1 a TG-4. Ai fini della verifica a capacità portante l'infissione è stata cautelativamente limitata a 33 m.

Le azioni applicate al modello L-pile sono state valutate a partire dal modello SACS in termini di forze interne degli elementi che modellano il palo equivalente. Le azioni massime applicate in testa al palo di fondazione sono:

- ✓ Taglio pari a 900 kN
- ✓ Momento pari a 2500 kNm

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi delle sollecitazioni interne ottenute dall'analisi.

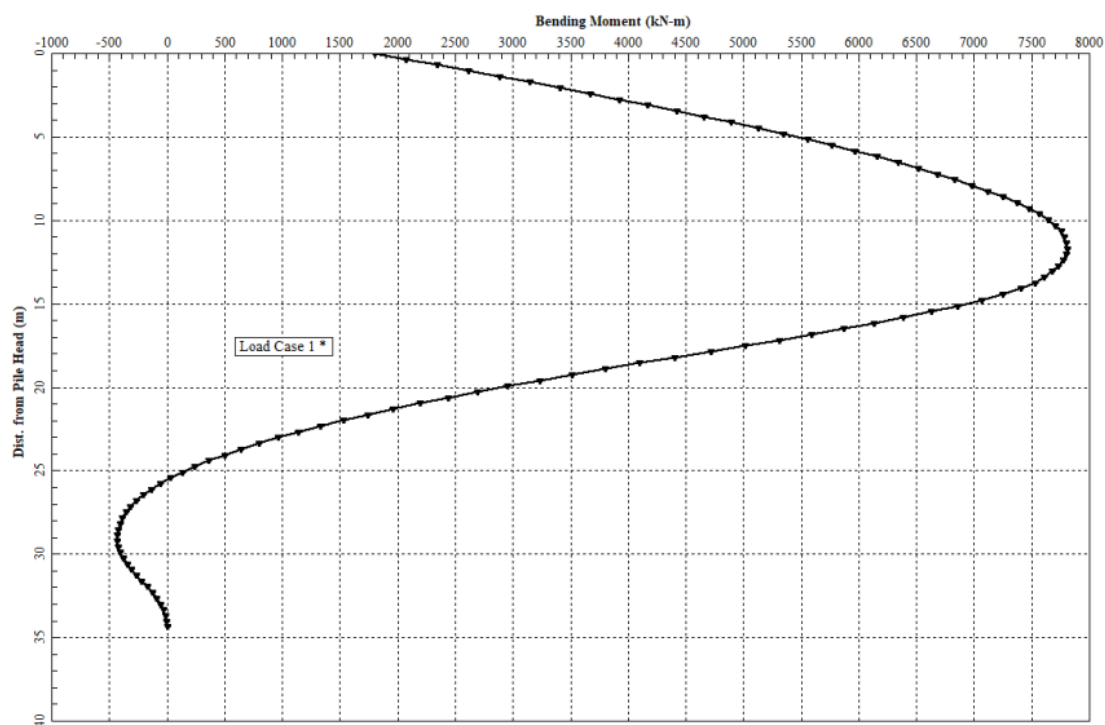


Figura 7-23: Diagramma Momento – Pali di Fondazione

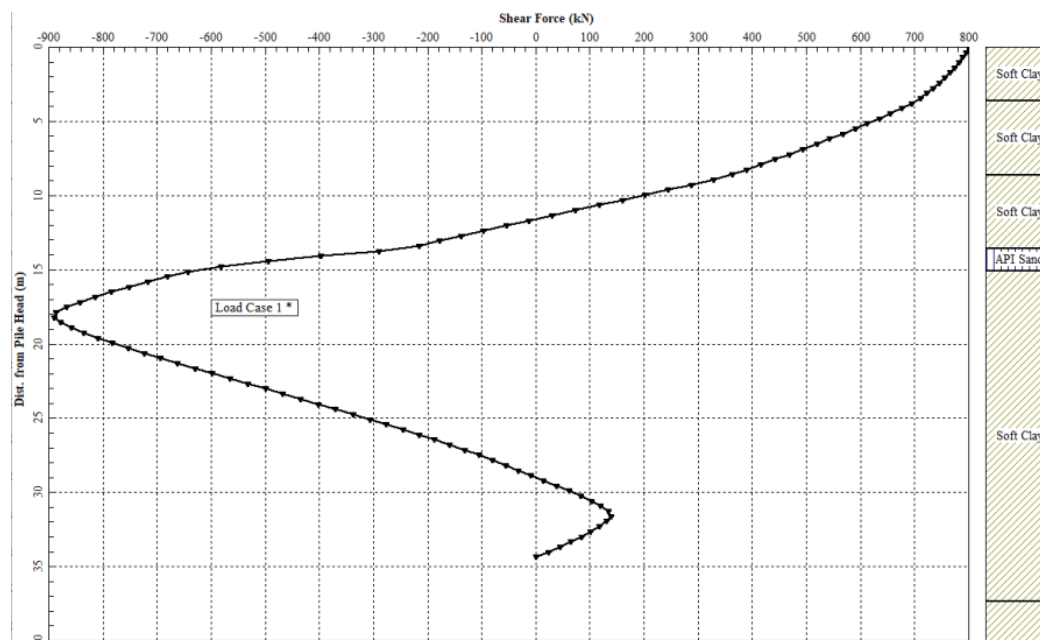


Figura 7-24: Diagramma Taglio – Pali di Fondazione

Le verifiche strutturali della porzione di palo infisso nel terreno sono state effettuate in accordo alla normativa ISO19902 (Rif.[4]).

I risultati delle analisi sono riportati nella seguente tabella. Il massimo valore di UC è pari a 0.30.

Tabella 7-32: Verifica Porzione Palo Infissa – Pali di Fondazione

Sec.	L.Sec.	L.pile		D	t	Corr.	D	t	D/t	D/t	Mat.	F _y	f _b	Z _e	Z _p	M _{Res}	M _{Sd}	U.C.	Sec.
	m	Z _{Top}	Z _{Bottom}	mm	mm	mm	mm	mm	-	check		Mpa	Mpa	cm ³	cm ³	kNm	kNm	M _{Sd} /M _{Res}	
1	33,35	0,00	33,35	1500	40	1	1498	39	38,4	Ok	S355	345	436	63.550	83.038	26.389	7.800	0,30	1

Verifica capacità portante

In aggiunta alle verifiche strutturali, sono state eseguite le verifiche a capacità portante in accordo con le prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

Il peso proprio del palo di fondazione è pari a 471 kN. La forza massima alla base del palo ricavata dall'analisi SACS risulta pari a 2460 kN. Pertanto, l'azione totale fattorizzata applicata è pari a 2955 kN (2460+1.05×471).

La capacità portante fattorizzata del palo per un'infissione pari a 33 m, calcolata in accordo con NTC2018 (Rif. [1]), vale 4000 kN. Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

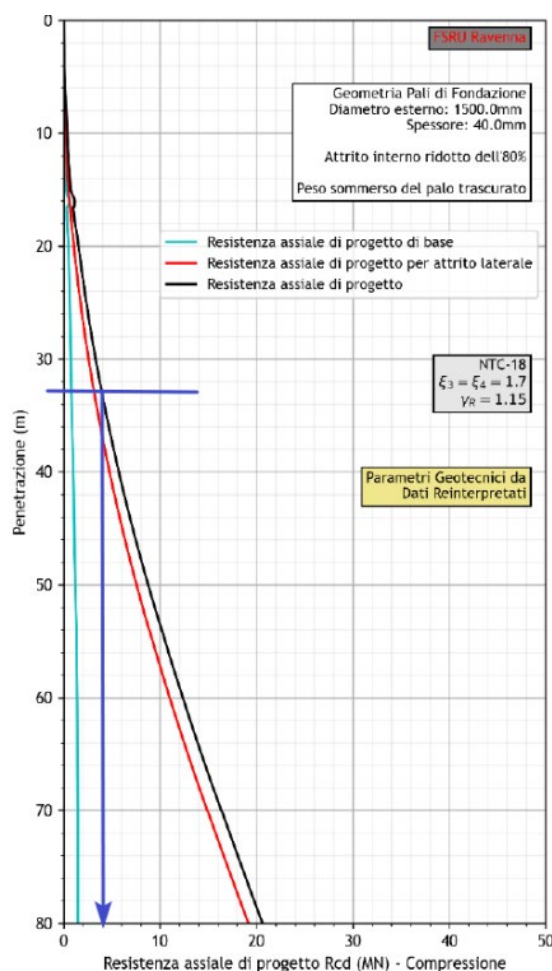


Figura 7-25: Massima Capacità Portante Palo NTC – Parametri Geotecnici Dati Reinterpretati – Pali di Fondazione

Le curve di capacità assiale utilizzate per la verifica sono quelle ottenute sulla base dei parametri geotecnici del 1984 reinterpretati.

Di seguito si riportano le curve di capacità assiale del palo ottenute sulla base dei risultati preliminari (principalmente i risultati delle prove CPT) della nuova campagna di indagini condotta nel febbraio 2024, da cui si evince che la capacità portante in compressione vale 4.000 kN. Pertanto, la verifica risulta soddisfatta anche considerando le nuove curve di capacità.

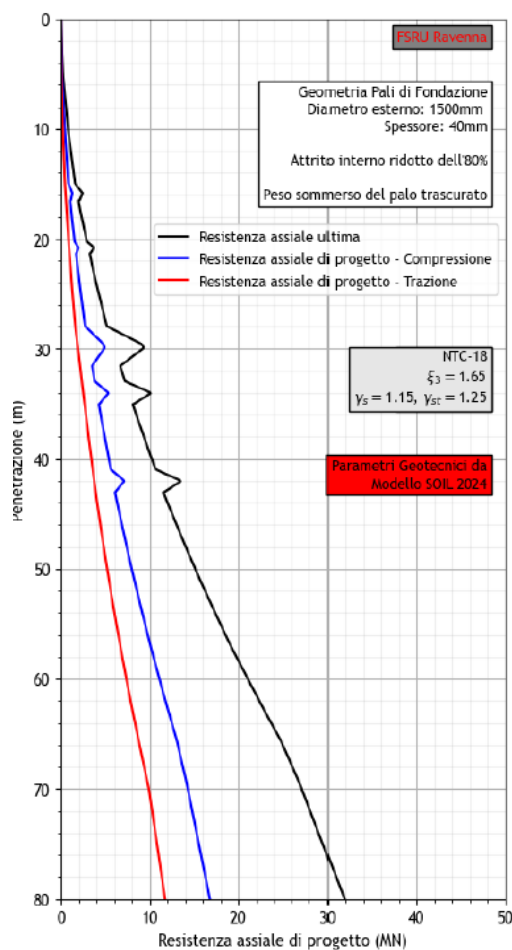


Figura 7-26: Massima Capacità Portante Palo NTC – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Pali di Fondazione

7.5 ANALISI SISMICA PASSERELLE DI COLLEGAMENTO BRICCOLE

Nell'immagine seguente è rappresentata la planimetria generale del pontile con evidenziate le passerelle oggetto di verifica.

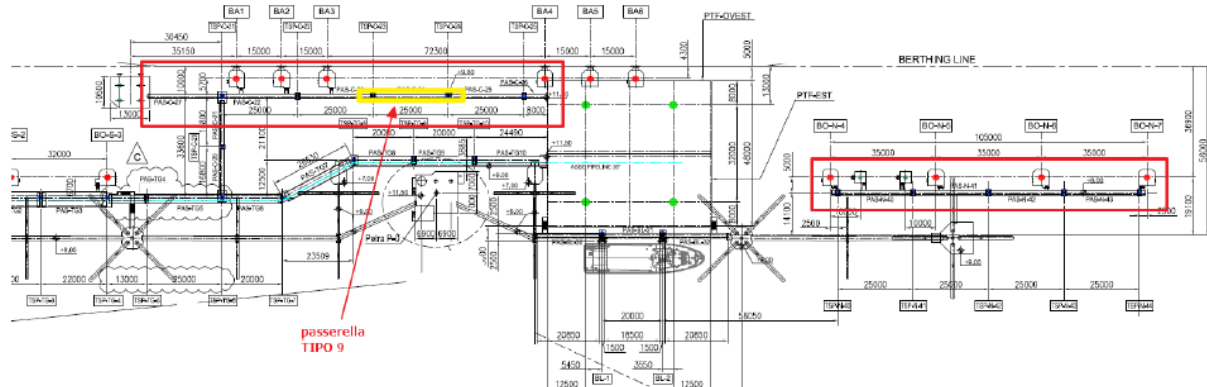


Figura 7-27: Passerelle di Collegamento Bricole – Analisi sismica

Le passerelle presentano uno schema cerniera-carrello in semplice appoggio sui pali OD1500 mm. I dettagli relativi alla geometria e alle componenti strutturali delle passerelle sono stati esposti al Par. 4.2.

Le analisi sismiche delle passerelle sono state svolte definendo un modello di calcolo tridimensionale, in ambiente SACS, che ne riproduce tutti gli elementi strutturali principali (travi longitudinali e controventi, supporti piping, supporti canaline elettriche). Le strutture secondarie quali golfari, piatti e grigliati sono inserite nel modello come carichi.

Le tipologie di passerelle oggetto di verifica, ritenute più significative ai fini dell'analisi sismica, sono:

- ✓ Tipica da "PAS-C-20" a "PAS -C-27" (è stata analizzata la passerella "PAS-C-24" luce=25.0 m)
- ✓ "PAS-C-23", luce = 25.0 m con punto fisso della tubazione 14".

Il periodo di vibrazione delle passerelle corrisponde al periodo proprio dei pali di supporto delle stesse. Il calcolo del periodo dei pali di fondazione è stato condotto mediante l'ausilio del programma SACS come descritto al Par. 7.5.5.

7.5.1 Carichi Sismici

L'analisi sismica viene eseguita mediante un'analisi statica equivalente utilizzando il software SACS.

Lo spettro di risposta che è stato considerato per il calcolo delle accelerazioni sismiche è quello definito nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale" e riportato in Figura 5-1.

Considerando il periodo proprio di 2.40s si ottiene un'accelerazione orizzontale di 0.10g (amplificata conservativamente a 0.15g), ed un'accelerazione verticale pari a circa 0.01g.

La forza sismica è stata definita moltiplicando la massa totale della passerella (i pesi verticali sono stati convertiti come forze nelle due direzioni X e Y) per il valore massimo di accelerazione pari a 0.15g per le forze orizzontali, e per 0.01g per la forza verticale.

7.5.2 Analisi Statica Equivalente

Le condizioni di carico elementari considerate per definire le masse in gioco sono state ricavate dai modelli di analisi statica e sono brevemente descritte nel seguito.

- ✓ Azioni Permanenti (G_1, G_2)
 - Peso proprio delle strutture
 - Peso dei corrimani, grigliati, dei cavi elettrici e il rivestimento antincendio
 - Peso proprio di piping ed equipaggiamenti

- Reazione punto fisso
- Deformazione termica del tubo
- ✓ Azioni Variabili (Q_1 , Q_2)
 - Zone di passaggio (4.0 kN/m^2) – Carichi variabili vengono considerati al 50%.

Peso Proprio Strutturale - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (struttura passerella e supporti canalette elettriche) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi.

Le condizioni di carico definite sono:

- ✓ DEAZ peso struttura in direzione verticale -Z
- ✓ DEAX peso struttura in direzione longitudinale X
- ✓ DEAY peso struttura in direzione trasversale Y

Pesi Strutture non modellate

Sono state definite le seguenti condizioni di carico:

- ✓ PGRZ peso grigliati in direzione verticale -Z
- ✓ PGRX peso grigliati in direzione long. X
- ✓ PGRY peso grigliati in direzione trasversale Y
- ✓ CABZ peso canaline elettriche in direzione verticale -Z
- ✓ CABX peso canaline elettriche in direzione long. X
- ✓ CABY peso canaline elettriche in direzione trasversale Y
- ✓ PFPZ peso fireproofing in direzione verticale -Z
- ✓ PFPX peso fireproofing in direzione long. X
- ✓ PFPY peso fireproofing in direzione trasversale Y
- ✓ PCOZ peso elementi secondari in direzione verticale -Z
- ✓ PCOX peso elementi secondari in direzione long. X
- ✓ PCOY peso elementi secondari in direzione trasversale Y

Piping

Sulle passerelle PAS-C corrono le tubazioni antincendio costituite da un tubo da 14" in appoggio su mensole fissate alla trave longitudinale Est e un tubo 6" sulle mensole lato Ovest.

Il peso definito delle tubazioni contenenti acqua è pari a:

- ✓ Tubo 14" STD 170.22 kg/m distanza supporti 6 m
- ✓ Tubo 6" STD 46.90 kg/m distanza supporti 4 m

Le condizioni di carico associate ai carichi di piping sono le seguenti:

- ✓ PIOX: peso piping in direzione longitudinale
- ✓ PIOY: peso piping in direzione trasversale
- ✓ PIOZ: peso piping

Deformazione termica del tubo

La reazione d'attrito indotta dalla deformazione termica dei tubi è una forza longitudinale ottenuta fattorizzando nelle combinazioni di carico la condizione di carico PIOX (peso longitudinale) per il coefficiente d'attrito pari a 0.3.

Reazione punto fisso - LIMS

Dalla relazione di stress delle tubazioni è stata ricavata la massima reazione del punto fisso pari a $F_x=50$ kN.

Carichi variabili

È stato assegnato in tutte le zone libere un carico uniforme pari a 4.0 kN/m²:

- ✓ LIVX carico variabile in direzione long. X
- ✓ LIVY carico variabile in direzione trasversale Y
- ✓ LIVZ carico variabile in direzione verticale Z

Si riportano nelle seguenti tabelle le risultanti dei carichi applicati alle passerelle oltre che il peso proprio delle stesse.

Tabella 7-33: Risultante Carichi – Passerella tipica

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD	LOAD	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
CASE	LABEL	FORCE	X	Y	Z	FORCE	X	Y	Z	FORCE	X	Y	Z
		(KN)	(M)	(M)	(M)	(KN)	(M)	(M)	(M)	(KN)	(M)	(M)	(M)
1	BLY+	0.00				144.00	0.00	-0.63	8.70	0.00			
2	BLY-	0.00				-144.00	0.00	0.63	8.71	0.00			
3	DEAZ	0.00				0.00				-112.26	0.01	-0.04	8.79
4	DEAX	112.26	0.01	-0.04	8.79	0.00				0.00			
5	DEAY	0.00				112.26	0.01	-0.04	8.79	0.00			
6	WOIY	COUPLE				49.74	0.00	-1.21	9.41	0.00			
7	PCOZ	0.00				0.00				-12.24	0.00	0.00	8.70
8	PCOX	12.24	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
9	PCOY	0.00				12.24	0.00	0.00	8.70	0.00			
10	PFFZ	0.00				0.00				-19.20	0.00	0.00	8.71
11	PFFX	19.20	0.00	0.00	8.71	0.00				0.00			
12	PFFY	0.00				19.20	0.00	0.00	8.71	0.00			
13	PGRZ	0.00				0.00				-10.56	0.00	0.00	8.70
14	PGRX	10.56	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
15	PGRY	0.00				10.56	0.00	0.00	8.70	0.00			
16	LIVZ	0.00				0.00				-150.00	0.00	0.00	8.71
17	LIVX	150.00	0.00	0.00	8.71	0.00				0.00			
18	LIVY	0.00				150.00	0.00	0.00	8.71	0.00			
19	CABZ	0.00				0.00				-14.00	0.81	-0.99	9.36
20	CABY	0.00				14.00	0.81	-0.99	9.36	0.00			
21	CABX	14.00	0.81	-0.99	9.36	0.00				0.00			
22	PIOZ	0.00				0.00				-42.00	0.00	-0.95	9.00
23	PIOX	42.00	0.00	-0.95	9.00	0.00				0.00			
24	PIOY	0.00				42.00	0.00	-0.95	9.00	0.00			

Tabella 7-34: Risultante Carichi – Passerella Punto Fisso

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	BLY+	0.00				144.00	0.00	-0.63	8.70	0.00			
2	BLY-	0.00				-144.00	0.00	0.63	8.71	0.00			
3	DEAZ	0.00				0.00				-114.48	-0.02	-0.06	8.78
4	DEAX	114.48	-0.02	-0.06	8.78	0.00				0.00			
5	DEAY	0.00				114.48	-0.02	-0.06	8.78	0.00			
6	WOIY	COUPLE				49.74	0.00	-1.21	9.41	0.00			
7	PCOZ	0.00				0.00				-12.24	0.00	0.00	8.70
8	PCOX	12.24	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
9	PCOY	0.00				12.24	0.00	0.00	8.70	0.00			
10	PFYZ	0.00				0.00				-19.20	0.00	0.00	8.71
11	PFYX	19.20	0.00	0.00	8.71	0.00				0.00			
12	PFYX	0.00				19.20	0.00	0.00	8.71	0.00			
13	PGRZ	0.00				0.00				-10.56	0.00	0.00	8.70
14	PGRX	10.56	0.00	0.00	8.70	0.00				0.00			
15	PGRY	0.00				10.56	0.00	0.00	8.70	0.00			
16	LIVZ	0.00				0.00				-150.00	0.00	0.00	8.71
17	LIVX	150.00	0.00	0.00	8.71	0.00				0.00			
18	LIVY	0.00				150.00	0.00	0.00	8.71	0.00			
19	CABZ	0.00				0.00				-14.00	0.81	-0.99	9.36
20	CABY	0.00				14.00	0.81	-0.99	9.36	0.00			
21	CABX	14.00	0.81	-0.99	9.36	0.00				0.00			
22	PIOZ	0.00				0.00				-52.00	0.08	-1.11	9.00
23	PIOX	42.00	0.69	-0.95	9.00	0.00				0.00			
24	PIOY	0.00				52.00	0.08	-1.11	9.00	0.00			
25	LIMO	-50.00	-2.50	-1.77	9.00	0.00				0.00			
26	LIMS	-50.00	-2.50	-1.77	9.00	0.00				0.00			

Di seguito si riportano le combinazioni di carico base considerate.

Tabella 7-35: Combinazioni Base – Passerelle di Collegamento Briccole

LOAD COMB	LOAD CASES																		
	PGRZ	PCOZ	PFYZ	DEAZ	CABZ	PIOZ	LIVZ	PIOX	PGRX	PCOX	PFYX	DEAX	CABX	LIVX	PGRY	PCOY	PFYX	DEAY	CABY
VERT	1,050	1,050	1,100	1,150	1,050														
FORZ	1,050	1,050	1,100	1,150	1,050	1,100	0,500												
FORX								1,000	1,050	1,050	1,100	1,100	1,050	0,500					
FORY															1,050	1,050	1,100	1,100	1,050

Combinazioni di carico sismico

Le combinazioni di carico allo SLU sono state generate secondo le NTC2018 (Rif. [1]), in accordo alla seguente tabelle rispettivamente per la passerella tipica e per la passerella con punto fisso. La componente sismica verticale è inclusa nel coefficiente di combinazione dei carichi verticali pari a 1.015.

Tabella 7-36: Combinazioni Sismiche – Passerella tipica

LOAD COMB	LOAD CASES				
	FORX	FORY	FORZ	SISX	SISY
SISX	0,150				
SISY		0,150			
SIS1			1,015	1,000	0,300
SIS2			1,015	-1,000	0,300
SIS3			1,015	1,000	-0,300
SIS4			1,015	-1,000	-0,300
SIS5			1,015	0,300	1,000
SIS6			1,015	-0,300	1,000
SIS7			1,015	0,300	-1,000
SIS8			1,015	-0,300	-1,000

Tabella 7-37: Combinazioni Sismiche – Passerella Punto Fisso

LOAD COMB	LOAD CASES					
	FORX	FORY	FORZ	SISX	SISY	LIMS
SISX	0,150					
SISY		0,150				
SIS1			1,015	1,000	0,300	1,000
SIS2			1,015	-1,000	0,300	-1,000
SIS3			1,015	1,000	-0,300	1,000
SIS4			1,015	-1,000	-0,300	-1,000
SIS5			1,015	0,300	1,000	0,300
SIS6			1,015	-0,300	1,000	-0,300
SIS7			1,015	0,300	-1,000	0,300
SIS8			1,015	-0,300	-1,000	-0,300

In accordo al Par. 7.3.5 delle NTC2018 (Rif. [1]), le combinazioni sismiche sono da valutarsi mediante l'espressione:

$$1.0 Ex + 0.30 Ey + 0.30 Ez$$

permutando i fattori moltiplicativi in tre combinazioni di carico. Le combinazioni considerate risultano essere a favore di sicurezza in quanto considerano la componente sismica verticale sempre al suo massimo.

Si riportano nelle seguenti tabelle le risultanti delle combinazioni di carico utilizzate per la verifica sismica delle passerelle.

Tabella 7-38: Risultante Combinazioni Sismiche – Passerella tipica

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
25	VERT	0.00				0.00				-188.86	0.07	-0.11	8.81
26	DEF1	0.00				0.00				-235.06	0.05	-0.27	8.85
27	DEF2	0.00				0.00				-385.06	0.03	-0.17	8.79
28	DEF3	0.00				0.00				-150.00	0.00	0.00	8.71
29	SLE1	12.60	0.00	-0.95	9.00	0.00				-385.06	0.03	-0.17	8.79
30	SLE2	-12.60	0.00	-0.95	9.00	0.00				-385.06	0.03	-0.17	8.79
31	SLE3	12.60	-0.07	-0.95	9.00	49.74	0.00	-1.21	9.41	-385.06	0.03	-0.17	8.79
32	SLE4	-12.60	0.07	-0.95	9.00	49.74	0.00	-1.21	9.41	-385.06	0.03	-0.17	8.79
33	SLE5	-12.60	-0.07	-0.95	9.00	-49.74	0.00	-1.21	9.41	-385.06	0.03	-0.17	8.79
34	SLU1	18.90	0.00	-0.95	9.00	0.00				-539.82	0.03	-0.17	8.79
35	SLU2	-18.90	0.00	-0.95	9.00	0.00				-539.82	0.03	-0.17	8.79
36	SLU3	18.90	-0.07	-0.95	9.00	74.61	0.00	-1.21	9.41	-539.82	0.03	-0.17	8.79
37	SLU4	-18.90	0.07	-0.95	9.00	74.61	0.00	-1.21	9.41	-539.82	0.03	-0.17	8.79
38	SLU5	-18.90	-0.07	-0.95	9.00	-74.61	0.00	-1.21	9.41	-539.82	0.03	-0.17	8.79
39	BLA1	0.00				216.00	0.00	-0.62	8.70	-235.06	0.05	-0.27	8.85
40	BLA2	0.00				-216.00	0.00	0.63	8.71	-235.06	0.05	-0.27	8.85
41	FORZ	0.00				0.00				-310.06	0.04	-0.21	8.81
42	FORX	300.25	0.04	-0.20	8.81	0.00				0.00			
43	FORY	0.00				300.25	0.04	-0.20	8.81	0.00			
44	SISX	45.04	0.04	-0.20	8.81	0.00				0.00			
45	SISY	0.00				45.04	0.04	-0.20	8.81	0.00			
46	SIS1	45.04	0.04	-0.20	8.81	13.51	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
47	SIS2	-45.04	0.04	-0.20	8.81	13.51	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
48	SIS3	45.04	0.04	-0.20	8.81	-13.51	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
49	SIS4	-45.04	0.04	-0.20	8.81	-13.51	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
50	SIS5	13.51	0.04	-0.20	8.81	45.04	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
51	SIS6	-13.51	0.04	-0.20	8.81	45.04	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
52	SIS7	13.51	0.04	-0.20	8.81	-45.04	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81
53	SIS8	-13.51	0.04	-0.20	8.81	-45.04	0.04	-0.20	8.81	-314.71	0.04	-0.21	8.81

Tabella 7-39: Risultante Combinazioni Sismiche – Passerella Punto Fisso

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****												
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN												
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****	***** Z *****	***** X - DIRECTION *****	***** Y - DIRECTION *****
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)
27	VERT	0.00				0.00				-191.41	0.05	-0.12
28	DEF1	0.00				0.00				-248.61	0.05	-0.35
29	DEF2	0.00				0.00				-398.61	0.03	-0.22
30	DEF3	0.00				0.00				-150.00	0.00	0.00
31	SLE1	12.60	0.69	-0.95	9.00	0.00				-398.61	0.03	-0.22
32	SLE2	-12.60	0.69	-0.95	9.00	0.00				-398.61	0.03	-0.22
33	SLE3	62.60	-1.87	-1.61	9.00	49.74	0.00	-1.21	9.41	-398.61	0.03	-0.22
34	SLE4	-62.60	-1.84	-1.61	9.00	49.74	0.00	-1.21	9.41	-398.61	0.03	-0.22
35	SLE5	-62.60	-1.87	-1.61	9.00	-49.74	0.00	-1.21	9.41	-398.61	0.03	-0.22
36	SLU1	18.90	0.69	-0.95	9.00	0.00				-559.64	0.03	-0.22
37	SLU2	-169.90	-2.14	-1.68	9.00	0.00				-559.64	0.03	-0.22
38	SLU3	93.90	-1.87	-1.61	9.00	74.61	0.00	-1.21	9.41	-559.64	0.03	-0.22
39	SLU4	-93.90	-1.84	-1.61	9.00	74.61	0.00	-1.21	9.41	-559.64	0.03	-0.22
40	SLU5	56.10	-3.55	-2.05	9.00	-74.61	0.00	-1.21	9.41	-559.64	0.03	-0.22
41	BLA1	0.00				216.00	0.00	-0.62	8.70	-248.61	0.05	-0.35
42	BLA2	0.00				-216.00	0.00	0.63	8.71	-248.61	0.05	-0.35
43	FOR2	0.00				0.00				-323.61	0.04	-0.27
44	FORX	302.69	0.13	-0.20	8.81	0.00				0.00		
45	FORX	0.00				312.69	0.04	-0.25	8.81	0.00		
46	SISX	45.40	0.13	-0.20	8.81	0.00				0.00		
47	SISY	0.00				46.90	0.04	-0.25	8.81	0.00		
48	SIS1	-4.60	-28.44	-17.29	10.89	14.07	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
49	SIS2	4.60	-28.44	-17.29	10.89	14.07	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
50	SIS3	-4.60	-28.44	-17.29	10.89	-14.07	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
51	SIS4	4.60	-28.44	-17.29	10.89	-14.07	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
52	SIS5	COUPLE				46.90	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
53	SIS6	COUPLE				46.90	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
54	SIS7	COUPLE				-46.90	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27
55	SIS8	COUPLE				-46.90	0.04	-0.25	8.81	-328.47	0.04	-0.27

7.5.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di verifiche strutturali degli elementi passerella.

Le verifiche soddisfano i criteri previsti dalle ISO 19902 (Rif. [4]) (per le sezioni circolari) ed EN 1993 (Rif. [5]) (per le sezioni I / H). Per le due tipologie di passerelle analizzate i valori massimi di Unity Check sono:

- ✓ Passerella tipica: $UC = 0.74 < 1.0$ (Combinazione SLU in condizioni operative)
- ✓ Passerella punto fisso: $UC = 0.91 < 1.0$ (Combinazione SLU in condizioni operative)

Come mostrato nelle seguenti tabelle, che indicano i valori di UC massimi per ogni combinazione di carico, l'azione sismica non è dimensionante. I valori massimi di UC sono stati riscontrati per combinazioni di carico operative.

Tabella 7-40: Verifiche Elementi UC>0.40 – Passerella Tipica

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY															
GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.40 AND LESS THAN 0.90															
MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING Y N/MM2	STRESS Z N/MM2	SHEAR FY KN	FORCE FZ KN	KLY/RY	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	LOAD COND
0361-0362	H01	0.669	SLU5	1.5	5.59	220.56	5.27	0.70	51.74	12.0	42.5	0.612	SLU2	0.610	SLU4
0364-0366	H01	0.744	SLU5	0.0	6.65	241.83	7.71	-9.83	-16.84	12.0	42.5	0.706	SLU3	0.697	SLU4
0366-0367	H01	0.744	SLU5	0.0	6.62	234.56	-12.65	8.31	-33.24	12.0	42.5	0.652	SLU4	0.651	SLU3
0369-0370	H01	0.563	SLU3	0.0	-4.24	157.29	-36.83	27.63	-98.08	12.0	42.5	0.554	SLU5	0.551	SLU4
0370-0371	H01	0.503	SLU5	0.0	3.60	144.66	-16.04	8.11	-132.56	12.0	42.5	0.413	SLU1	0.413	SLU2
0000-0361	H01	0.623	SLU5	1.5	5.31	202.41	3.15	10.37	68.14	12.0	42.5	0.572	SLU1	0.572	SLU2
0345-0347	H01	0.406	SLU3	3.0	5.77	129.77	-0.85	1.99	33.05	12.0	42.5	0.406	SLU4	0.363	SLU2
0353-0355	H01	0.424	SLU4	0.0	6.45	132.56	-4.13	1.61	-31.74	12.0	42.5	0.423	SLU3	0.363	SLU2
0013-0359	H01	0.444	SLU5	1.0	3.41	142.64	3.68	9.88	128.71	12.0	42.5	0.407	SLU2	0.405	SLU1
0359-0027	H01	0.511	SLU5	1.0	3.83	168.42	0.99	-2.26	119.57	12.0	42.5	0.475	SLU2	0.468	SLU1
0027-0000	H01	0.535	SLU5	0.5	3.83	180.44	-0.70	-2.67	112.91	12.0	42.5	0.505	SLU2	0.499	SLU4
0362-0052	H01	0.686	SLU5	0.5	6.14	225.16	-6.07	-3.37	46.54	12.0	42.5	0.626	SLU2	0.625	SLU1
0052-0363	H01	0.727	SLU5	1.0	6.14	233.49	-11.09	-4.02	35.63	12.0	42.5	0.653	SLU4	0.648	SLU3
0363-0053	H01	0.718	SLU5	0.0	6.40	233.44	-11.09	7.17	35.01	12.0	42.5	0.663	SLU4	0.663	SLU2
0053-0364	H01	0.724	SLU5	0.5	6.40	242.16	2.37	6.27	19.84	12.0	42.5	0.698	SLU4	0.683	SLU2
0367-0054	H01	0.686	SLU5	0.0	6.07	222.62	14.13	-13.64	-48.62	12.0	42.5	0.622	SLU4	0.621	SLU3
0054-0368	H01	0.651	SLU5	0.0	6.07	217.32	4.97	-14.05	-55.28	12.0	42.5	0.592	SLU1	0.592	SLU2
0368-0074	H01	0.650	SLU5	0.0	4.32	205.26	-14.05	17.08	-64.42	12.0	42.5	0.562	SLU4	0.560	SLU2
0074-0369	H01	0.589	SLU5	0.0	4.32	190.91	8.36	16.43	-75.33	12.0	42.5	0.520	SLU1	0.516	SLU2
0113-0349	H01	0.432	SLU3	2.0	7.26	137.35	-3.36	1.35	-2.04	12.0	42.5	0.432	SLU4	0.372	SLU2
0347-0113	H01	0.425	SLU3	1.0	7.30	134.59	-6.25	0.38	19.19	12.0	42.5	0.424	SLU4	0.362	SLU2
0349-0114	H01	0.438	SLU3	2.0	7.56	136.14	-6.95	-1.28	-11.15	12.0	42.5	0.437	SLU4	0.374	SLU2
0114-0353	H01	0.432	SLU4	0.0	7.09	136.71	-7.03	-0.90	-15.45	12.0	42.5	0.430	SLU3	0.366	SLU2

Tabella 7-41: Verifiche Elementi UC>0.40 – Passerella Punto Fisso

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY															
GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.40 AND LESS THAN 0.90															
MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING Y N/MM2	STRESS Z N/MM2	SHEAR FY KN	FORCE FZ KN	KLY/RX	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	LOAD COND
0343-0358	H02	0.410	SLU5	1.2	1.47	-29.55	-91.56	-38.12	-19.36	11.4	19.2	0.277	SLU2	0.269	SLE5
0134-0082	H05	0.736	SLU2	0.0	-1.20	-0.73	120.76	-57.30	7.98	2.5	10.0	0.447	SLU3	0.420	SLU4
0135-0134	H05	0.774	SLU2	0.0	-2.33	-1.55	-135.49	111.60	8.74	2.5	10.0	0.503	SLU4	0.437	SLU3
0361-0362	H01	0.757	SLU2	1.5	-5.95	225.53	-43.27	-24.46	63.50	12.0	42.5	0.717	SLU5	0.700	SLU4
0364-0366	H01	0.746	SLU5	1.5	4.04	241.32	-13.10	-10.61	-13.42	12.0	42.5	0.704	SLU3	0.692	SLU4
0366-0367	H01	0.758	SLU5	0.0	4.64	241.20	-13.10	5.11	-17.05	12.0	42.5	0.680	SLU2	0.675	SLU3
0369-0370	H01	0.566	SLU3	0.0	-5.01	158.03	-35.97	27.75	-82.12	12.0	42.5	0.555	SLU4	0.542	SLU5
0370-0371	H01	0.516	SLU5	0.0	2.83	150.46	-14.69	4.09	-116.07	12.0	42.5	0.436	SLU2	0.433	SLU1
0000-0361	H01	0.638	SLU5	1.5	8.15	206.28	0.31	9.51	85.99	12.0	42.5	0.630	SLU2	0.588	SLU1
0345-0347	H01	0.405	SLU4	3.0	4.97	127.95	-3.11	1.84	25.12	12.0	42.5	0.396	SLU3	0.360	SLU2
0353-0355	H01	0.417	SLU3	0.0	8.19	127.50	-4.14	1.60	-23.88	12.0	42.5	0.411	SLU4	0.366	SLU2
0013-0359	H01	0.460	SLU5	1.0	6.16	145.72	3.23	9.98	112.85	12.0	42.5	0.450	SLU2	0.423	SLU1
0359-0027	H01	0.529	SLU5	1.0	6.81	168.14	5.27	1.29	103.71	12.0	42.5	0.510	SLU2	0.481	SLU4
0027-0000	H01	0.550	SLU5	0.5	6.81	178.50	5.94	0.88	97.05	12.0	42.5	0.531	SLU2	0.506	SLU4
0052-0363	H01	0.869	SLU2	0.0	1.36	220.43	113.09	-75.59	22.37	12.0	42.5	0.762	SLU5	0.735	SLU4
0363-0053	H01	0.733	SLU5	0.0	4.09	240.19	-13.16	10.59	17.71	12.0	42.5	0.687	SLU2	0.671	SLU4
0053-0364	H01	0.729	SLU5	0.5	4.09	243.49	7.15	9.70	2.54	12.0	42.5	0.695	SLU2	0.688	SLU3
0367-0054	H01	0.709	SLU5	0.0	4.37	233.99	12.35	-12.32	-65.83	12.0	42.5	0.676	SLU3	0.650	SLU1
0054-0368	H01	0.672	SLU5	0.0	4.37	226.89	4.06	-12.73	-72.49	12.0	42.5	0.633	SLU3	0.627	SLU1
0368-0074	H01	0.662	SLU5	0.0	3.05	211.14	-13.21	18.30	-81.62	12.0	42.5	0.583	SLU2	0.583	SLU3
0074-0369	H01	0.597	SLU5	0.0	3.05	193.20	10.82	17.64	-92.54	12.0	42.5	0.528	SLU2	0.525	SLU1
0113-0349	H01	0.444	SLU3	2.5	9.81	137.33	-8.39	-3.36	4.94	12.0	42.5	0.422	SLU4	0.390	SLU2
0347-0113	H01	0.438	SLU3	0.5	8.18	125.99	-24.93	-24.14	18.27	12.0	42.5	0.422	SLU4	0.404	SLU2
0349-0114	H01	0.447	SLU3	0.0	9.36	137.43	-6.95	-1.03	-1.85	12.0	42.5	0.429	SLU4	0.394	SLU2
0114-0353	H01	0.430	SLU3	0.0	9.32	133.15	-7.81	-0.06	-23.08	12.0	42.5	0.421	SLU4	0.376	SLU2
0126-0052	PFK	0.765	SLU2	1.1	0.00	-30.49	270.61	150.00	-18.69	15.8	16.2	0.421	SLU3	0.421	SLU4
0052-0113	SUP	0.516	SLU5	0.0	-4.64	-17.12	-215.16	64.53	17.32	14.6	24.7	0.327	SLU3	0.317	SLU1
0362-0052	H01	0.919	SLU2	0.5	-4.74	230.69	-118.67	-72.42	56.87	12.0	42.5	0.775	SLU4	0.770	SLU5

La verifica dei pali di fondazione delle passerelle di collegamento delle briccole è coperta dalla verifica dei pali fondazione della passerella tubo gas (vedere Par. 7.4).

7.5.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni

Le passerelle sono state verificate per un sisma calcolato con spettro di risposta avente $T_R = 475$ anni allo SLV secondo NTC2018 (Rif. [1]), legato ad una vita nominale $V_N = 25$ anni. Poiché la struttura oggetto di analisi è da considerarsi “Costruzione con livelli di prestazioni ordinari”, di seguito si riportano le considerazioni effettuate affinché si possa ritenere che passerelle soddisfino le verifiche in condizioni sismiche considerando una vita nominale V_N di 50 anni, ed il relativo spettro di risposta allo SLV ($T_R = 949$ anni) riportato in Figura 5-3.

Dall'analisi modale della struttura, i cui risultati sono riportati al paragrafo seguente, si ottiene che il primo modo della struttura è pari a 2.45s.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 475$ anni, l'accelerazione vale:

$$S_{475}(T_1) = 0.10g$$

A favore di sicurezza, le passerelle sono state verificate per un'accelerazione di $S_d(T) = 0.15g$.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 949$ anni, si ottiene:

$$S_{949}(T1) = 0.14g \leq S_d(T)$$

Pertanto, le verifiche effettuate per $T_R = 475$ anni, i cui risultati sono riportati al Par. 7.5.3 restano valide.

Le passerelle sono in grado di resistere all'azione sismica calcolata con uno spettro allo SLV con $T_R = 949$ anni, assumendo una vita nominale $V_N = 50$ anni in ottemperanza alle prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

7.5.5 Analisi Modale Pali di Fondazione

È stata condotta l'analisi modale dei pali di fondazione al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinare la risposta della struttura alle forzanti sismiche. Il periodo delle passerelle corrisponde al periodo dei pali di supporto delle passerelle stesse, caratterizzati da uno schema statico a mensola. Il calcolo del periodo proprio è stato condotto mediante l'ausilio del programma SACS.

Il palo di fondazione è stato modellato con un palo equivalente di lunghezza pari a 10 diametri (valutata mediante un'analisi comparativa degli spostamenti con il software L-pile).

In testa palo è stata applicata la reazione di appoggio della passerella definita nella tabella seguente.

Tabella 7-42: Carichi Passerella su Pali di Fondazione

PESO TOTALE DELLE PASSERELLE					
Passerella	Luce [m]	Condizione di carico			Peso [kN]
		VERT (verticali portati)	LIVZ* (accidentale=0.5LIVZ)	PIOZ (piping)	
TIPO 9	25.0	188	75	42	305 Assunto 300

Dall'analisi dinamica del palo di fondazione si ricava la seguente forma modale:

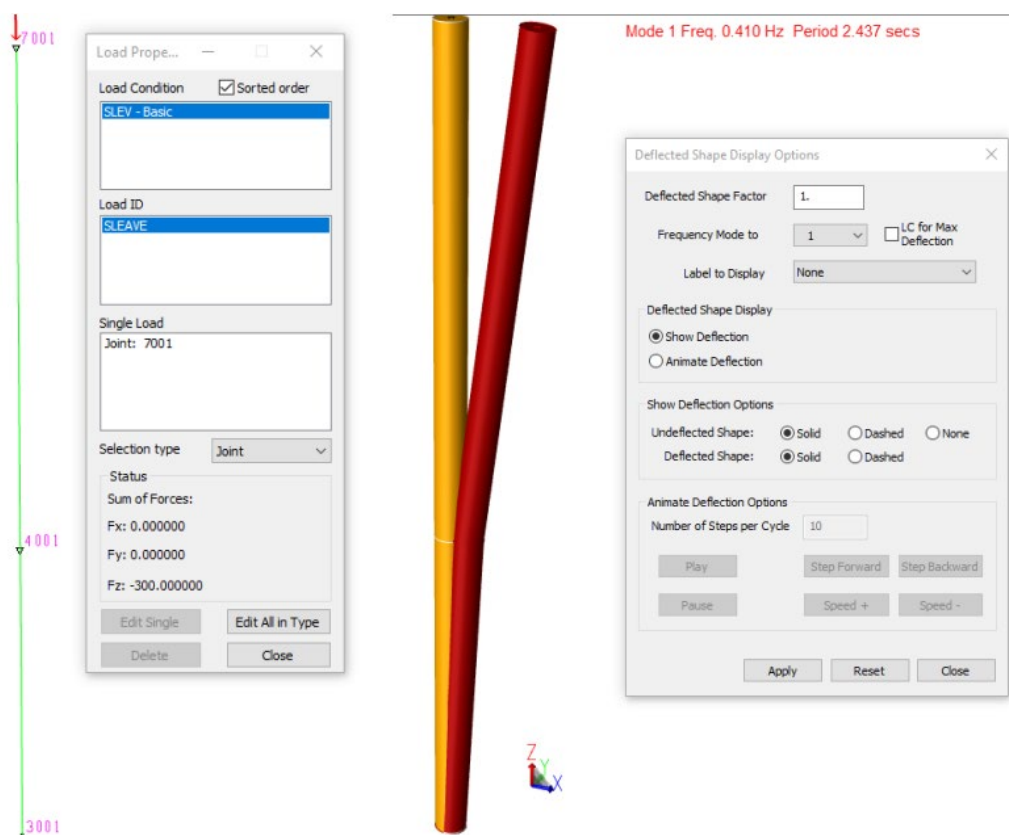


Figura 7-28: Primo Modo di Vibrazione – Pali di Fondazione

I periodi di vibrazione con le rispettive frequenze sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 7-43: Periodi e Frequenze di Vibrazione – Pali di Fondazione

SACS IV-FREQUENCIES AND GENERALIZED MASS				
MODE	FREQ. (CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD (SECS)
1	0.410323	7.6788927E+01	1.5044856E-01	2.4371031
2	0.410341	7.6795430E+01	1.5043573E-01	2.4369991
3	3.217165	7.5573903E+01	2.4473360E-03	0.3108327
4	3.217398	7.5583888E+01	2.4469813E-03	0.3108102
5	18.376575	7.4194519E+01	7.5008608E-05	0.0544171

7.6 ANALISI SISMICA STRUTTURA SUPPORTO RISER E J-TUBE

La struttura di supporto delle clampe del riser e dei j-tube è prefabbricata su sleeve e supportata da un palo verticale di diametro 1675 mm e spessore 60 mm. Le caratteristiche generali della struttura sono descritte al Par. 4.4.

L'analisi sismica della struttura di supporto e protezione del riser è stata svolta definendo un modello di calcolo tridimensionale in ambiente SACS (Figura 7-29), che ne riproduce tutti i suoi elementi strutturali principali.

Per la verifica si è assunta conservativamente una quota del fondale pari a -15.4 m (quota reale -14 m). Le verifiche sono state condotte per la struttura della riser guard ed il palo di fondazione.

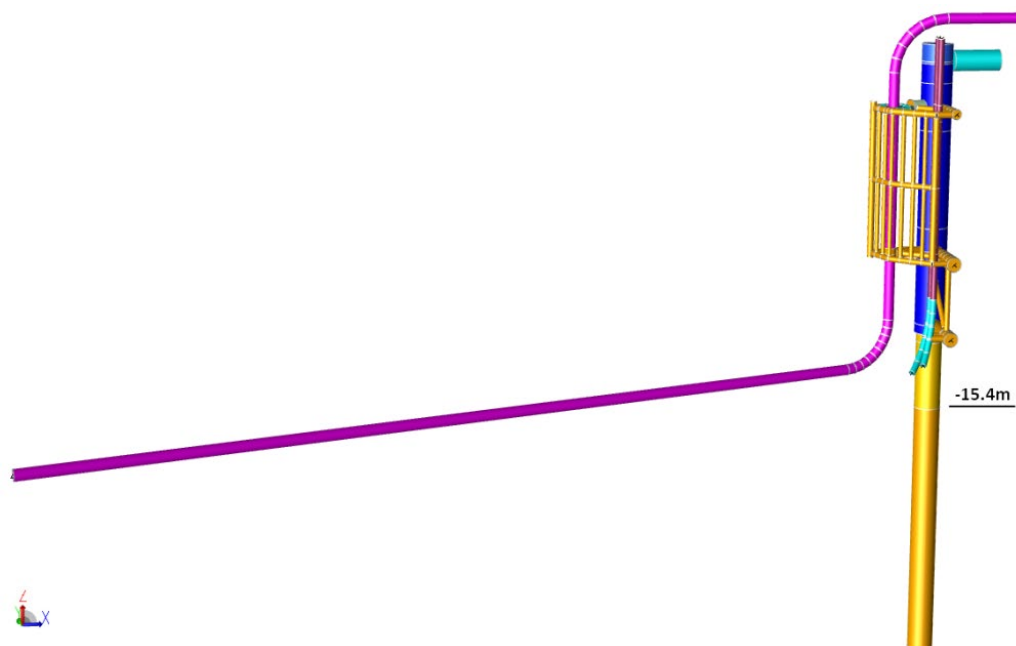


Figura 7-29: Modello SACS – Struttura Supporto Riser e J-tube

L'analisi sismica viene eseguita tramite il metodo dello spettro di risposta utilizzato per valutare la risposta ai carichi sismici, secondo quanto prescritto dalla NTC2018 (Rif. [1]), attraverso i seguenti passaggi:

- ✓ Analisi statica della struttura per carichi gravitazionali e delle reazioni sulle clampe di supporto
- ✓ Analisi modale della struttura ed estrazione dei modi di vibrazione
- ✓ Analisi dinamica e calcolo della risposta mediante spettri di risposta e combinazione modale CQC
- ✓ Combinazione delle risposte sismiche direzionali SRSS e combinazione con risposta statica.

7.6.1 Carichi Sismici

Nel Doc. no. 0001-CI-E-017419 “Relazione di Calcolo della Struttura di Supporto del Riser e J-tube - Analisi Sismica” si dichiara che lo spettro di risposta in accelerazione (orizzontale e verticale) impiegato nell'analisi spettrale è quello definito in accordo alle NTC2018 (Rif. [1]), riportato nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 “Basi di Progettazione Strutturale” e in Figura 5-1.

Da un controllo dei file di input SACS ricevuti, è emerso che gli spettri utilizzati non sono coerenti con quelli riportati nel documento di riferimento sopracitato. Infatti, per quanto riguarda lo spettro delle componenti orizzontali, lo spettro assunto nelle analisi risulta più cautelativo. Mentre, per quanto riguarda lo spettro di risposta della componente verticale, esso risulta minore rispetto a quello riportato nel riportato nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 “Basi di Progettazione Strutturale”. Tuttavia, lo spettro verticale riportato nel documento sopracitato è quello elastico. Rispetto allo spettro verticale di progetto, quello impiegato nelle analisi risulta a favore di sicurezza.

7.6.2 Analisi Sismica

L'analisi sismica con spettro di risposta richiede che l'intera struttura si comporti in modo lineare elastico; pertanto, il comportamento non lineare dei pali è stato considerato con un palo equivalente di lunghezza 10 diametri; valore definito tramite un'analisi comparativa con un modello L-pile.

Viene eseguita un'analisi modale per determinare i periodi naturali della piattaforma e le relative forme di vibrazione.

La risposta strutturale agli spettri di risposta lungo le direzioni principali viene calcolata attraverso un'analisi dinamica con sovrapposizione modale. L'effetto dei singoli modi viene combinato attraverso una combinazione quadratica completa (CQC) mentre l'effetto del sisma nelle tre direzioni x, y, z viene combinato attraverso la somma dei quadrati (SRSS) delle risposte direzionali. La risposta sismica globale agli spettri di risposta viene poi combinata con i carichi verticali agenti sulla struttura in condizioni sismiche.

7.6.2.1 Analisi Statica

Viene eseguita un'analisi statica della struttura, in modo da calcolare le sollecitazioni interne degli elementi dovute ai carichi gravitazionali e carichi piping e sommarle alle sollecitazioni inerziali dovute alla risposta sismica.

L'analisi statica viene eseguita utilizzando il modello dell'analisi in servizio ed i relativi carichi gravitazionali di seguito riassunti.

- ✓ Azioni Permanenti (G_1, G_2)
 - Peso proprio delle strutture
 - Peso strutture non modellate
 - Reazioni sui supporti del riser
- ✓ Azioni Variabili (Q_1, Q_2)
 - Il carico variabile sulla passerella TG-1.

Peso proprio delle strutture - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (palo, traliccio di supporto, j-tube) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi.

Pesi strutture non modellate

Sono state definite le seguenti condizioni di carico:

- ✓ PASZ: peso passerelle in direzione Z (reazione di appoggio passerella tubo gas + reazione di appoggio passerella "PAS-S11")
- ✓ CAPZ: peso del capitello e del tubo di collegamento OD1320 mm

Reazione sui supporti del riser

I carichi del piping sono stati dedotti dalla relazione di calcolo di stress della tubazione.

Sono state definite le seguenti condizioni di carico:

- ✓ FRIX e FRIY: reazioni clamp inferiore
- ✓ HRIX, HRIY e HRIZ reazioni clamp superiore

Carico variabile - PALZ

Il carico variabile "PALZ" rappresenta la somma della reazione di appoggio della passerella tubo gas e della reazione della passerella "PAS-S11".

Di seguito si riportano le risultanti delle condizioni di carico gravitazionali:

Tabella 7-44: Risultanti Condizioni di Carico Statiche – Struttura Supporto Riser e J-tube

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	DEAZ	0.00				0.00				-1836.68	-0.20	-0.65	-2.41
2	FRIY	85.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00				0.00			
3	FRIY	0.00				10.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00			
4	HRIY	330.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00				0.00			
5	HRIY	0.00				30.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00			
6	HRIZ	0.00				0.00				-150.00	-3.00	-0.90	4.28
7	PALZ	0.00				0.00				-90.00	0.00	0.00	8.22
8	PASZ	0.00				0.00				-370.00	0.00	0.00	8.22
9	CAPZ	0.00				0.00				-186.00	0.00	0.00	8.22

I carichi gravitazionali agenti sulla struttura sono stati linearmente combinati secondo i coefficienti riportati in Tabella 7-45.

Tabella 7-45: Combinazione Carichi Gravitazionali – Struttura Supporto Riser e J-tube

LOAD COMB	LOAD CASES								
	DEAZ	PALZ	PASZ	CAPZ	HRIY	HRIY	HRIY	FRIY	FRIY
STAT	1,000	0,500	1,100	1,100	1,000	1,000	1,100	1,000	1,000

Di seguito si riportano le risultanti della combinazione lineare “STAT”:

Tabella 7-46: Combinazione Lineare STAT – Struttura Supporto Riser e J-tube

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
10	STAT	415.00	-3.00	-0.90	2.39	40.00	-3.00	-0.90	1.98	-2658.28	-0.33	-0.50	0.63

7.6.2.2 Analisi Modale

Viene condotta l'analisi modale della struttura al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinarne la risposta alle forzanti sismiche tramite metodo con spettro di risposta.

I pali di fondazione, modellati mediante il modulo SACS PSI, per tener conto dell'interazione non-lineare terreno-fondazione, vengono linearizzati in modo da poter eseguire l'analisi modale (lineare). La linearizzazione viene effettuata attraverso il modulo SACS PSI, tenendo conto dei carichi verticali (definiti nella combinazione STAT) e delle forze orizzontali pari ai tagli sismici nelle due direzioni principali.

Dall'analisi modale vengono estratti i primi 30 modi di vibrare della struttura, tali da raggiungere la soglia dell'85% della massa partecipante (NTC2018, Par.7.3.3.1).

In Tabella 7-47 si riportano i due modi globali principali della struttura con relativo periodo e frequenza.

Tabella 7-47: Modi di Vibrare Principali – Struttura Supporto Riser e J-tube

Modo	Descrizione	Frequenza [Hz]	Periodo [s]
1	1° modo traslazionale in direzione Y	0.64	1.55
3	1° modo traslazionale in direzione X	1.27	0.79

Le corrispondenti forme modali sono mostrate nella seguente figura:

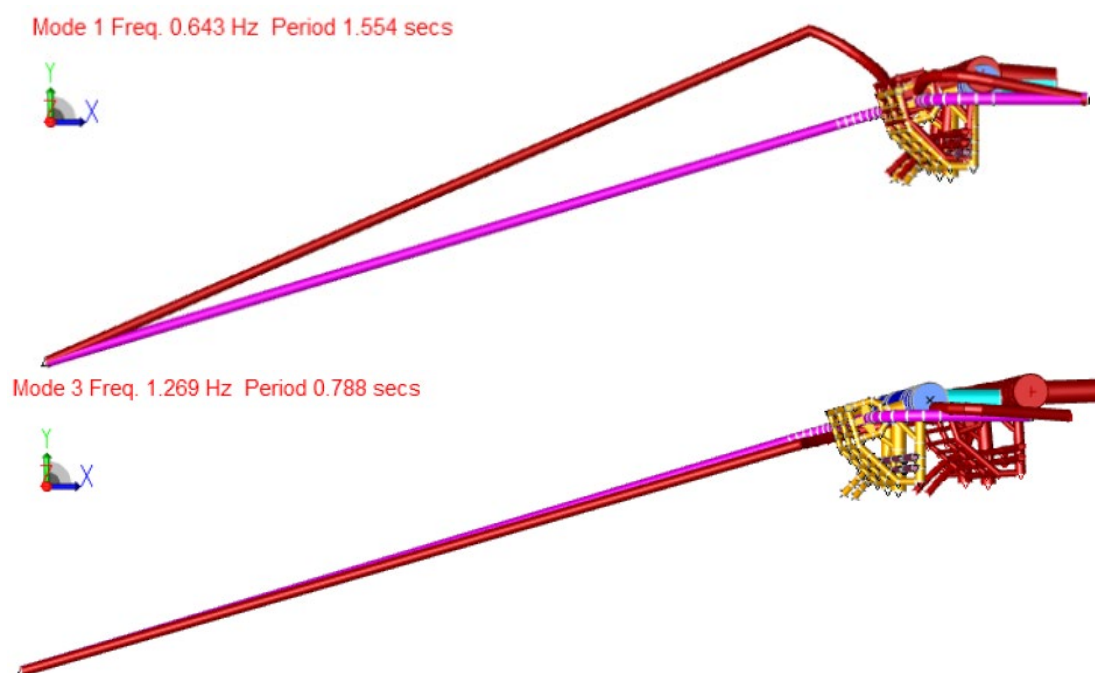


Figura 7-30: Modi di Vibrazione Principali – Struttura Supporto Riser e J-tube

I fattori di partecipazione dei 30 modi considerati sono riportati nel seguito:

Tabella 7-48: Fattori di Partecipazione Modale – Struttura Supporto Riser e J-tube

MODE	FREQ. (CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD (SECS)
1	0.643295	1.7880886E+02	6.1209717E-02	1.5544976
2	1.091622	1.9513200E+02	2.1256682E-02	0.9160678
3	1.269127	4.9635274E+02	1.5726426E-02	0.7879432
4	1.881218	8.8928217E+02	7.1575070E-03	0.5315704
5	2.535398	1.5271235E+01	3.9404686E-03	0.3944154
6	3.078456	2.2147652E+02	2.6728480E-03	0.3248381
7	3.310336	1.1188229E+02	2.3115110E-03	0.3020841
8	4.390515	8.3768737E+01	1.3140424E-03	0.2277637
9	6.851229	3.2648222E+01	5.3963893E-04	0.1459592
10	8.372493	4.8662913E+01	3.6135217E-04	0.1194387
11	9.342906	1.7210403E+01	2.9018590E-04	0.1070331
12	10.118249	1.2931799E+01	2.4741699E-04	0.0988313
13	11.058465	6.4442801E+00	2.0713359E-04	0.0904285
14	11.396490	2.5260043E+01	1.9502848E-04	0.0877463
15	11.704859	3.3040614E+00	1.8488763E-04	0.0854346
16	12.402208	2.2645052E+00	1.6468051E-04	0.0806308
17	12.962766	1.9743122E+01	1.5074569E-04	0.0771440
18	13.908509	5.3808326E+00	1.3094204E-04	0.0718984
19	14.997396	1.9954967E+00	1.1261818E-04	0.0666782
20	15.075951	7.2356760E-01	1.1144762E-04	0.0663308
21	15.352806	3.7738025E+00	1.0746442E-04	0.0651347
22	15.494083	1.5194978E+00	1.0551361E-04	0.0645408
23	15.862101	4.0528533E+00	1.0067434E-04	0.0630433
24	16.061630	7.1528297E-01	9.8188582E-05	0.0622602
25	16.396300	2.3004998E+00	9.4221174E-05	0.0609894
26	17.282346	6.5935475E+00	8.4807613E-05	0.0578625
27	17.360444	7.3930578E+00	8.4046296E-05	0.0576022
28	18.917244	1.2003915E+00	7.0782276E-05	0.0528618
29	19.760311	1.2344673E+01	6.4871312E-05	0.0506065
30	20.768790	1.6874833E+01	5.8724297E-05	0.0481492

In accordo alla normativa ISO 19901-2 (Rif. [4]) Par. 6.2.2, il numero di forme modali da considerare nell'analisi sismica deve essere tale da raggiungere il 90% della massa strutturale nelle direzioni orizzontali, valore superiore all'85% richiesto dalla NTC2018. Tuttavia, dai risultati riportati in Tabella 7-48 si evince che sono stati considerati un numero di modi tali da soddisfare anche i requisiti della ISO; pertanto, l'approccio utilizzato soddisfa i requisiti di entrambi gli standard.

7.6.2.3 [Analisi Spettrale](#)

Gli spettri di risposta lungo le direzioni principali X, Y e Z, definiti secondo quanto dichiarato al Par. 7.6.1, sono applicati separatamente alla struttura. La risposta strutturale a queste forzanti viene calcolata attraverso un'analisi spettrale eseguita tramite il modulo DYNAMIC RESPONSE del software SACS. Vengono calcolate le singole risposte modali, poi combinate applicando il metodo CQC (Complete Quadratic Combination). Le risposte

direzionali così calcolate vengono combinate insieme attraverso il metodo SRSS (Square Root of the Sum of the Squares):

$$RS_d = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

L'analisi è stata eseguita assumendo un fattore di smorzamento viscoso pari al 5%.

Si riportano nelle seguenti tabelle i risultati dell'analisi spettrale:

Tabella 7-49: Risultanti Spettri di Risposta Direzionali (CQC) – Struttura Supporto Riser e J-tube

FORCES AND MOMENTS SUMMARY						
*** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***						
	***** KN *****			***** KN-M *****		
LOAD	FORCE (X)	FORCE (Y)	FORCE (Z)	MOMENT (X)	MOMENT (Y)	MOMENT (Z)
CASE						
1	-520.094	-71.784	458.485	6906.499	-24344.326	-31.897
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	-12.031	-540.896	196.340	37817.449	-4723.689	1242.509
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	23.963	10.201	348.947	572.414	-646.945	17.817

Tabella 7-50: Risultante Spettrale Globale (SRSS) – Struttura Supporto Riser e J-tube

FORCES AND MOMENTS SUMMARY						
*** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***						
	***** KN *****			***** KN-M *****		
LOAD	FORCE (X)	FORCE (Y)	FORCE (Z)	MOMENT (X)	MOMENT (Y)	MOMENT (Z)
CASE						
1	-511.980	-533.118	652.234	38376.059	-24847.844	1212.002

L'analisi spettrale restituisce sollecitazioni interne senza segno. Pertanto, una volta calcolata la risposta sismica globale, essa viene combinata alla risposta statica generando due combinazioni di carico, dove la componente dinamica della forza assiale viene considerata una volta di trazione e una volta di compressione.

La risposta sismica e quella statica sono state linearmente combinate secondo i coefficienti riportati in Tabella 7-51 in accordo con le NTC2018 (Rif. [1]).

Tabella 7-51: Combinazioni di Verifica SLV – Struttura Supporto Riser e J-tube

	Combinazione	Analisi Statica STAT	Analisi Spettrale ⁽¹⁾ RS _d
Verifica elementi strutturali	1	1.00	1.00
	2	1.00	-1.00
Verifica nodi strutturali	3	1.00	1.00
	4	1.00	-1.00

7.6.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di:

- ✓ Verifiche strutturali degli elementi
- ✓ Verifiche strutturali dei nodi (connessioni tubolari)
- ✓ Verifiche strutturali e geotecniche dei pali di fondazione (sotto il fondo del mare).

Verifiche strutturali elementi principali

Le verifiche degli elementi strutturali sono state effettuate sulla base dei criteri definiti dalla normativa ISO 19902 (Rif. [4]) per elementi tubolari ed EN1993 (Rif. [5]) per sezioni I/H.

Le verifiche mostrano che la struttura di supporto delle clampe del riser e dei j-tube è adeguata a sopportare i carichi sismici. I valori massimi degli Unity Check per ogni gruppo di elementi sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 7-52: Massimi UC per Gruppi – SLV – Struttura Supporto Riser e J-tube

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *																
ISO 19902:2007 / EC3:2005																
(EN 1993-1-1:2005/NA NONE)																
GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES *			*** ALLOWABLE STRESSES ***				CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS		CM VALUES *	
					AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2		KL1 M	KL2 M	Y	Z
B01	0019-0000	2	0.15	0.9	-6.0	-53.2	-18.4	.3E+03	.3E+06	.4E+03	.4E+03	ACBI	0.87	0.87	0.85	0.85
B03	0021-0015	1	0.11	0.5	1.5	-6.2	8.7	.3E+03	.2E+06	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.47	0.47	0.85	0.85
B04	0086-0062	2	0.13	0.0	-6.4	28.4	36.8	292.4	1970.5	434.3	434.3	ACBI	4.55	4.55	0.85	0.85
B06	0024-0061	2	0.25	0.0	-3.2	-91.7	55.1	292.4	363.4	441.1	441.1	ACBI	9.00	9.00	0.85	0.85
B05	0000-0002	1	0.14	0.0	1.9	-55.9	-13.9	328.6	1054.5	443.9	443.9	TN+BN	9.00	9.00	0.85	0.85
B11	0033-0041	2	0.13	2.6	-4.6	-39.2	-30.0	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	2.65	2.65	0.85	0.85
B10	0024-0056	2	0.15	0.0	-14.8	-18.7	38.7	.3E+03	.4E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	1.59	1.59	0.85	0.85
B07	0080-0064	2	0.15	2.6	-1.5	62.0	-10.6	300.8	962.3	448.7	448.7	ACBI	4.37	4.37	0.85	0.85
B08	R100-0017	2	0.42	0.9	-24.2	-131.7	0.0	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	BN+AX	0.89	0.89	0.60	1.00
CLR	0023-0037	1	0.01	0.0	-0.0	1.4	-0.5	.3E+03	.9E+06	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.40	0.40	0.85	0.85
JT2	0045-0126	2	0.07	0.0	-3.2	-22.8	-12.5	292.4	318.3	440.7	440.7	ACBI	11.00	11.00	0.85	0.85
P01	0038-0381	2	0.20	0.6	-9.9	-40.5	-55.4	283.9	422.9	420.9	420.9	ACBI	40.00	40.00	0.85	0.85
PLC	G071-0222	2	0.19	0.0	-7.4	0.0	69.4	.3E+03	.5E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	2.98	2.98	0.85	0.85
SJ1	0007-0003	1	0.13	0.0	1.1	11.2	-3.1	.3E+03	.3E+06	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.39	0.39	0.85	0.85
SJ5	0045-0033	2	0.13	1.3	-1.9	-46.4	23.8	.3E+03	.2E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	1.30	1.30	0.85	0.85
SL2	0040-G071	1	0.13	0.0	-2.1	0.7	-0.8	238.7	585.0	404.0	404.0	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
B02	0017-0031	2	0.48	0.3	-12.4	-108.5	17.8	.3E+03	.3E+06	.3E+03	.3E+03	BN+AX	0.34	0.34	0.86	0.57
JT1	0007-0048	2	0.09	0.3	-6.4	-20.6	19.1	292.4	1961.0	442.0	442.0	ACBI	4.60	4.60	0.85	0.85
SLI	0381-0041	1	0.14	0.0	-3.4	-20.0	-27.4	283.9	503.1	404.0	404.0	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
SJ2	0076-0077	1	0.11	0.6	0.1	-40.9	-1.8	.3E+03	.7E+05	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.60	0.60	0.85	0.85

Verifiche nodi tubolari

Le verifiche a punzonamento dei nodi tubolari sono state eseguite dal post-processore di SACS in accordo ai requisiti della ISO 19902 (Rif. [4]). Nella seguente tabella si riportano i nodi caratterizzati da UC > 0.20.

Tabella 7-53: Verifica $UC > 0.20$ Nodi Tubolari – Struttura Supporto Riser e J-tube

* * JOINT C A N S U M M A R Y * *								
(UNITY CHECK ORDER)								
JOINT	***** ORIGINAL *****				***** DESIGN *****			
	DIAMETER	THICKNESS	YLD STRS	UC	DIAMETER	THICKNESS	YLD STRS	UC
	(CM)	(CM)	(N/MM2)		(CM)	(CM)	(N/MM2)	
G071	195.000	5.000	335.000	0.621	195.000	5.000	335.000	0.621
0023	75.140	2.000	345.000	0.438	75.140	2.000	345.000	0.438
0029	90.000	3.000	345.000	0.254	90.000	3.000	345.000	0.254
0060	40.640	1.905	345.000	0.235	40.640	1.905	345.000	0.235
0034	90.000	3.000	345.000	0.232	90.000	3.000	345.000	0.232
0016	40.640	1.905	345.000	0.179	40.640	1.905	345.000	0.179
0056	60.960	2.461	345.000	0.153	60.960	2.461	345.000	0.153
0062	40.640	1.905	345.000	0.151	40.640	1.905	345.000	0.151
0033	90.000	3.000	345.000	0.139	90.000	3.000	345.000	0.139
0026	90.000	3.000	345.000	0.138	90.000	3.000	345.000	0.138
0067	40.640	1.905	345.000	0.129	40.640	1.905	345.000	0.129
0064	35.560	1.905	345.000	0.117	35.560	1.905	345.000	0.117

Verifiche strutturali palo di fondazione

I pali di fondazione sono stati verificati mediante il Software L-pile che considera l'interazione non lineare terreno struttura.

Geometria del palo: OD 1675 mm x THK 60 mm, infissione = 33.1 m.

Le azioni applicate al modello L-pile sono state valutate a partire dal modello SACS in termini di forze interne degli elementi che modellano il palo equivalente. Le azioni massime applicate in testa al palo di fondazione sono:

- ✓ Taglio pari a 1100 kN
- ✓ Momento pari a 3800 kNm

Nelle figure seguenti si riportano i diagrammi delle sollecitazioni interne ottenute dall'analisi.

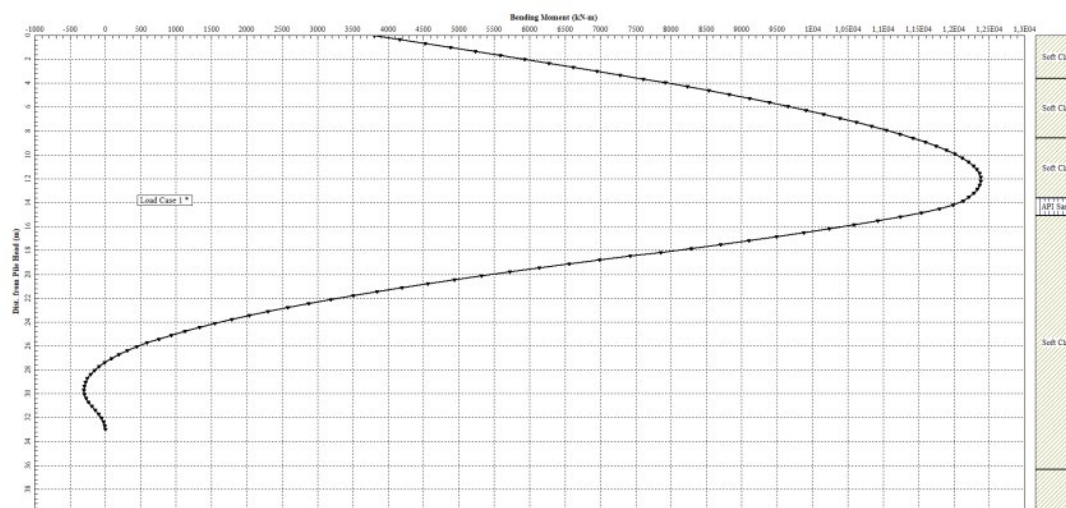


Figura 7-31: Diagramma Momento – Struttura Supporto Riser e J-tube

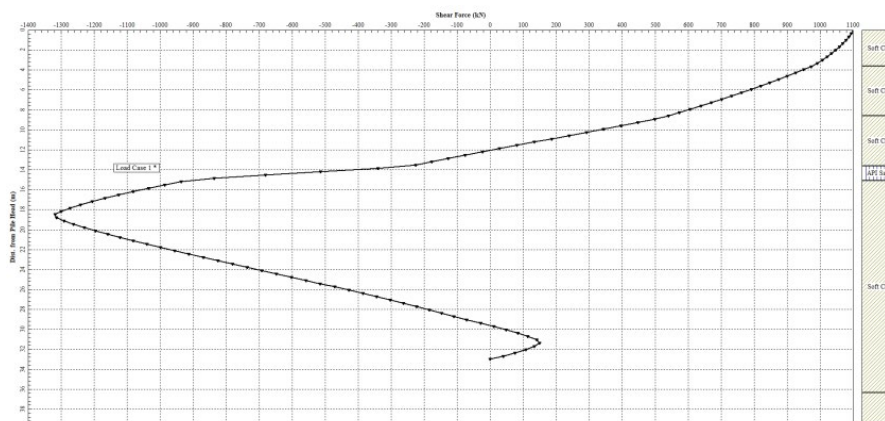


Figura 7-32: Diagramma Taglio – Struttura Supporto Riser e J-tube

Le verifiche strutturali della porzione di palo infisso nel terreno sono state effettuate in accordo alla normativa ISO19902 (Rif.[4]). I risultati delle analisi sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 7-54: Verifiche Sezione Palo Infissa – Struttura Supporto Riser e J-tube

Sec.	L.Sec.	Lpile		D	t	Corr.	D	t	D/t	D/t	Mat.	F _y	f _b	Z _e	Z _p	M _{Res}	M _{Sd}	U.C.	Sec.
	m	Z _{Top}	Z _{Bottom}	mm	mm	mm	mm	mm	-	check		Mpa	Mpa	cm ³	cm ³	kNm	kNm	M _{Sd} /M _{Res}	
1	33.10	0.00	33.10	1675	60	1	1673	59	28.4	Ok	S355	335	442	116.610	153.763	49.058	12.380	0.25	1

Per quanto riguarda la verifica a capacità portante del palo di fondazione, essa è coperta dall'analisi statica in servizio. I risultati della nuova campagna (condotta nel febbraio 2024) di indagini geotecniche hanno confermato la validità delle curve di capacità portante utilizzate nella verifica.

7.6.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni

La struttura di supporto delle clampe del riser e dei j-tube è stata verificata per un sisma calcolato con spettro di risposta avente $T_R = 475$ anni allo SLV secondo NTC2018 (Rif. [1]), legato ad una vita nominale $V_N = 25$ anni. Poiché la struttura oggetto di analisi è da considerarsi "Costruzione con livelli di prestazioni ordinari", di seguito si riportano le considerazioni effettuate affinché si possa ritenere che la struttura di supporto delle clampe del riser e dei j-tube soddisfi le verifiche in condizioni sismiche considerando una vita nominale V_N di 50 anni, ed il relativo spettro di risposta allo SLV ($T_R = 949$ anni) riportato in Figura 5-3.

Dall'analisi modale della struttura, i cui risultati sono riportati al Par. 7.6.2.2, si ottiene che il primo modo della struttura è pari a 1.55s.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 475$ anni, l'accelerazione vale:

$$S_{475}(T1) = 0.19g$$

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 949$ anni, si ottiene:

$$S_{949}(T1) = 0.24g$$

L'incremento delle azioni sismiche vale pertanto $S_{949}(T1) / S_{475}(T1) = 1.26$. Per le verifiche, gli Unity Check calcolati per lo spettro con $T_R = 475$ anni sono stati incrementati del 26%, così come le azioni sui pali.

Si ottiene:

- ✓ per la struttura metallica $UC_{949} = 0.78 < 1.0$
- ✓ per le verifiche geotecniche $UC_{949} = 0.88 < 1.0$

La struttura di sostegno del riser e dei j-tube è in grado di resistere all'azione sismica calcolata con uno spettro allo SLV con $T_R = 949$ anni, assumendo una vita nominale $V_N = 50$ anni in ottemperanza alle prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

7.7 ANALISI SISMICA SCALANDRONE SUD

La struttura di supporto dello Scalandrone Sud è una piattaforma prefabbricata costituita da un deck che poggia su quattro pali di diametro 1500 mm, cui è connesso tramite sleeve cementati. Le caratteristiche generali della struttura sono descritte al Par. 0.

L'analisi sismica dello Scalandrone Sud è stata svolta definendo un modello di calcolo tridimensionale in ambiente SACS (Figura 7-33), che ne riproduce tutti i suoi elementi strutturali principali. Le strutture secondarie e gli equipaggiamenti sono inserite nel modello come carichi.

I pali sono stati modellati all'interno del terreno (sotto al fondale a -18.0 m) usando il modulo SACSTM PSI (Pile – Structure – Interaction) in modo da tener conto della loro geometria e dell'interazione suolo-struttura, considerando il comportamento non-lineare del terreno sullo sviluppo trasversale e longitudinale del palo.

Il suolo, caratterizzato dalle proprietà riportate al Par. 0, è stato modellato con il modulo PSI tramite le curve T-z, che simulano il comportamento assiale lungo il palo, le curve Q-z che rappresentano la portata di punta del palo alla quota di infissione raggiunta, e le curve P-y che ne modellano il comportamento orizzontale.

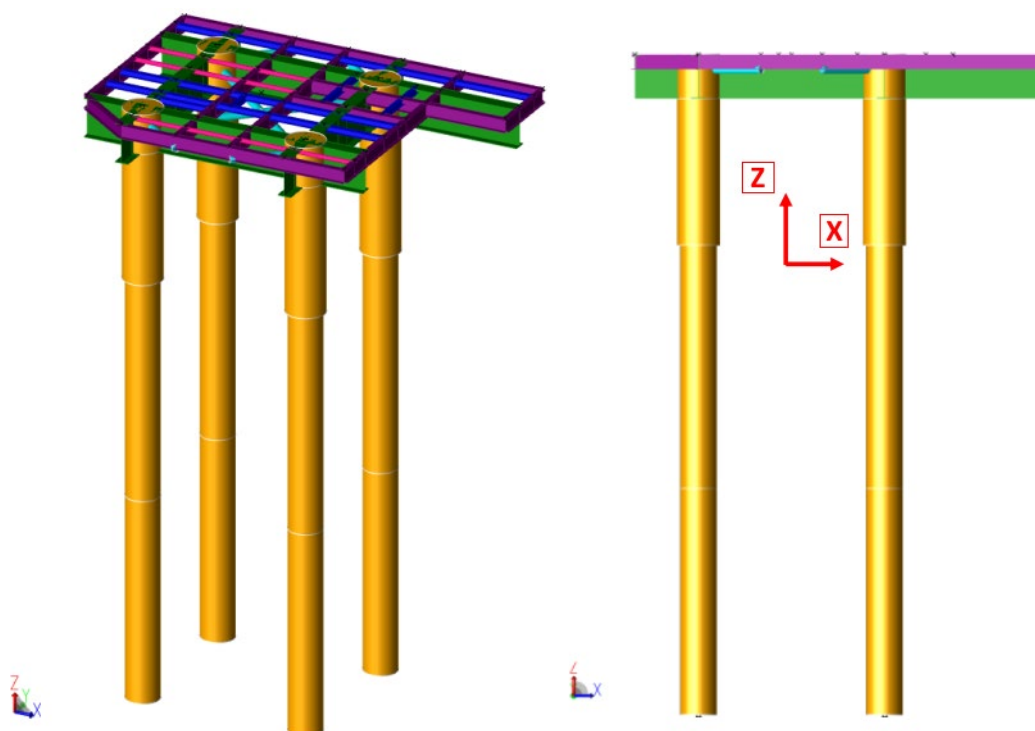


Figura 7-33: Modello SACS – Scalandrone Sud

L'analisi sismica viene eseguita tramite il metodo dello spettro di risposta utilizzato per valutare la risposta ai carichi sismici, secondo quanto prescritto dalla NTC2018 (Rif. [1]), attraverso i seguenti passaggi:

- ✓ Analisi statica della struttura per carichi verticali
- ✓ Analisi modale della struttura ed estrazione dei modi di vibrazione
- ✓ Analisi dinamica e calcolo della risposta mediante spettri di risposta e combinazione modale CQC
- ✓ Combinazione delle risposte sismiche direzionali SRSS e combinazione con risposta statica.

7.7.1 Carichi Sismici

Lo spettro di risposta in accelerazione (orizzontale e verticale) impiegato nell'analisi spettrale è quello definito in accordo alle NTC2018 (Rif. [1]), riportato nel Doc. n. 0001-CI-E-017000 "Basi di Progettazione Strutturale" e in Figura 5-1.

7.7.2 Analisi Sismica

L'analisi sismica con spettro di risposta richiede che l'intera struttura si comporti in modo lineare elastico; pertanto, il comportamento non lineare dei pali viene linearizzato con il taglio sismico e applicando alla base del modello una matrice di rigidezza equivalente.

Viene eseguita un'analisi modale per determinare i periodi naturali della piattaforma e le relative forme di vibrazione.

La risposta strutturale agli spettri di risposta lungo le direzioni principali viene calcolata attraverso un'analisi dinamica con sovrapposizione modale. L'effetto dei singoli modi viene combinato attraverso una combinazione quadratica completa (CQC) mentre l'effetto del sisma nelle tre direzioni x, y, z viene combinato attraverso la somma dei quadrati (SRSS) delle risposte direzionali. La risposta sismica globale agli spettri di risposta viene poi combinata con i carichi verticali agenti sulla struttura in condizioni sismiche.

7.7.2.1 Analisi Statica

Viene eseguita un'analisi statica della struttura, in modo da calcolare le sollecitazioni interne degli elementi dovute ai carichi gravitazionali e sommarle alle sollecitazioni inerziali dovute alla risposta sismica.

L'analisi statica viene eseguita utilizzando il modello dell'analisi in servizio ed i relativi carichi gravitazionali di seguito riassunti.

- ✓ Azioni Permanenti (G_1, G_2)
 - Peso proprio delle strutture
 - Carichi di galleggiamento
 - Peso accrescimento marino
 - Peso proprio di piping ed equipaggiamenti
- ✓ Azioni Variabili (Q_1, Q_2)
 - Zone di passaggio (4.0 kN/m^2) – Carichi variabili vengono considerati al 50%.

Peso Proprio strutturale – DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (deck e pali) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi, includendo un 10% di incremento per contingency, e tenendo conto delle forze di galleggiamento sugli elementi immersi e dell'accrescimento marino.

Peso strutture non modellate – PERZ

Tutte le strutture secondarie non modellate vengono assegnate come carico. Nello specifico la condizione di carico "PERZ" comprende il peso dei grigliati (40 kg/m^2).

Equipaggiamenti – EQUZ

I carichi degli equipaggiamenti (scalandrone, valvole, portali, cabinati, ecc.) sono stati assegnati secondo la loro reale distribuzione in pianta, comprensivi di contingency (5% / 10% a seconda del carico).

Carico variabile distribuito – LIVZ

È stato assegnato in tutte le zone libere un carico uniforme pari a 4.0 kN/m^2 , posizionato a seconda della destinazione dell'area (considerato al 50% per la condizione sismica).

Di seguito si riportano le risultanti delle condizioni di carico gravitazionali:

Tabella 7-55: Risultanti Condizioni di Carico Gravitazionali – Scaladrone Sud

***** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *****													
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN													
LOAD CASE	LOAD LABEL	***** X - DIRECTION *****				***** Y - DIRECTION *****				***** Z - DIRECTION *****			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	DEAZ	0.00				0.00				-3772.15	0.97	0.33	-0.07
17	PERZ	0.00				0.00				-65.00	1.83	0.81	8.62
18	LIVZ	0.00				0.00				-620.01	1.83	0.81	8.62
19	EQUZ	0.00				0.00				-410.00	2.77	1.81	8.76

I carichi gravitazionali agenti sulla struttura sono stati linearmente combinati secondo i coefficienti riportati in Tabella 7-56 in accordo con le NTC2018 (Rif. [1]).

Tabella 7-56: Combinazione Gravitazionale Statica – STAT – Scaladrone Sud

COMB.	Permanenti			Variabili
	DEAZ	PERZ	EQUZ	LIVZ
STAT	1.00	1.00	1.00	0.50

La risultante della combinazione gravitazionale “STAT” è pari a -4557.15 kN.

7.7.2.2 [Analisi Modale](#)

Viene condotta l’analisi modale della piattaforma al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinare la risposta della struttura alle forzanti sismiche tramite metodo con spettro di risposta.

I pali di fondazione, modellati mediante il modulo SACS PSI, per tener conto dell’interazione non-lineare terreno-fondazione, vengono linearizzati in modo da poter eseguire l’analisi modale (lineare). La linearizzazione viene effettuata attraverso il modulo SACS PSI, tenendo conto dei carichi verticali (definiti nella combinazione STAT) e delle forze orizzontali pari ai tagli sismici nelle due direzioni principali.

Dall’analisi modale vengono estratti i primi 20 modi di vibrare della struttura, tali da raggiungere la soglia dell’85% della massa partecipante (NTC2018, Par.7.3.3.1).

In Tabella 7-57 si riportano i primi tre modi principali della struttura con relativo periodo e frequenza.

Tabella 7-57: Modi di Vibrare Principali – Scaladrone Sud

Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]
1	0.67	1.50
2	0.70	1.44
3	0.73	1.38

Le corrispondenti forme modali sono riportate in Figura 7-34.

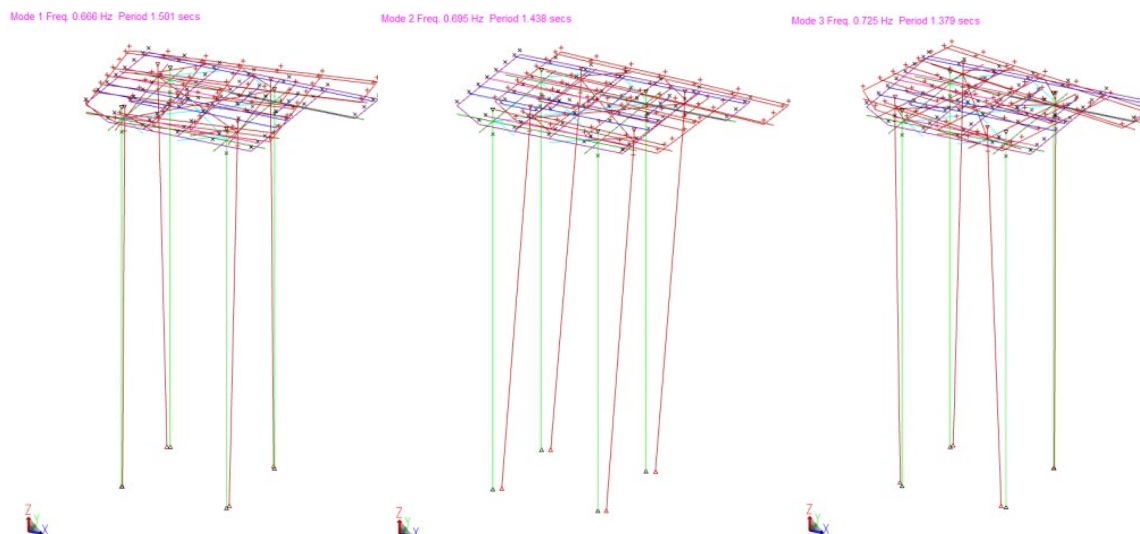


Figura 7-34: Modi Principali di Vibrazione – Scaladrone Sud

I fattori di partecipazione dei 20 modi considerati sono riportati nel seguito:

Tabella 7-58: Fattori di Partecipazione Modale – Scaladrone Sud

MODE	***** MASS PARTICIPATION FACTORS *****			***** CUMULATIVE FACTORS *****		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.1042858	0.3500636	0.0000003	0.104286	0.350064	0.000000
2	0.6161456	0.2358837	0.0000083	0.720431	0.585947	0.000009
3	0.1349819	0.2690979	0.0000000	0.855413	0.855045	0.000009
4	0.0000207	0.0000091	0.0000775	0.855434	0.855054	0.000086
5	0.0000260	0.0000008	0.0000542	0.855460	0.855055	0.000140
6	0.0000156	0.0000010	0.0000630	0.855476	0.855056	0.000203
7	0.0000046	0.0000003	0.0000014	0.855480	0.855056	0.000205
8	0.0000008	0.0000004	0.0000032	0.855481	0.855057	0.000208
9	0.0111313	0.1170077	0.0000066	0.866612	0.972065	0.000214
10	0.1259600	0.0157944	0.0003753	0.992572	0.987859	0.000590
11	0.0062946	0.0110839	0.0000046	0.998867	0.998943	0.000594
12	0.0005640	0.0001652	0.3576994	0.999431	0.999108	0.358294
13	0.0002092	0.0000000	0.6005684	0.999640	0.999108	0.958862
14	0.0001633	0.0007766	0.0215723	0.999803	0.999885	0.980435
15	0.0001954	0.0001137	0.0119815	0.999999	0.999998	0.992416
16	0.0000000	0.0000000	0.0001156	0.999999	0.999998	0.992532
17	0.0000002	0.0000004	0.0005818	0.999999	0.999999	0.993113
18	0.0000000	0.0000000	0.0000406	0.999999	0.999999	0.993154
19	0.0000000	0.0000000	0.0000463	0.999999	0.999999	0.993200
20	0.0000000	0.0000000	0.0000076	0.999999	0.999999	0.993208

In accordo alla normativa ISO 19901-2 (Rif. [4]) Par. 6.2.2, il numero di forme modali da considerare nell'analisi sismica deve essere tale da raggiungere il 90% della massa strutturale nelle direzioni orizzontali, valore superiore all'85% richiesto dalla NTC2018. Tuttavia, dai risultati riportati in Tabella 7-58 si evince che sono stati considerati un numero di modi tali da soddisfare anche i requisiti della ISO; pertanto, l'approccio utilizzato soddisfa i requisiti di entrambi gli standard.

7.7.2.3 Analisi Spettrale

Gli spettri di risposta lungo le direzioni principali X, Y e Z, definiti secondo quanto dichiarato al Par. 7.7.1, sono applicati separatamente alla struttura. La risposta strutturale a queste forzanti viene calcolata attraverso un'analisi spettrale eseguita tramite il modulo DYNAMIC RESPONSE del software SACS. Vengono calcolate le singole risposte modali, poi combinate applicando il metodo CQC (Complete Quadratic Combination). Le risposte

direzionali così calcolate vengono combinate insieme attraverso il metodo SRSS (Square Root of the Sum of the Squares):

$$RS_d = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

L'analisi è stata eseguita assumendo un fattore di smorzamento viscoso pari al 5%.

Si riportano nelle seguenti tabelle i risultati dell'analisi spettrale:

Tabella 7-59: Risultanti Spettri di Risposta Direzionali (CQC) – Scaladrone Sud

FORCES AND MOMENTS SUMMARY *** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***						
LOAD CASE	FORCE (X)	FORCE (Y)	FORCE (Z)	MOMENT (X)	MOMENT (Y)	MOMENT (Z)
1	-1570.211	-364.415	-4688.390	-9224.685	25514.754	182.272
2	-489.825	-1532.117	-4785.812	-35148.691	10856.696	-1195.372
3	-17.815	-14.693	-912.143	-918.419	1056.294	6.779

Tabella 7-60: Risultante Spettrale Globale (SRSS) – Scaladrone Sud

FORCES AND MOMENTS SUMMARY *** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***						
LOAD CASE	FORCE (X)	FORCE (Y)	FORCE (Z)	MOMENT (X)	MOMENT (Y)	MOMENT (Z)
1	-1644.984	-1575.102	-6762.868	-36659.473	28341.252	-898.036

L'analisi spettrale restituisce sollecitazioni interne senza segno. Pertanto, una volta calcolata la risposta sismica globale, essa viene combinata alla risposta statica generando due combinazioni di carico, dove la componente dinamica della forza assiale viene considerata una volta di trazione e una volta di compressione.

La risposta sismica e quella statica sono state linearmente combinate secondo i coefficienti riportati in Tabella 7-61 in accordo con NTC2018 (Rif. [1]).

Tabella 7-61: Combinazioni di Verifica SLV – Scaladrone Sud

	Combinazione	Analisi Statica STAT	Analisi Spettrale ⁽¹⁾ RS _d
Verifica elementi strutturali	1	1.00	1.00
	2	1.00	-1.00

7.7.3 Risultati Analisi

Si riportano nel seguito i risultati dell'analisi sismica in termini di:

- ✓ Verifiche strutturali degli elementi della piattaforma
- ✓ Verifiche strutturali e geotecniche dei pali di fondazione (sotto il fondo del mare).

Verifiche strutturali piattaforma

Le verifiche degli elementi strutturali della piattaforma sono state effettuate sulla base dei criteri definiti dalla normativa ISO 19902 (Rif. [4]) per elementi tubolari ed EN1993 (Rif. [5]) per sezioni I/H.

Le verifiche mostrano che la struttura della piattaforma è adeguata a sopportare i carichi sismici. I valori massimi degli Unity Check per ogni gruppo di elementi sono elencati nella seguente tabella:

Tabella 7-62: Massimi UC per Gruppi – SLV – Scaladrone Sud

* * * MEMBER GROUP SUMMARY * * *																	
ISO 19902:2007 / EC3:2005																	
(EN 1993-1-1:2005/NA NONE)																	
		MAX.		DIST	* APPLIED STRESSES *						*** ALLOWABLE STRESSES ***		CRIT	EFFECTIVE		CM	
GRUP	CRITICAL	LOAD	UNITY	FROM										LENGTHS	* VALUES *		
ID	MEMBER	COND	CHECK	END	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	AXIAL	EULER	BEND-Y	BEND-Z	COND	KLY	KLZ	Y	Z	
				M	N/MM2	N/MM2	N/MM2	N/MM2	N/MM2	N/MM2	N/MM2		M	M			
PG1	0072-0005	2	0.29	1.1	-1.2	-105.4	5.3	345.0	2787.7	386.5	536.0	BN+AX	6.70	3.35	0.88	0.71	
600	0049-0051	1	0.13	0.0	0.3	-27.6	29.0	345.0	2294.3	388.7	529.3	BN+AX	4.20	2.10	0.00	0.00	
260	0047-0051	1	0.11	0.0	9.4	-19.7	-10.1	345.0	1126.3	345.0	345.0	BN+AX	2.80	2.80	0.00	0.00	
180	0057-0058	2	0.21	0.0	-8.6	-31.3	4.2	88.7	109.0	289.7	1176.6	BN+COM	2.80	2.80	0.60	0.40	
BRA	0018-0005	2	0.09	5.2	-1.7	-34.8	1.1	292.4	267.3	437.3	437.3	ACBI	10.33	5.17	0.85	0.85	
COP	0074-0005	2	0.20	1.8	-8.8	46.4	50.1	283.9	409.4	408.6	408.6	ACBI	42.00	42.00	0.85	0.85	
PIL	0074-0097	2	0.20	6.0	-11.5	43.6	-47.5	283.9	341.3	414.6	414.6	ACBI	40.00	40.00	0.85	0.85	

I valori massimi di UC degli elementi della piattaforma sono mostrati nelle seguenti figure.

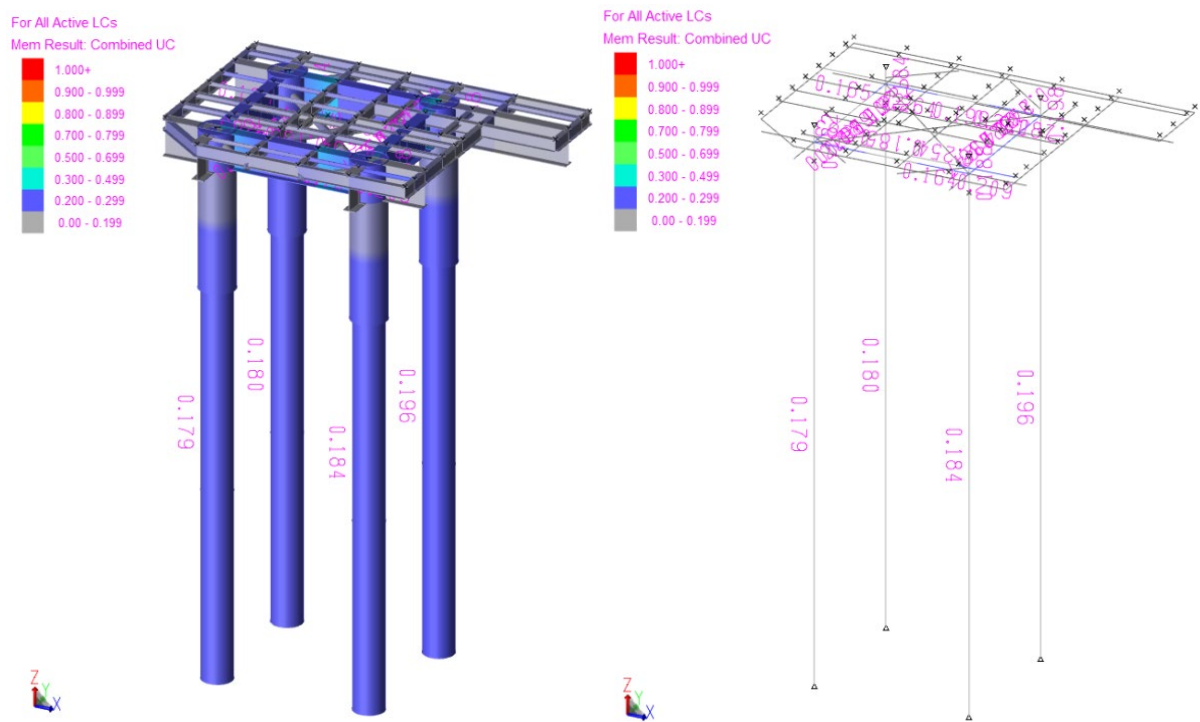


Figura 7-35: Massimi UC – SLV – Scaladrone Sud

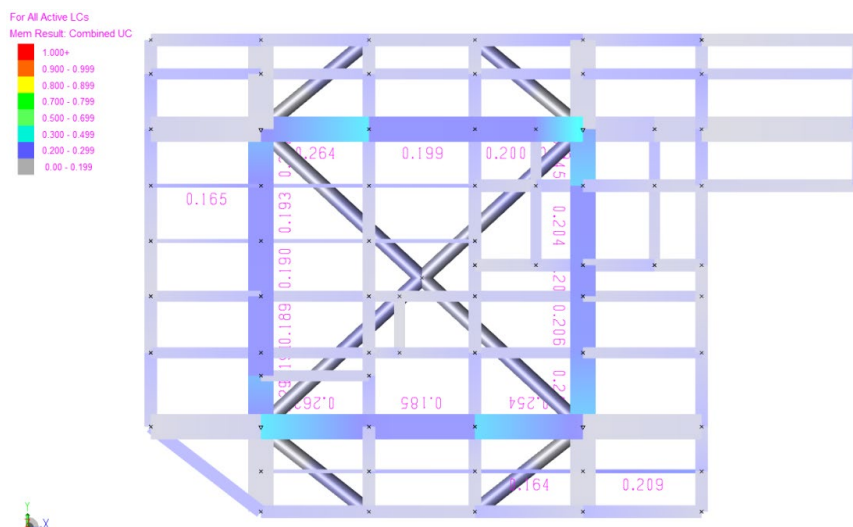


Figura 7-36: Massimi UC El. +9.0 m – SLV – Scaladrone Sud

Verifiche strutturali pali di fondazione

La verifica strutturale delle sezioni metalliche dei pali lungo la loro infissione è stata effettuata in accordo alla ISO 19902 (Rif. [4]). Il valore massimo di UC registrato è pari a 0.36, la verifica è soddisfatta.

Verifica capacità portante

In aggiunta alle verifiche strutturali, sono state eseguite le verifiche a capacità portante in accordo con NTC2018 (Rif. [1]).

Il peso proprio del palo di fondazione è pari a 556 kN.

I valori massimi di sforzo normale in testa palo estratti dall'analisi SACS sono 5.96 MN in compressione e 3.67 MN a trazione.

La capacità portante fattorizzata del palo per un'infissione pari a 46 m, calcolata in accordo con NTC2018 (Rif. [1]) e riportata in

Figura 7-37, vale 7.45 MN in compressione e 4.65 MN a trazione.

L'azione totale fattorizzata applicata risulta:

- | | | |
|----------------|---|-----------------------|
| ✓ Compressione | $3.14 \text{ MN} + 0.56 \text{ MN} = 3.70 \text{ MN} < 7.45 \text{ MN}$ | $(UC_c = 0.50 < 1.0)$ |
| ✓ Trazione | $1.47 \text{ MN} < 4.65 \text{ MN}$ | $(UC_t = 0.32 < 1.0)$ |

Pertanto, la verifica risulta soddisfatta.

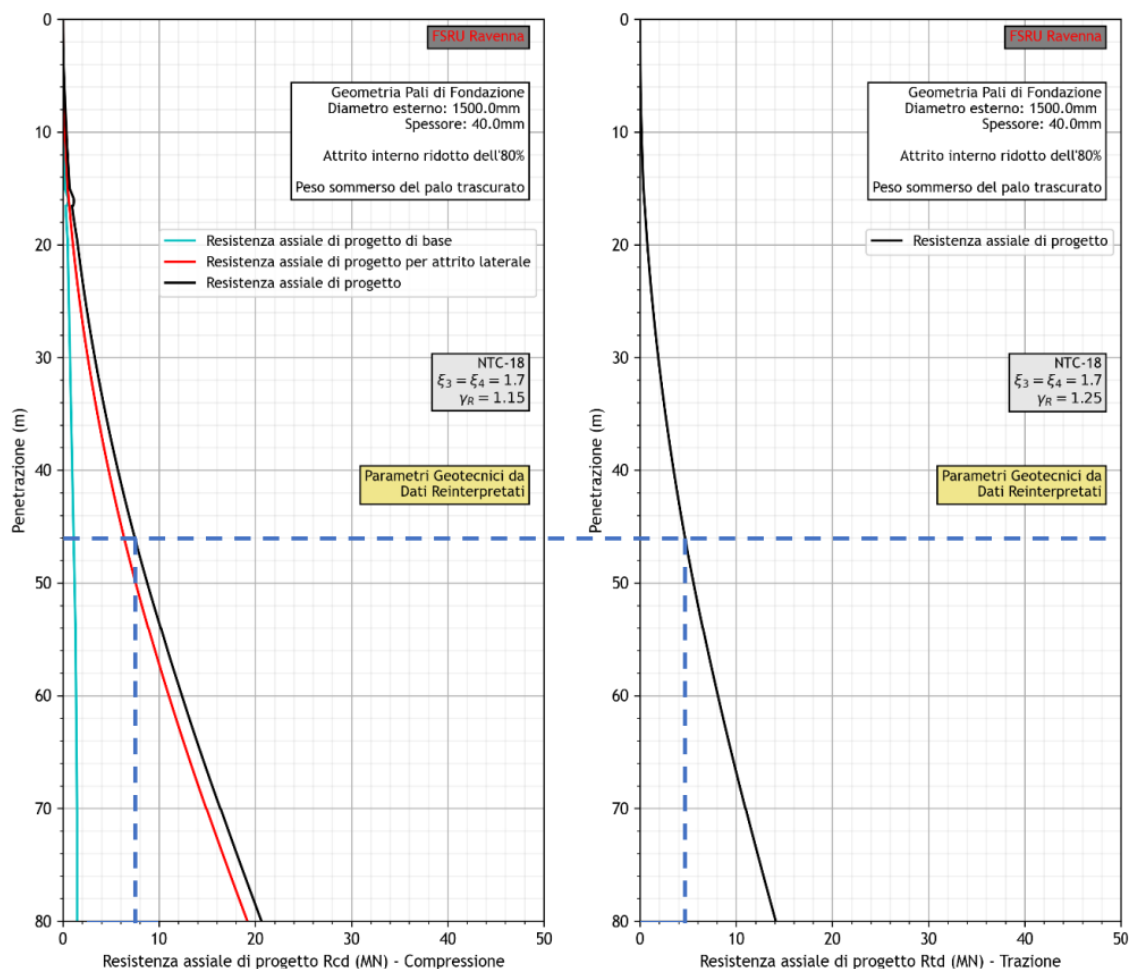


Figura 7-37: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Dati Reinterpretati – Scaldrone Sud

Le curve di capacità assiale utilizzate per la verifica sono quelle ottenute sulla base dei parametri geotecnici del 1984 reinterpretati.

Di seguito si riportano le curve di capacità assiale del palo ottenute sulla base dei risultati preliminari (principalmente i risultati delle prove CPT) della nuova campagna di indagini condotta nel febbraio 2024, da cui si evince che la capacità portante del palo risulta sostanzialmente invariata.

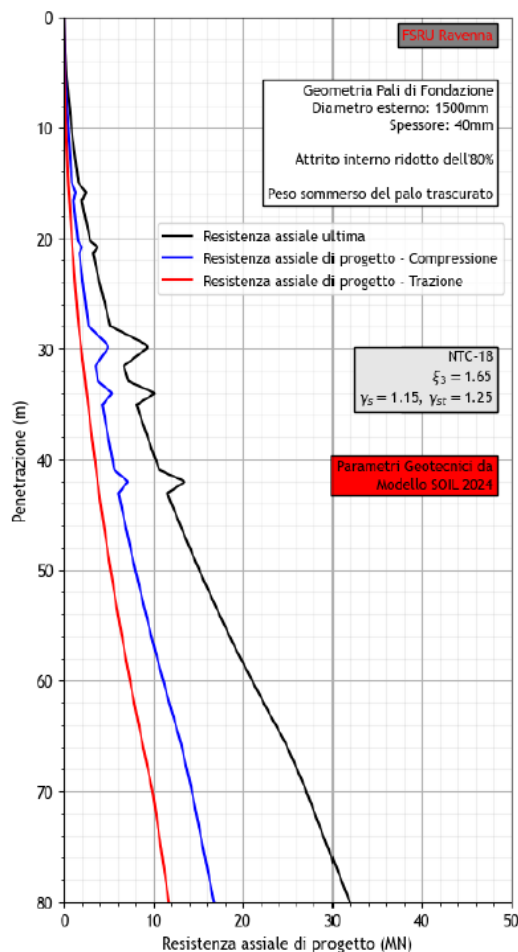


Figura 7-38: Curva di Capacità Portante del Palo NTC2018 – Parametri Geotecnici Aggiornati 2024 – Scaldrone Sud

7.7.4 Riverifica Tempo di Ritorno 949 Anni

La Piattaforma Scaldrone Sud è stata verificata per un sisma calcolato con spettro di risposta avente $T_R = 475$ anni allo SLV secondo NTC2018 (Rif. [1]), legato ad una vita nominale $V_N = 25$ anni. Poiché la struttura oggetto di analisi è da considerarsi "Costruzione con livelli di prestazioni ordinari", di seguito si riportano le considerazioni effettuate affinché si possa ritenere che la Piattaforma Scaldrone Sud soddisfi le verifiche in condizioni sismiche considerando una vita nominale V_N di 50 anni, ed il relativo spettro di risposta allo SLV ($T_R = 949$ anni) riportato in Figura 5-3.

Dall'analisi modale della struttura, i cui risultati sono riportati al Par. 7.7.2.2, si ottiene che il primo modo della struttura è pari a 1.50s.

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 475$ anni, l'accelerazione vale:

$$S_{475}(T_1) = 0.195g$$

Entrando nello spettro di risposta allo SLV con $T_R = 949$ anni, si ottiene:

$$S_{949}(T_1) = 0.250g$$

L'incremento delle azioni sismiche vale pertanto $S_{949}(T_1) / S_{475}(T_1) = 1.28$. Per le verifiche, gli Unity Check calcolati per lo spettro con $T_R = 475$ anni sono stati incrementati del 28%, così come le azioni sui pali.

Si ottiene:

- ✓ per la struttura metallica $UC_{949} = 0.46 < 1.0$
- ✓ per le verifiche geotecniche $UC_{949} = 0.64 < 1.0$

La piattaforma scalandrone è in grado di resistere all'azione sismica calcolata con uno spettro allo SLV con $T_R = 949$ anni, assumendo una vita nominale $V_N = 50$ anni in ottemperanza alle prescrizioni delle NTC2018 (Rif. [1]).

8 SOMMARIO E CONCLUSIONI

RINA ha svolto un esame approfondito della documentazione di progetto (disegni e relazioni di calcolo) fornita da ROSETTI MARINO (Rif. Par. 2.2) allo scopo di verificare che il progetto strutturale ai fini delle verifiche sismiche condotte relativamente alle seguenti strutture del terminale marittimo SNAM di Ravenna:

- Piattaforma di Scarico
- Passerelle e Pali di Sostegno
- Briccole di Accosto ed Ormeaggio
- Struttura di Supporto del Riser e J-Tube
- Scalandrone Sud

sia conforme agli applicabili requisiti delle normative di riferimento.

In parallelo all'esame documentale, RINA ha effettuato un controllo accurato dei modelli a elementi finiti forniti da ROSETTI MARINO. In particolare, utilizzando i file di input forniti da ROSETTI MARINO, sono state effettuate nuovamente le analisi con l'ausilio del software SACS con lo scopo principale di confermare la corrispondenza tra i risultati ottenuti con quelli illustrati nelle relazioni di calcolo corrispondenti.

RINA ha inoltre effettuato delle analisi sismiche indipendenti della piattaforma di scarico creando un proprio modello tramite il software SACS.

Sulla base dei controlli effettuati, non sono state riscontrate criticità. Le strutture del terminale marittimo risultano essere conformi, relativamente alle condizioni sismiche, agli standard progettuali e di certificazione di riferimento.

Appendice A: Comment Sheets

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017032	Document Rev. 1	Document Title Analisi dei Pali Di Fondazione delle Passerelle	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017032_CS RINA	Comment Sheet Rev. 2	Comment Sheet Date 08/05/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si segnala che la review del presente documento è stata effettuata nell'ottica di fornire un riscontro esclusivamente sull'analisi sismica. Pertanto, i commenti si riferiscono solo all'analisi sismica. L'analisi statica dei pali di fondazione delle passerelle verrà approfondita in un secondo momento. Comment Sheet Rev. 2 [08/05/2024] Esame analisi statica completato. Commento chiuso.	-	Closed
2.	Par. 4	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si dichiara che i pali hanno una lunghezza di infissione pari a 34.35m (quota fondale a -14.00m). In accordo al disegno "Composizione Pali - Passerelle 1" (do2c. no. 0001-CD-B-017082 Rev. C): - dodici (12) pali hanno lunghezza di infissione di 34.35m e quota fondale a -15.40m - quattro (4) pali hanno lunghezza di infissione di 33.35m e quota fondale a -15.40m - sei (6) pali hanno lunghezza di infissione di 31.75m e quota fondale a -18.00m Si prega di chiarire se le analisi sono state fatte considerando le diverse tipologie. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] I 6 pali da 1500 OD nella zona dragata sono i 6 pali di supporto delle passerelle di collegamento delle briccole e della tubazione antincendio. La passerella tipica tubo gas peso in servizio circa 60 ton mentre le passerelle briccole circa 35t (incluso live). La verifica sismica è stata limitata ai pali più caricati (da TG1 a TG5) che sono quelli in corrispondenza delle passerelle di supporto delle valvole a cui corrisponde il massimo carico verticale e la massima reazione orizzontale del punto fisso tubazioni.	Closed
3.	Par. 7.6	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per i pali si assume una corrosione di 2.0 mm dalla sommità a fondo mare e 1.0 mm per la zona interrata. In accordo al documento "Basi di Progettazione Strutturale" (doc. no. 0001-CI-E-017000 Rev. 0), la velocità di corrosione osservata sul PIR è pari a 0.11 mm/anno che, nei 25 anni di vita dell'opera, ammontano a 2.75 mm. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] L'analisi considera: 4 mm corrosione nella zona splash zone come da file input del modello Sacs di cui si riporta l'estratto qui sotto *** CORRZ -3.000 4.000 F 0.400 0.400 1 mm nella zona interrata come da foglio di verifica al capitolo 11.3	Closed
4.	Par. 10.1	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Le azioni sismiche nelle <u>due</u> direzioni sono state tra loro linearmente combinate in accordo alle seguenti formule: $Ex + 0.3Ey + 0.3Ez$ $0.3Ex + Ey + 0.3Ez$ Tuttavia, in accordo al par. 7.3.5 delle NTC2018, l'analisi sismica deve essere effettuata considerando le <u>tre</u> combinazioni ottenute permutando circolarmente i coefficienti moltiplicativi della seguente espressione: $1,00 Ex + 0.3Ey + 0.3Ez$	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Trattandosi di un palo è stata considerata la condizione che massimizza il taglio sui pali, tenuto conto che la reazione del punto fisso della tubazione e le reazioni nel riser sono concordi con l'azione sismica. La componente verticale è inclusa nel coefficiente 1.05 assunto per la somma dei carichi verticali VERT: Entrando nello spettro la componente verticale è pari a circa 0.01g. A favore di sicurezza è stato incrementato il coefficiente della combinazione dei carichi verticali.	Closed

		Inoltre, come si evince anche dalle combinazioni riportate al paragrafo 10.3.2, è stata trascurata l'azione sismica in direzione verticale. Si prega di chiarire e giustificare tale assunzione. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Le due combinazioni considerate: $SIS1 \rightarrow 1.0Ex + 0.3Ey + 1.0Ez$ $SIS2 \rightarrow 0.3Ex + 1.0Ey + 1.0Ez$ Risultano a favore di sicurezza. Commento chiuso.		
5.	Par. 10.2.2	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Il calcolo del peso di volume d'acqua spostata sommato al peso dell'acqua intrappolata effettuato riporta un risultato non corretto. Si prega di controllare ed aggiornare l'analisi, se necessario. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Recepito, analisi aggiornata	Closed
6.	Par. 11	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Le verifiche dei pali di fondazione sono state effettuate per il palo tipico con fondale a -15.4 m e lunghezza di penetrazione di 34.35 m. Si prega di fare riferimento al commento n.2 riportato nel presente Comment Sheet. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] I pali più sollecitati sono quelli in corrispondenza dalla zona valvole a cui corrisponde massimo peso verticale e massime reazioni orizzontali indotte dalle tubazioni, in questa zona la quota fondale è a -14m.	Closed
7.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per le analisi sismiche dei pali di fondazione delle passerelle, le NTC2018 sono state considerate come riferimento per la definizione sia degli spettri di risposta, da cui è stata ricavata l'accelerazione per l'analisi statica equivalente, sia delle combinazioni di carico implementate, mentre le verifiche strutturali sono state effettuate in accordo alla ISO 19902. Si prega di giustificare l'utilizzo di due normative differenti (una per la definizione dei carichi sismici e l'altra per le verifiche) e di dimostrare che tale scelta progettuale non sia a sfavore di sicurezza. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Tutto il progetto è impostato secondo le ISO 19902 (con post-processore Eurocodice 3 di SACS per verifiche di elementi non tubolari). Questa scelta è dovuta al fatto che le NTC 2018 sono essenzialmente normative "terrestri", non hanno riferimenti per verifica di elementi tubolari, punching shear, fatica, coefficienti di combinazione per le azioni inerenti verifiche di sollevamento, trasporto, installazione ecc. Essendo la struttura in Italia per avere uno spettro di sismico di progetto attendibile, e approvabile dai vari enti di controllo (Genio Civile) si è fatto riferimento alle NTC 2018, non essendo questi dati disponibili nelle ISO 19902. Si sono inoltre utilizzate le NTC 2018 per le verifiche a capacità portante dei pali, essendo queste significativamente più penalizzanti rispetto alle ISO 19902. Riteniamo la scelta progettuale assolutamente corretta.	Closed

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017033	Document Rev. 1	Document Title Passerelle di Sostegno Tubo Gas 26 in – Analisi Sismica	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017033_CS RINA	Comment Sheet Rev. 1	Comment Sheet Date 28/03/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Par. 7.0	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Le azioni sismiche nelle due direzioni sono state tra loro linearmente combinate in accordo alle seguenti formule: $E_x + 0.3E_y + 0.3E_z$ $0.3E_x + E_y + 0.3E_z$ Tuttavia, in accordo al par. 7.3.5 delle NTC2018, l'analisi sismica deve essere effettuata considerando le tre combinazioni ottenute permutando circolarmente i coefficienti moltiplicativi della seguente espressione: $1.00 E_x + 0.3E_y + 0.3E_z$ Inoltre, come si evince anche dalle combinazioni riportate al paragrafo 8.5.2, è stata trascurata l'azione sismica in direzione verticale. Si prega di chiarire e giustificare tale assunzione. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] I due set di combinazioni considerate: $\pm 1.0E_x \pm 0.3E_y + 1.0E_z$ $\pm 0.3E_x \pm 1.0E_y + 1.0E_z$ Risultano a favore di sicurezza. Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] La componente verticale corrisponde è inclusa nel coefficiente di combinazione dei carichi verticali pari a 1.015 (entrando nello spettro l'accelerazione verticale per T=1.7sec è pari a 0.01g). Recepito il commento riguardo la combinazione dei segni delle componenti orizzontali.	Closed
2.	Par. 8.3	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Lo spettro di risposta riportato in figura 5 non è coerente con quello riportato nel documento "Basi di Progettazione Strutturale" (0001-CI-E-017000 Rev. 0) in figura 3-3. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Commento recepito, lo spettro è stato allineato a quanto riportato nel documento 0001-CI-E-017000 Rev. 0	Closed
3.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per le analisi sismiche dei pali di fondazione delle passerelle, le NTC2018 sono state considerate come riferimento per la definizione sia degli spettri di risposta, da cui è stata ricavata l'accelerazione per l'analisi statica equivalente, sia delle combinazioni di carico implementate, mentre le verifiche strutturali sono state effettuate in accordo alla ISO 19902. Si prega di giustificare l'utilizzo di due normative differenti (una per la definizione dei carichi sismici e l'altra per le verifiche) e di dimostrare che tale scelta progettuale non sia a sfavore di sicurezza. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Tutto il progetto è impostato secondo le ISO 19902 (con post-processore Eurocodice 3 di SACS per verifiche di elementi non tubolari). Questa scelta è dovuta al fatto che le NTC 2018 sono essenzialmente normative "terrestri", non hanno riferimenti per verifica di elementi tubolari, punching shear, fatica, coefficienti di combinazione per le azioni inerenti verifiche di sollevamento, trasporto, installazione ecc. Essendo la struttura in Italia per avere uno spettro di sismico di progetto attendibile, e approvabile dai vari enti di controllo (Genio Civile) si è fatto riferimento alle NTC 2018, non essendo questi dati disponibili nelle ISO 19902. Si sono inoltre utilizzate le NTC 2018 per le verifiche a capacità portante dei pali, essendo queste significativamente più penalizzanti rispetto alle ISO 19902. Riteniamo la scelta progettuale assolutamente corretta.	Closed



Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017249	Document Rev. A	Document Title Verifiche Sismiche in Ottemperanza al DM 17/01/2018 – Relazione di Calcolo	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017249_CS RINA	Comment Sheet Rev. 2	Comment Sheet Date 08/05/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	7.5	Comment Sheet Rev. 0 [28/03/2024] Le proprietà dei pali della piattaforma di scarico al di sotto del fondale marino sono state modificate rispetto a quelle considerate nel doc. n. 0001-CI-E-017250 Rev. A "Piattaforma - Deck + Jacket + Pali - Analisi Sismica" e riportate nel disegno n. 0001-CD-B-017259 Rev. B "Pali Jacket - Composizione e Marcatura". Si prega di aggiornare e di fornirci il disegno di riferimento. Comment Sheet Rev. 1 [03/04/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [02/04/2024] Le proprietà dei pali sono in accordo al make-up dell'ultima revisione del disegno 0001-CD-B-017259 Rev. C. Il disegno viene allegato di seguito.  0001-CD-B-017259_ C - PALI JACKET - CO	Closed
2.	10.1.3	Comment Sheet Rev. 0 [28/03/2024] Si prega di fornire la relazione geotecnica in cui sono state calcolate le nuove curve di capacità portante dei pali della piattaforma di scarico riportate in figura 10-8. Comment Sheet Rev. 1 [03/04/2024] Il commento può considerarsi chiuso. Restiamo comunque in attesa di ricevere la revisione successiva del report geotecnico. Comment Sheet Rev. 2 [08/05/2024] Rapporto geotecnico aggiornato ricevuto. Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [02/04/2024] Le curve di capacità portante dei pali inserite nel report ci sono state anticipate dal nostro consulente geotecnico (SOIL) in accordo con gli ultimi risultati delle CPT eseguite in posto. Un addendum al report geotecnico è in corso di redazione, ci verrà fornito in settimana e sarà trasmesso immediatamente appena disponibile.	Closed
3.	11.5	Comment Sheet Rev. 0 [28/03/2024] Per quanto riguarda la verifica a capacità portante del palo della struttura di supporto Riser e J-tube per TR=475, l'UC di 0.70 è stato calcolato trascurando il peso proprio del palo, che in accordo al doc. n. 0001-CI-E-017450 Rev. A "Relazione di Calcolo della Struttura di Supporto del Riser e Jtube Analisi Statica in Servizio", risulta essere 677 kN. Considerando il peso proprio del palo, l'Unity Check per TR=949 anni risulta circa pari all'unità. Pertanto, riteniamo che la verifica sia comunque soddisfatta.	-	Closed



Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017250	Document Rev. A	Document Title Piattaforma – Deck + Jacket + Pali – Analisi Sismica – Relazione di Calcolo	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017250_CS RINA	Comment Sheet Rev. 1	Comment Sheet Date 28/03/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] In base alla ISO 19903-1 i fattori di resistenza parziale per elementi non tubolari devono essere tratti da una normativa nazionale applicabile alla materia delle costruzioni e devono essere modificati da un fattore di corrispondenza "kc" per tener conto di eventuali differenze di approccio tra il codice edilizio e gli standard interazionali serie ISO 19900. Si prega di fornire evidenza del "correspondence factor" utilizzato per gli elementi non tubolari della topside. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento Chiuso	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Non abbiamo una struttura che ha legami con il codice edilizio, le verifiche vengono eseguite utilizzando il post-processore SACS che, per gli elementi non tubolari, utilizza l'Eurocodice 3. I relativi coefficienti sono in accordo con questo codice di sicura valenza per la struttura in oggetto	Closed
2.	Par. 5	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si riporta: <i>"Dentro le gambe del jacket, sono inseriti i pali di fondazione, con una profondità di infissione di c.ca 71 m"</i>. I pali hanno una profondità di infissione di 75 m. Si prega di correggere. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento Chiuso	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, sarà corretto nella prossima emissione.	Closed
3.	Par. 6.2.3 & 6.2.4	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] I paragrafi 6.2.3 e 6.2.4 riportano le stesse informazioni. Si prega di correggere (commento minore). Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento implementato nel documento 0001-CI-E-017249 Rev. A. Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, par. 6.2.4 eliminato nella prossima emissione.	Closed
4.	Par. 7.4.1	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] L'elemento "wishbone" modellato tra la gamba e il palo non consente la trasmissione degli sforzi verticali, ma solo di quelli orizzontali. Si prega di correggere il refuso (commento minore). Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento implementato nel documento 0001-CI-E-017249 Rev. A. Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, sarà corretto nella prossima emissione.	Closed
5.	Par. 9.2.1	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si prega di inserire un breakdown dei pesi propri della struttura modellata, distinguendo tra jacket, deck e pali. Inoltre, si prega di inserire l'output di SACS della condizione di carico "DEAZ" che illustri il contributo dell'accrescimento marino e della buoyancy al peso totale calcolato dal software (commento minore).	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, sarà inserito nella prossima emissione.	Closed

		Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento implementato nel documento 0001-CI-E-017249 Rev. A. Commento chiuso.		
6.	Par. 9.2.1	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] La condizione di carico "PERZ" contiene solamente i pesi associati alle strutture non modellate sul deck. Si prega di chiarire in che modo è stato considerato il peso dei mudmats e degli anodi. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento implementato nel documento 0001-CI-E-017249 Rev. A. Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Il peso degli anodi è ampiamente coperto dalla contingency del 10% applicata al peso del Jacket. I mudmats sono stati modellati per tutte le analisi di pre-servizio, e non considerati nelle analisi in-place. La massa dei mudmats è pari a c.ca 110 tons; quindi, rispetto alla massa sismica totale valgono $\frac{110}{5500} = 2\%$, e tali masse sono posizionate al livello della mudline, non dando quindi alcun contributo al momento sismico alla base e all'azione assiale sui pali, ma solo un incremento del 2% sul taglio agente in testa ai pali; non influiscono sulle verifiche della sovrastruttura e non ne modificano il periodo. Il valore delle verifiche di carpenteria metallica dei pali è pari a $UC = 0.61$, che incrementato del 2% (a favore di sicurezza incrementando tutte le azioni in testa palo) vale $UC = 0.61 \cdot 1.02 = 0.62 < 1.0$. Le verifiche risulterebbero ampiamente soddisfatte. Le masse dei mudmats saranno aggiunte alla prossima revisione del documento.	Closed
7.	Par. 9.3.4	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si riporta che nell'analisi a fatica sono stati considerati live load al 25%, ma dal rapporto della fatica sembra siano stati considerati al 50%. Si prega di chiarire (commento minore). Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Si tratta di un refuso. Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, il refuso sarà corretto nella prossima emissione.	Closed
8.	Par. 9.1 & 9.3	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] In accordo al par. 6.2.2 della ISO 19901-2, il numero di forme modali da considerare nell'analisi sismica, deve essere tale da raggiungere il 90% della massa strutturale nelle direzioni orizzontali, non l'85% come richiesto dalle NTC2018. Tuttavia, dai risultati riportati in tabella 9-14 si evince che sono stati considerati un numero di modi tale da soddisfare i requisiti della ISO, pertanto il commento può essere considerato solo per informazione.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato.	Closed
9.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Le analisi sismiche della piattaforma sono state effettuate considerando gli spettri di risposta e le combinazioni di carico secondo le NTC2018. Per quanto riguarda lo spettro di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali, da un confronto con lo spettro calcolato secondo le prescrizioni della ISO 19901-2, si evince che lo spettro di progetto impiegato nelle analisi (calcolato in accordo alle NTC2018) risulta più conservativo. Tuttavia, per quanto riguarda lo spettro di risposta in accelerazione della componente verticale, per la zona sismica in oggetto le ISO 19901-2 raccomandano (par. 7.1) l'utilizzo di uno spettro verticale pari alla metà dello spettro di risposta orizzontale, requisito più stringente rispetto a quello prescritto dalle NTC2018. Ad ogni modo da nostre verifiche indipendenti, inputando gli spettri di risposta e le combinazioni di carico previste dalle ISO non abbiamo riscontrato criticità. Le verifiche, sia strutturali che geotecniche, risultano soddisfatte. In generale, dato che sono state utilizzate due normative differenti (una per la definizione dei	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato.	Closed



		carichi sismici e l'altra per le verifiche), si raccomanda di giustificare nei rapporti di analisi eventuali differenze tra le prescrizioni di una e dell'altra normativa, anche se dal punto di vista qualitativo sia ragionevole pensare che le verifiche siano ampiamente soddisfatte.	
--	--	---	--

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017321	Document Rev. 0	Document Title Briccole Accosto – Relazione di Progettazione Sismica Strutturale in Sito	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017321_CS RINA	Comment Sheet Rev. 1	Comment Sheet Date 28/03/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Par. 3.5	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per i pali delle briccole si assume una corrosione di 2.0 mm dalla sommità a fondo mare e 1.0 mm per la zona interrata. In accordo al documento "Basi di Progettazione Strutturale" (doc. no. 0001-CI-E-017000 Rev. 0), la velocità di corrosione osservata sul PIR è pari a 0.11 mm/anno che, nei 25 anni di vita dell'opera, ammontano a 2.75 mm. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Notato, operativamente nella zona con spessore minimo di 60 mm si ha U.C. = $0.10 < 1.00$ conseguentemente il risultato delle verifiche non è praticamente alterato per variazione di spessore resistente dell'ordine del millimetro.	Closed
2.	Par. 3.6	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per la briccola monopalo si considera un coefficiente di struttura $q = 1.50$. Tuttavia, per le strutture a mensola, in accordo al paragrafo 7.3.1 della NTC2018, e al paragrafo 3.3.2 del documento "Basi di Progettazione Strutturale" (doc. no. 0001-CI-E-017000 Rev. 0), il fattore di struttura risulta essere: $q = 2^{2/3} = 1.33$. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Non è stata utilizzata la penalizzazione 2/3 inerente le struttura non dissipativa per questa struttura monopalo, anche se poi come si vede dalla risposta al punto successivo, è stato utilizzato uno spettro leggermente più alto. Questa differenza di fattore utilizzato: $1.50/1.33 = 1.13$ (+13%) comunque, non inficia il risultato finale. Come si evince dalle conclusioni il massimo Unit Check risulta U.C. = $0.16 < 1.00$. la verifica sismica per le briccole è stata effettuata per assolvere alle richieste normative ma queste strutture sono dimensionate dai grandi carichi in esercizio dovuti a tiro ganci, risultano assolutamente sovradimensionate di quasi un fattore 10 per le azioni simiche.	Closed
3.	Par. 5.6	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Lo spettro di risposta riportato in figura 7 non è coerente con quello riportato nel documento "Basi di Progettazione Strutturale" (0001-CI-E-017000 Rev. 0) in figura 3-2. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] È stata una questione di tempistica documentale, questo report è stato impostato su una versione precedente di spettro riferito al comune di Ravenna, non alla posizione esatta offshore ed è più alto, la divergenza è comunque a favore di sicurezza. In fine è stata assunta una accelerazione spettrale pari a 0.30, maggiore di 0.27 ottenuta dallo spettro, con conseguente ulteriore margine.	Closed
4.	Par. 5.7	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si prega di chiarire se l'azione sismica è stata considerata in entrambe le direzioni orizzontali. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] L'elemento strutturale è tubolare e tutte le forze sono state dichiarate complanari, conseguentemente la direzione dell'azione sismica non è significativa.	Closed
5.	Par. 5.7	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Sembra che sia stata trascurata l'azione sismica in direzione verticale. Si prega di chiarire e giustificare tale assunzione.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Le azioni orizzontali portano a UC. Max = 0.16, l'azione verticale è assolutamente irrilevante, nell'ordine delle approssimazioni generali della modellazione.	Closed

		Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.		
6.	Par. 5.7	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si prega di chiarire in accordo a quale normativa sono state combinate le azioni. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Nella modellazione monodimensionale del palo si considerano due sole azioni: Verticale (pesi propri) e orizzontale, sono state semplicemente sommate.	Closed
7.	Par. 5.10	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Le verifiche a capacità portante della briccola monopalo vengono effettuate considerando i parametri geotecnici da rapporto geotecnico del 1984 (figura 13). Si prega di chiarire il motivo per cui non sono state utilizzate le curve di capacità portante (leggermente più conservative) calcolate facendo riferimento ai parametri geotecnici di dati reinterpretati, come è stato fatto per i pali delle altre strutture del terminale. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] I parametri geotecnici aggiornati non erano ancora disponibili all'atto della progettazione delle briccole, per questo, come riportato nel report in sono stati utilizzati i valori disponibili a quella data, il fattore di sicurezza dei carichi risulta comunque $F.S. = 3.5 \gg 1.0$, conseguentemente la soluzione non è sensibile alla lieve diminuzione di capacità portante delle nuove curve.	Closed
8.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per le analisi sismiche delle briccole, le NTC2018 sono state considerate come riferimento per la definizione degli spettri di risposta, da cui è stata ricavata l'accelerazione per l'analisi statica equivalente, mentre le verifiche strutturali sono state effettuate in accordo alla ISO 19902 (non è chiaro invece in accordo a quale normativa sono state combinate le azioni, vedi commento n.6). Si prega di giustificare l'utilizzo di due normative differenti (una per la definizione dei carichi sismici e l'altra per le verifiche) e di dimostrare che tale scelta progettuale non sia a sfavore di sicurezza. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Tutto il progetto è impostato secondo le ISO 19902 (con post-processor Eurocodice 3 di SACS per verifiche di elementi non tubolari). Questa scelta è dovuta al fatto che le NTC 2018 sono essenzialmente normative "terrestri", non hanno riferimenti per verifica di elementi tubolari, punching shear, fatica, coefficienti di combinazione per le azioni inerenti verifiche di sollevamento, trasporto, installazione ecc. Essendo la struttura in Italia per avere uno spettro di sismico di progetto attendibile, e approvabile dai vari enti di controllo (Genio Civile) si è fatto riferimento alle NTC 2018, non essendo questi dati disponibili nelle ISO 19902. Si sono inoltre utilizzate le NTC 2018 per le verifiche a capacità portante dei pali, essendo queste significativamente più penalizzanti rispetto alle ISO 19902. Riteniamo la scelta progettuale assolutamente corretta.	Closed

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017351	Document Rev. 0	Document Title Briccole Ormeaggio – Relazione di Progettazione Sismica Strutturale in Sito	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017351_CS RINA	Comment Sheet Rev. 1	Comment Sheet Date 28/03/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Vedere i commenti riportati nel Comment Sheet n. "0001-CI-E-017321_CS RINA_Rev.0". Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Tutti i commenti del documento n. 0001-CI-E-017321 relativo alle briccole di accosto sono stati chiusi con il Comment Sheet n. 0001-CI-E-017321_CS RINA_Rev.0. Analogamente, anche per il presente documento tutti i commenti sono chiusi.	-	Closed

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017380	Document Rev. B	Document Title Relazione di Calcolo delle Passerelle – Statica e Sismica	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017380_CS RINA	Comment Sheet Rev. 2	Comment Sheet Date 08/05/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si segnala che la review del presente documento è stata effettuata nell'ottica di fornire un riscontro esclusivamente sull'analisi sismica. Pertanto, i commenti si riferiscono solo all'analisi sismica. L'analisi statica dei pali di fondazione delle passerelle verrà approfondita in un secondo momento. Comment Sheet Rev. 2 [08/05/2024] Esame analisi statica completato. Commento chiuso.	-	Closed
2.	Par. 6.2.3 & 6.2.4	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] I paragrafi 6.2.3 e 6.2.4 riportano le stesse informazioni. Si prega di correggere (commento minore). Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Commento recepito	Closed
3.	Par. 9.5	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Lo spettro di risposta riportato in figura 6 non è coerente con quello riportato nel documento "Basi di Progettazione Strutturale" (0001-CI-E-017000 Rev. 0) in figura 3-3. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Commento recepito	Closed
4.	Par. 9.7.5	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] In accordo al par. 7.3.5 delle NTC2018, l'analisi sismica deve essere effettuata considerando le tre combinazioni ottenute permutando circolarmente i coefficienti moltiplicativi della seguente espressione: $1,00E_x + 0,3E_y + 0,3E_z$ Tuttavia, come si evince dalla tabella 9-13, sono state considerate le seguenti combinazioni: $1,00E_x + 0,3E_y$ $0,30E_x + 1,0E_y$ Pertanto, risulta che sia stata trascurata l'azione sismica in direzione verticale. Si prega di chiarire e giustificare tale assunzione. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] I due set di combinazioni considerate: $\pm 1,0E_x \pm 0,3E_y + 1,0E_z$ $\pm 0,3E_x \pm 1,0E_y + 1,0E_z$ Risultano a favore di sicurezza. Commento chiuso	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Aggiunte le combinazioni con differenti segni delle componenti orizzontali. La componente sismica verticale è stata definita in termini di fattore di combinazione della condizione VERT.	Closed

5.	Par. 9.7.5	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Nelle combinazioni di carico “SIS1” e “SIS2” riportate in tabella 9-12, sembra che non sia stato considerato il contributo dei live load in direzione Z (non incluso nella combinazione base “FORZ”). Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Commento recepito	Closed
6.	Generale	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Per le analisi sismiche dei pali di fondazione delle passerelle, le NTC2018 sono state considerate come riferimento per la definizione sia degli spettri di risposta, da cui è stata ricavata l'accelerazione per l'analisi statica equivalente, sia delle combinazioni di carico implementate, mentre le verifiche strutturali sono state effettuate in accordo alla ISO 19902. Si prega di giustificare l'utilizzo di due normative differenti (una per la definizione dei carichi sismici e l'altra per le verifiche) e di dimostrare che tale scelta progettuale non sia a sfavore di sicurezza. Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Commento chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [20/03/2024] Tutto il progetto è impostato secondo le ISO 19902 (con post-processore Eurocodice 3 di SACS per verifiche di elementi non tubolari). Questa scelta è dovuta al fatto che le NTC 2018 sono essenzialmente normative “terrestri”, non hanno riferimenti per verifica di elementi tubolari, punching shear, fatica, coefficienti di combinazione per le azioni inerenti verifiche di sollevamento, trasporto, installazione ecc. Essendo la struttura in Italia per avere uno spettro di sismico di progetto attendibile, e approvabile dai vari enti di controllo (Genio Civile) si è fatto riferimento alle NTC 2018, non essendo questi dati disponibili nelle ISO 19902. Si sono inoltre utilizzate le NTC 2018 per le verifiche a capacità portante dei pali, essendo queste significativamente più penalizzanti rispetto alle ISO 19902. Riteniamo la scelta progettuale assolutamente corretta.	Closed

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017419	Document Rev. B	Document Title Relazione di Calcolo della Struttura di Supporto del Riser e Jtube - Analisi Sismica	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017419_CS RINA	Comment Sheet Rev. 1	Comment Sheet Date 02/04/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Par. 8.2	Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Si prega di riportare per pronto riferimento gli spettri sismici impiegati nell'analisi della struttura. Da un controllo del relativo file di input SACS, è emerso che gli spettri utilizzati non sono coerenti con quelli riportati nel documento "Basi di Progettazione Strutturale" (doc. no. 0001-CI-E-017000 Rev. 0) per le strutture caratterizzate da $q=1.33$. Per quanto riguarda lo spettro delle componenti orizzontali, lo spettro assunto nelle analisi risulta più cautelativo. Tuttavia, per quanto riguarda lo spettro di risposta della componente verticale, esso risulta minore rispetto a quello riportato nel documento di riferimento sopracitato. Si prega di chiarire. Comment Sheet Rev. 1 [02/04/2024] Commento Chiuso. Lo spettro verticale riportato nel documento "Basi di Progettazione Strutturale" (doc. no. 0001-CI-E-017000 Rev. 0) è quello elastico. Rispetto allo spettro verticale di progetto, quello impiegato nelle analisi risulta a favore di sicurezza.	Response to Comment Sheet Rev.0 [29/03/2024] Per analogia sono state seguite le stesse assunzioni prese per la verifica della piattaforma di servizio con approccio più conservativo che massimizza le componenti orizzontali che sono quelle dimensionanti.	Closed
2.	Par. 9.2.4 & Tab. 9-2	Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] In accordo a quanto riportato al paragrafo 9.2.4, la condizione di carico "PALZ" dovrebbe essere definita come $84/2 + 90/2 = 87$ kN. Tuttavia, la risultante di tale carico riportata in tabella 9-2 risulta essere 42.5 kN. Si prega di chiarire. Inoltre, si prega di chiarire come è stata valutata la "reazione di appoggio passerella" pari a 90/2 kN. In quanto in accordo al report "Analisi dei pali di fondazione delle passerelle" (doc. no. 0001-CI-E-017032 Rev. 0) risulta essere 150/2 kN. Comment Sheet Rev. 1 [02/04/2024] Commento chiuso in quanto implementato nel doc. n. 0001-CI-E-017419 Rev. B.	Response to Comment Sheet Rev.0 [29/03/2024] Notato e corretto.	Closed
3.	Par. 9.3.2 & Tab. 9-5	Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] In accordo ai risultati riportati in tabella 9-5, si evince che i casi di carico convertiti in masse per l'analisi dinamica (per un totale di 516.25 kN) non corrispondono alla totalità dei carichi applicati (748.5 kN). Ciò è stato confermato anche controllando il relativo file di input SACS. Si prega di chiarire secondo quale logica è stata trascurata una parte dei carichi nell'analisi modale. Comment Sheet Rev. 1 [02/04/2024] Commento Chiuso.	Response to Comment Sheet Rev.0 [29/03/2024] Le masse sono state dedotte dalla combinazione VERT ricavata dalla combinazione dell'analisi statica STAT da cui sono state escluse le condizioni di carichi del peso proprio e le reazioni orizzontali trasmesse dal piping.	Closed

4.	Par. 9.1 & 9.3	Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] In accordo al par. 6.2.2 della ISO 19901-2, il numero di forme modali da considerare nell'analisi sismica, deve essere tale da raggiungere il 90% della massa strutturale nelle direzioni orizzontali, non l'85% come richiesto dal NTC. Tuttavia, dai risultati riportati in tabella 9-8 si evince che sono stati considerati un numero di modi tale da soddisfare i requisiti della ISO, pertanto il commento può essere considerato solo per informazione.	-	Closed
5.	General	Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Le analisi sismiche della struttura in oggetto sono state effettuate considerando gli spettri di risposta e le combinazioni di carico secondo le NTC2018. Per quanto riguarda lo spettro di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali, da un confronto con lo spettro calcolato secondo le prescrizioni della ISO 19901-2, si evince che lo spettro di progetto impiegato nelle analisi risulta più conservativo. Tuttavia, per quanto riguarda lo spettro di risposta della componente verticale, per la zona sismica in oggetto le ISO 19901-2 raccomandano l'utilizzo di uno spettro maggiore rispetto a quello impiegato nelle analisi. Ad ogni modo da nostre verifiche indipendenti, inputando gli spettri di risposta e le combinazioni di carico previste dalle ISO non abbiamo riscontrato criticità. Le verifiche, sia strutturali che geotecniche, risultano soddisfatte. In generale, dato che sono state utilizzate due normative differenti (una per la definizione dei carichi sismici e l'altra per le verifiche), si raccomanda di giustificare nei rapporti di analisi eventuali differenze tra le prescrizioni di una e dell'altra normativa, anche se dal punto di vista qualitativo sia ragionevole pensare che le verifiche siano ampiamente soddisfatte.	-	Closed

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review

TECHNICAL COMMENT SHEET

Client ROSETTI MARINO		Project FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	
Document No. 0001-CI-E-017529	Document Rev. B	Document Title Piattaforma Scalandrone Sud – Sismica – Relazione di Calcolo	
Comment Sheet No. 0001-CI-E-017529_CS RINA	Comment Sheet Rev. 2	Comment Sheet Date 03/04/2024	Document Status N - Noted

No.	Ref. Section	Comment	Response (if any)	Comment Status
1.	Par. 6.2.3 & 6.2.4	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] I paragrafi 6.2.3 e 6.2.4 riportano le stesse informazioni. Si prega di correggere (commento minore). Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Il commento minore può considerarsi chiuso dato che non è vincolante per la validazione del documento. Restiamo comunque in attesa di ricevere la revisione successiva del documento. Comment Sheet Rev. 2 [03/04/2024] Commento recepito nella revisione successiva del documento.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, il paragrafo 6.2.4 sarà rimosso nella prossima emissione.	Closed
2.	Par. 9.2.1	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Si prega di inserire un breakdown dei pesi propri della struttura modellata, distinguendo tra deck e pali. Inoltre, si prega di inserire l'output di SACS della condizione di carico "DEAZ" che illustri il contributo dell'accrescimento marino e della buoyancy al peso totale calcolato dal software (commento minore). Comment Sheet Rev. 1 [28/03/2024] Il commento minore può considerarsi chiuso dato che non è vincolante per la validazione del documento. Restiamo comunque in attesa di ricevere la revisione successiva del documento. Comment Sheet Rev. 2 [03/04/2024] Commento recepito nella revisione successiva del documento.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato, sarà inserito nella prossima emissione.	Closed
3.	Par. 9.1 & 9.3	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] In accordo al par. 6.2.2 della ISO 19901-2, il numero di forme modali da considerare nell'analisi sismica, deve essere tale da raggiungere il 90% della massa strutturale nelle direzioni orizzontali, non l'85% come richiesto dal NTC. Tuttavia, dai risultati riportati in tabella 9-12 si evince che sono stati considerati un numero di modi tale da soddisfare i requisiti della ISO, pertanto il commento può essere considerato solo per informazione.	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato.	Closed
4.	General	Comment Sheet Rev. 0 [15/03/2024] Le analisi sismiche dello scalandrone sono state effettuate considerando gli spettri di risposta e le combinazioni di carico secondo le NTC2018. Per quanto riguarda lo spettro di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali, da un confronto con lo spettro calcolato secondo le prescrizioni della ISO 19901-2, si evince che lo spettro di progetto impiegato nelle analisi	Response to Comment Sheet Rev. 0 [20/03/2024] Notato.	Closed

		(calcolato in accordo alle NTC2018) risulta più conservativo. Tuttavia, per quanto riguarda lo spettro di risposta in accelerazione della componente verticale, per la zona sismica in oggetto le ISO 19901-2 raccomandano (par. 7.1) l'utilizzo di uno spettro verticale pari alla metà dello spettro di risposta orizzontale, requisito più stringente rispetto a quello prescritto dalle NTC2018. Ad ogni modo da nostre verifiche indipendenti, inputando gli spettri di risposta e le combinazioni di carico previste dalle ISO non abbiamo riscontrato criticità. Le verifiche, sia strutturali che geotecniche, risultano soddisfatte. In generale, dato che sono state utilizzate due normative differenti (una per la definizione dei carichi sismici e l'altra per le verifiche), si raccomanda di giustificare nei rapporti di analisi eventuali differenze tra le prescrizioni di una e dell'altra normativa, anche se dal punto di vista qualitativo sia ragionevole pensare che le verifiche siano ampiamente soddisfatte.	
--	--	---	--

Document Status Legend

A	APPROVED	The document is approved
AC	APPROVED WITH COMMENTS	The document is approved provided that remarks are taken into account
R	REJECTED	Revise in accordance to comments and resubmit
H	ON HOLD	Answer to comments or revise and resubmit
N	NOTED	The document is reviewed to verify the design process as a support to the approval of other project documents
NC	NOTED WITH COMMENTS	The document is noted provided that remarks are taken into account
I	RETAINED FOR INFO	The document is retained for information only
S	SUPERSEDED	The document is superseded
N.A.	OUT OF SCOPE	The document is not subject to RINA review