

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI		Pag. 1 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

**EMERGENZA GAS
INCREMENTO CAPACITA' DI RIGASSIFICAZIONE
(DL 17.05.2022, N. 50)
FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI**

METANODOTTI E OPERE CONCENTRATE:

**MET. ALL. FSRU DI RAVENNA (TRATTO A TERRA) DN 650 (26"), DP 100 bar
IMPIANTO PDE FSRU RAVENNA E IMPIANTO DI REGOLAZIONE DP 100-75 bar
MET. COLL. PDE FSRU DI RAVENNA AL NODO DI RAVENNA DN 900 (36"), DP 75 bar
NUOVA AREA TRAPPOLA PRESSO IL NODO DI RAVENNA**

**RAPPORTO DI CALCOLO DELLE CORRENTI DEI SISTEMI DI PROTEZIONE
CATODICA**

0	Emissione per Costruzione	E.Barbaresi	T.Giambartolomei	M. Begini	03/05/2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Dati

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI		Pag. 2 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Descrizione del progetto	3
1.2	Scopo del Documento	3
1.3	Abbreviazioni	4
2	RIFERIMENTI	5
2.1	Codici e Standard di riferimento	5
3	DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA	7
3.1	Tabella generale	8
3.2	Protezione catodica di LINEA - Superfici totali da proteggere	10
3.3	Protezione catodica delle OPERE CONCENTRATE – Superfici totali da proteggere	10
4	METODOLOGIA DI CALCOLO	11
5	PROTEZIONE CATODICA DI LINEA - RISULTATI	12
6	PROTEZIONE CATODICA DELLE OPERE CONCENTRATE – RISULTATI	13
7	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA AD ANODI GALVANICI	14
8	ALLEGATI	18
9	LISTA DEI PUNTI DI MISURA	19

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 3 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

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 SpA ("Snam"), intende sottoporre l'istanza autorizzativa per l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) da ormeggiarsi in corrispondenza della piattaforma offshore esistente di Petra (Gruppo PIR) posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (cd Progetto FSRU Ravenna) e delle relative infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente.

Il progetto di Snam FSRU Italia ricomprende le opere necessarie alla connessione con la Rete Nazionale Gasdotti e che saranno realizzate dalla Società Snam Rete Gas. Tali opere sono premurose, ai fini della presente istanza, opere connesse e funzionali all'esercizio della FSRU. L' FSRU sarà in grado di stoccare fino a 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL), rigassificarlo e trasferirlo in una nuova condotta che lo convoglierà nel punto di connessione alla Rete Gasdotti posto a circa 42 km dal punto di ormeggio presso la piattaforma esistente offshore Petra.

1.2 Scopo del Documento

La presente Specifica descrive i sistemi di protezione catodica e definisce la corrente di protezione necessaria per proteggere dalla corrosione le superfici interrato delle nuove tubazioni in progetto, sulla base di quanto indicato dalla GASD C.04.02.10 e le normative nazionali ed internazionali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 4 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

1.3

Abbreviazioni

3LPE	Polietilene triplo strato
AG	Anodi Galvanici
DN	Diametro Nominale
FSRU	Floating Storage and Regassification Unit (Unità galleggiante di stoccaggio e rigassificazione)
G.I.	Giunto Isolante
ISO	International Standardization Organization
OC	Opera Concentrata (intesa come Area Complessa secondo UNI EN 14505)
PDE	Punto di Entrata
PC	Protezione catodica
PPC	Posto di Protezione Catodica (alimentatore e dispersore)
SPC	Sistema di Protezione catodica (da giunto aperto a giunto aperto)

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 5 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

2 RIFERIMENTI

I calcoli eseguiti in questa specifica fanno riferimento a tutti i codici e regolamenti locali, nazionali ed internazionali applicabili, alle specifiche di Snam Rete Gas (GASD) e devono essere l'ultima revisione o edizione al momento dell'esecuzione del Contratto, salvo diversa indicazione.

2.1 Codici e Standard di riferimento

- [1] UNI EN ISO 15589-1:2017 Industrie del petrolio, petrolchimiche e del gas naturale – Protezione catodica dei sistemi di condotte - Parte 1: condotte sulla terraferma.
- [2] UNI EN 12954:2019 Principi generali di protezione catodica di strutture interrate o immerse
- [3] UNI 11094:2019 Protezione catodica di strutture metalliche interrate – Criteri generali per l'attuazione, le verifiche ed i controlli ad integrazione della ISO 15589-1 per sistemi di protezione catodica a corrente impressa o anodi galvanici.
- [4] UNI EN 14505:2005 Protezione catodica di strutture complesse.

2.1.1 Specifiche di SOCIETÀ

- [5] GASD C.04.02.10 Rev. 4 Specifica progettazione della protezione catodica di linea e di punti ed impianti di linea, inclusi Allegati e tutte le specifiche GASD a cui questa fa riferimento.
- [6] Specifiche GASD B.02.08: Posti di misura elettrica (tutte le specifiche)

2.1.2 Documenti di Progetto

- [7] DIS-PL-11E-11100 Met. Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a terra) DN650 (26") DP 100 bar – Planimetria Catastale Meccanizzata.
- [8] DIS-PL-89E-13000 Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN900 (36") DP 75bar – Planimetria Catastale Meccanizzata ed Allegato alla Planimetria Catastale – Note di Protezione Catodica.
- [9] DIS-I-A-46007 Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN900 (36") DP 75bar – Planimetria di Protezione Catodica.
- [10] DIS-I-A-47007 PDE FSRU di Ravenna e Impianto di Regolazione DP 100 – 75 bar – Planimetria di Protezione Catodica.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 6 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

[11] ELN-HE-E-44025

PDE FSRU di Ravenna e Impianto di regolazione DP 100-75 bar – Elenco materiali impianto di terra.

[12] ELN-HE-E-44025

Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36") DP 75 bar - Elenco materiali impianto di terra.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 7 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

3

DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA

I metanodotti in progetto e le loro opere accessorie si inseriscono all'interno della rete di metanodotti Snam Rete Gas esistenti secondo la seguente configurazione:

- Il met. DN650 corre su una nuova pista priva di parallelismi e di incroci con altri metanodotti Snam Rete Gas fino all'impianto "PDE". Lungo il percorso incontra incroci con diverse reti di distribuzione e di trasporto "Terzi": ciascun incrocio è stato progettato in tubo di protezione.
- Il met. DN900 a partire dal giunto isolante n.3 corre su una nuova pista priva di parallelismo e di incroci con altri metanodotti Snam Rete Gas fino al punto V49 (per circa 1645 m).
- Dal V49 al P132 circa, il metanodotto in progetto viaggia parallelo a due metanodotti Snam Rete Gas esistenti (Radd. Coll. Pozzi AGIP Ravenna Mare-Ravenna Terra DN600 e Coll. Pozzi AGIP Ravenna Mare – Ravenna Terra DN300), mantenendo una distanza da essi di circa 15 m, per una lunghezza complessiva di 3644 m.
- Al P132 il metanodotto in progetto incrocia i due metanodotti esistenti ed un terzo metanodotto Snam Rete Gas in progetto da altra opera: Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN300, attualmente in fase di costruzione.
- Segue un tratto, dal P132 circa al V173, (1668 m) in cui non sono presenti incroci o stretti parallelismi con altri metanodotti Snam Rete Gas esistenti.
- A partire dal V173 ha inizio uno stretto parallelismo, prima con il con il metanodotto Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN300 (in progetto da altra opera), fino al V360 circa, e subito dopo con il met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN650, anch'esso in progetto da altra opera ed attualmente in fase terminale di costruzione. Questo parallelismo, che vede i due metanodotti ad una distanza di circa 20 m l'uno dall'altro, si protrae fino al Nodo di Ravenna (V752 circa).

I sistemi di PC dei nuovi metanodotti in progetto saranno gli stessi dei metanodotti Snam Rete Gas incrociati e paralleli ad essi, ed in particolare:

- dal G.I. n.1 al G.I. n.4 il metanodotto DN900 in progetto entrerà a far parte del sistema SPC LN01964 esistente di cui fanno parte i due metanodotti Radd. Coll. Pozzi AGIP Ravenna Mare-Ravenna Terra DN600 e Coll. Pozzi AGIP Ravenna Mare – Ravenna Terra DN300 e un tratto del Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN300 in costruzione.
- Dal G.I. n.4 fino al G.I. n.8 (Nodo di Ravenna) i sistemi di PC del met. DN900 in progetto saranno gli stessi previsti per i due metanodotti paralleli in costruzione: Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN300 e Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN650.

I metanodotti in progetto e le loro opere accessorie saranno dunque protetti catodicamente da:

- n.4 sistemi di PC di linea delimitati da giunti isolanti monoblocco aperti, composti da alimentatori e dispersori verticali profondi;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 8 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

- n.1 microtunnel con sistema di PC interno dedicato e facente parte del primo sistema di PC di linea, composto da dispersori orizzontali a filo applicati alle pareti del microtunnel intasato;
- n.2 sistemi di PC di aree complesse, uno per l'impianto "PDE FSRU Ravenna" ed uno come ampliamento dell'impianto esistente presso il Nodo di Ravenna, per la protezione catodica della nuova area trappola in progetto, composti da alimentatori e dispersori orizzontali superficiali;
- n.1 sistema ad anodi galvanici per la protezione del tratto di metanodotto interrato che va dall'uscita del microtunnel Offshore (protetto dal sistema di PC della condotta Offshore, fuori dallo scopo di questo documento) fino al primo giunto isolante che, per motivi di mancanza di spazi, non potrà essere installato a ridosso dell'uscita del microtunnel stesso ma sarà posizionato circa 30 m dopo;

3.1 Tabella generale

In Tabella 1 sono riassunti i sistemi di protezione catodica presenti, da giunto aperto a giunto aperto, e la lista di tutti gli elementi presenti e rientranti nel calcolo della corrente di protezione.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 9 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

Tabella 1

Componente	SPC1 (LN01964)	SPC2	SPC3	SPC4
Giunti isolanti	DN650 (26"): Da G.I.01 (V3+16 m) A G.I.02 (P58-12m) DN900 (36"): Da G.I.03 (V5+16.5 m) A G.I.04 (P148+25m)	Da G.I.04 (P148+25m) A G.I.05 (P399)	Da G.I.05 (P399) G.I.06 chiuso (V503+21.2m) A G.I.07 (V582+31.9m)	Da G.I.07 (V582+31.9m) A G.I.08 (V751+20m)
Lunghezza tratto	2355 m (26") 5973 m (36")	10194 m	7485 m	7128m
DN	650 (26") 900 (36")	900 (36")	900 (36")	900 (36")
PPC/Dispensori	<ul style="list-style-type: none"> • PPC01, Area approdo mare (dispensore + predisposizione per alimentatore); • PPC Microtunnel con sistema di PC interno dedicato, da V19+3.1m a P32+21m; • PPC02, lato monte PDE (con collegamento elettrico tra monte G.I.n.02 e valle G.I. n.03) • n.2 PPC da altro progetto 	<ul style="list-style-type: none"> • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.2 esistente, attr. ferroviario) • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.3 esistente) 	<ul style="list-style-type: none"> • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.3 esistente) • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.4 esistente, attr. ferroviario) • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.5 esistente) 	<ul style="list-style-type: none"> • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.5 esistente) • n.1 PPC da altro progetto (PIL n.6 esistente, attr. ferroviario) • n.1 PPC da altro progetto (Nodo di Ravenna)
Sonde con coupon	N.5 (26") +N.12 (36")	N.20	n.22	n.14
Tubazioni di servizio protette (tubi di protezione agli attraversamenti ferroviari)	-	N.1 DN1050, 48m, P256	N.1 DN1050, 54m, P548	N.1 DN1050, 48m; P660
ALTRI SISTEMI DI PROTEZIONE CATODICA				
OPERE CONCENTRATE	OC1 - PDE di Ravenna	-	-	OC2 - Nuova Area Trappola al Nodo di Ravenna
SISTEMA AD ANODI GALVANICI LOCALE	AG1 - A monte del G.I.01 DN650, da P2+27m a V3A+7.3m per una lunghezza di 30 m	-	-	-

Tabella 1

NOTA: in [AZZURRO](#) i PPC (alimentatori e dispersori verticali profondi) previsti in progetto da altra opera (Met. Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN300 e Met. Coll. Ravenna Mare-Ravenna Terra DN650p).

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 10 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

3.2 Protezione catodica di LINEA - Superfici totali da proteggere

Componente	SPC1	SPC2	SPC3	SPC4
Superficie Metanodotto [m²]	22044,4	29284,0	21502,0	20476,4
Superficie coupons [m²]	0,0255	0,03	0,033	0,021
Superficie tubi di protezione [m²]	0	160,9	181,0	160,9

Le sonde con coupon hanno le seguenti caratteristiche:

- n 1 coupon grande di superficie pari a 10 cm²
- n.1 coupon piccolo di superficie pari a 5 cm².

3.3 Protezione catodica delle OPERE CONCENTRATE – Superfici totali da proteggere

Componente	OC1 (PDE)	OC2 (NODO RAVENNA)
Superficie Tubazioni [m²]	DN900: 832,2 DN650: 707,1 DN500: 27,3 DN400: 86,4 DN300: 166,8 DN250: 133,6 DN100: 98,0 DN50: 3,0 Tot: 2055 + incremento 50% = TOTALE: 3082,0	DN900: 736,6 DN750: 95,8 DN600: 38,9 DN400: 102,1 DN300: 108,4 DN250: 14,9 DN100: 15,33 Tot: 1112,1 + incremento 50% = TOTALE: 1668,1
Superficie coupons [m²]	0,0195	0,0135
Superficie rete di terra [m²]	Piattina zincata: 114,0 Puntazze: 4,8 Tot: 118,7 + incremento 50% = TOTALE: 178,05	Piattina zincata: 49,6,0 Puntazze: 1,6 Tot: 51,2 + incremento 50% = TOTALE: 76,8

NOTA1: per le superfici delle tubazioni interrate e per le superfici della rete di terra è stato considerato un incremento del 50% dovuto alle superfici in più non calcolabili quali ad esempio, valvole interrate, apparecchiature, connessioni tra le piattine etc.

NOTA2: è previsto che le strutture in calcestruzzo armato siano isolate elettricamente dalla rete di terra.

NOTA3: per il Nodo di Ravenna il conteggio riguarda solo le nuove installazioni metalliche interrate, inclusi i tratti di metanodotti esistenti che entrano a far parte dell'OC a seguito dello spostamento dei giunti isolanti. L'esistente è escluso dal conteggio.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 11 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

4 METODOLOGIA DI CALCOLO

Per il calcolo della corrente necessaria per la protezione catodica dei metanodotti, facenti parte dei vari sistemi di protezione catodica dell'opera in progetto (secondo quanto indicato nella Norma UNI EN ISO 15589-1) è stata utilizzata la metodologia illustrata in seguito.

METANODOTTI

Per il calcolo della corrente di protezione relativa ai soli metanodotti (linee e tubazioni interrate in impianto), si fa riferimento alla seguente formula:

$$I_m = \pi D \times L \times k \times J_c$$

Di cui:

- D Diametro tubazione
- L Lunghezza tubazione
- k Fattore di contingenza pari a 1,25
- J_c Densità di corrente di protezione pari a 0,001 mA/m²

Il valore di densità di corrente di protezione indicato è stato ricavato dalla tabella 3 della Norma UNI EN ISO 15589-1 per condotte in acciaio rivestite in polietilene triplo strato (3LPE). Nel presente progetto non sono presenti altre tipologie di rivestimento.

Non sono previsti collegamenti resistivi con strutture "Terzi". Qualora fossero necessari a seguito degli interventi di collaudo dell'opera, sarà necessario incrementare la corrente di un valore da decidere in base alle circostanze.

ALTRE STRUTTURE METALLICHE INTERRATE

Per il calcolo della corrente di protezione relativa alle altre strutture connesse, si fa riferimento alla seguente formula:

$$I_s = S \times J_s$$

Di cui:

- S Superficie struttura collegata
- J_s Densità di corrente di protezione pari a:
 - 0,5 [A/m²] Coupon
 - 0,02 [A/m²] Messa a terra in acciaio zincato (solo per opere concentrate)
 - 0,01 [A/m²] Ferri armatura calcestruzzo (solo per opere concentrate dove ci sia collegamento con le tubazioni)
 - 0,0015 [A/m²] Tubazioni di servizio (tubi di protezione protetti catodicamente, ovvero agli attraversamenti ferroviari)

Si ricava quindi la corrente di protezione totale tramite la seguente formula:

$$I_{TOT} = I_m + I_{s1} + I_{s2} + \dots$$

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI		Pag. 12 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

5 PROTEZIONE CATODICA DI LINEA - RISULTATI

La seguente tabella riassume i valori delle correnti di protezione catodica di linea considerando la metodologia descritta al capitolo 4.

Elemento da proteggere	Metanodotto	Coupons	Tubi di protezione	I _{Tot} [A]
Densità di corrente	0,001 mA/m²	500 mA/m²	1,5 mA/m²	
Sistema	Corrente richiesta [A]			
SPC1	0,022	0,013	0,000	0,035
SPC2	0,029	0,015	0,241	0,286
SPC3	0,022	0,017	0,272	0,310
SPC4	0,020	0,011	0,241	0,272

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI		Pag. 13 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

6 PROTEZIONE CATODICA DELLE OPERE CONCENTRATE – RISULTATI

La seguente tabella riassume i valori delle correnti di protezione catodica delle opere concentrate considerando la metodologia descritta al capitolo 4.

Elemento da proteggere	Tubazioni	Coupons	Rete di terra	I _{Tot} [A]
Densità di corrente	0,001 mA/m²	500 mA/m²	20 mA/m²	
Sistema	Corrente richiesta [A]			
OC1 (PDE)	0,003	0,010	3,561	3,574
OC2 (NODO RAVENNA)	0,002	0,007	1,535	1,544

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 14 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

7

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA AD ANODI GALVANICI

In seguito vengono riportati i risultati del dimensionamento del sistema ad anodi galvanici previsto per il primo tratto di metanodotto DN650, dall'uscita del Microtunnel Offshore (protetto con gli anodi galvanici previsti dal sistema di PC Offshore, fuori dallo scopo di questo documento) fino al giunto isolante n.1 (V3A+7,3m), in accordo alla normativa UNI EN ISO 15589-1, sezione 10.

DN [mm]	OD [m]	L [m]	Rivestimento	Superficie [m ²]	Densità di corrente [A/m ²]	Corrente richiesta [A]
650	0,6604	30	3LPE	62,24	0,000001	0,000062

Sono stati previsti n.6 anodi di magnesio preimpaccati in miscela di bentonite-gesso-solfato di calcio adatta a terreni poco resistivi. Gli anodi andranno posati equidistanziati e su entrambi i lati della tubazione, per un totale di n.3 per lato.

DATI DEGLI ANODI:

Materiale:	lega di magnesio tipo M1 (potenziale standard)
Dimensioni:	secondo GASD A.07.02.07 (Lunghezza 1,5 m, peso anodico 9,5 kg)
Backfill:	miscela bentonitica con resistività inferiore o uguale a 3 Ω·m
Potenziale a circuito chiuso:	-1.52 V vs CSE (UNI EN ISO 15589-1)
Potenziale di protezione:	-0.85 V vs CSE
Capacità elettrochimica pratica:	1100 (A·h)/kg (UNI EN ISO 15589-1)
Rendimento:	50%
Vita di servizio:	20 anni

VERIFICA DELLA MASSA NECESSARIA

La massa minima richiesta è data dalla seguente formula:

$$M = \frac{I \cdot Y \cdot 8760}{u \cdot C} = \frac{0,000062 \cdot 20 \cdot 8760}{0,5 \cdot 1100} = 0.0198 \text{ kg} \rightarrow 1 \text{ anodo}$$

Dove:

I = corrente di PC richiesta [A]

Y = vita di servizio [anni]

u = rendimento dell'anodo

C = capacità elettrochimica dell'anodo [(A·h)/kg]

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 15 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

VERIFICA DELL'EROGAZIONE DI CORRENTE

La corrente erogata dagli anodi può essere calcolata con la seguente formula:

$$I_A = \frac{E_C - E_A}{R_{eq}} = \frac{-0,85 + 1,52}{0,000062} = 10764,6 \Omega$$

Dove:

E_C = potenziale di protezione (V vs CSE)

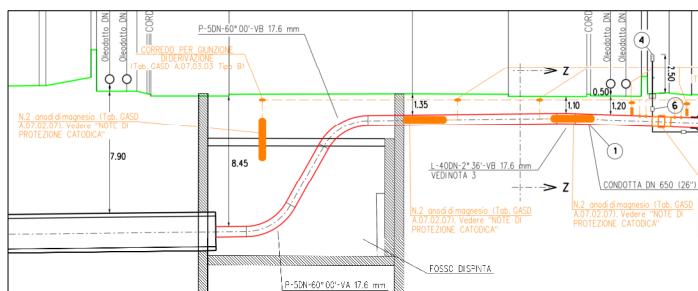
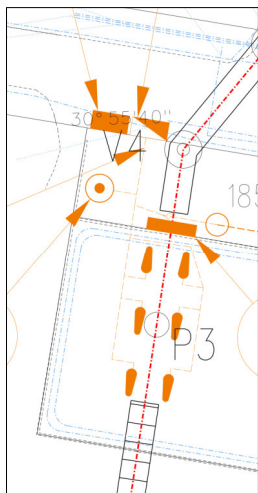
E_A = potenziale a circuito chiuso (V vs CSE)

I_a = corrente di PC richiesta [A]

R_{eq} = resistenza equivalente del circuito anodico (la resistenza dei cavi è stata considerata trascurabile data la lunghezza ridotta dei percorsi cavi, pertanto questa resistenza è identificabile con quella dei dispersori anodici) [$\Omega \cdot m$]

È prevista l'installazione di n.6 anodi di magnesio preimpaccati in miscela di bentonite-gesso-solfato di calcio adatta a terreni poco resistivi. Gli anodi andranno posati equidistanziati e su entrambi i lati della tubazione, per un totale di n.3 per lato (vedere Figura 1). Gli ultimi due anodi andranno posati all'interno del pozzetto di spinta del microtunnel. Al di fuori del pozzetto di spinta, la posa degli anodi dovrà essere orizzontale, con profondità pari a quella dell'asse della tubazione (1,5 m) e distanti perpendicolarmente ad esso di almeno 3 m. All'interno del pozzetto di spinta gli anodi andranno posati verticalmente, con la testa di ciascun anodo posizionata a -1.5 m di profondità, ad una distanza perpendicolare minima di 2 m dall'asse della tubazione. I cavi fuoriuscenti dalla testa di ciascun anodo andranno collegati in parallelo in modo da formare n.2 batterie da 3 anodi ciascuna, una su ciascun lato della tubazione, mediante muffole di giunzione.

La distanza tra il baricentro di un anodo e quello del successivo è di circa 10 m pertanto gli anodi possono essere considerati tutti collegati in parallelo.



	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 16 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

Figura 1

Caratteristiche geometriche degli anodi (GASD A.07.02.07):

Diametro dell'anodo (equivalente): 0.07 m
 Lunghezza dell'anodo: 1,5 m
 Profondità di posa anodo orizzontale: 1,2 m (circa)
 Profondità di posa testa anodo verticale: 1,5 m
 Resistività backfill (miscela bentonitica): 3 Ω·m
 Diametro scavo (backfill): 0.2 m
 Lunghezza scavo (backfill): 2 m
 Resistività del terreno circostante: 25 Ω·m (conservativo, da 0 a 30 m il valore medio misurato è 11 Ω·m).

Calcolo della resistenza dell'anodo galvanico posato orizzontalmente

N.4 anodi saranno posati orizzontalmente. Per essi si utilizza la seguente formula (UNI 10835):

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left\{ \ln \left[\frac{2L}{H \cdot D} \cdot \left(L + \sqrt{4H^2 + L^2} \right) \right] + \frac{2H - L - \sqrt{4H^2 + L^2}}{L} \right\}$$

Dove

ρ = resistività di interfaccia (anodo-backfill o backfill-terreno) [Ω·m]
 L = Lunghezza letto di posa (anodo o scavo backfill) [m]
 H = profondità di posa [m]
 D = diametro anodo o scavo backfill [m]

Con tale formula si ottiene:

R₁ (anodo in backfill) = 1,196 Ω·m
 R₂ (backfill nel suolo) = 6,082 Ω·m
 R_{Oriz} = R₁ + R₂ = 7,278 Ω·m

Calcolo della resistenza dell'anodo galvanico posato verticalmente:

N.2 anodi saranno posati verticalmente. Per essi si utilizza la seguente formula (UNI 10835):

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left(\ln \frac{8L}{D} - 1 \right)$$

Dove:

ρ = resistività di interfaccia (anodo-backfill o backfill-terreno) [Ω·m]
 L = Lunghezza letto di posa (anodo o scavo backfill) [m]
 D = diametro anodo o scavo backfill [m]

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 17 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

R_1 (anodo in backfill) = 1,323 $\Omega \cdot m$

R_2 (backfill nel suolo) = 6,728 $\Omega \cdot m$

$R_{Vert} = R_1 + R_2 = 8,051 \Omega \cdot M$

Infine si avrà:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{4}{R_{Oriz}} + \frac{2}{R_{Vert}} = \frac{4}{7,278} + \frac{2}{8,051}$$

$R_{eq} = 1,253 \Omega \cdot m$

Con questa resistenza, le due batterie di anodi saranno in grado di erogare 0,535 A, valore ben al di sopra della corrente richiesta.

VERIFICA DELLA SPAZIATURA DEGLI ANODI

Ipotizzando una resistività del terreno pari a 25 $\Omega \cdot m$, è possibile verificare la corretta spaziatura degli anodi con la seguente formula:

$$S = \frac{E_C - E_A}{i \cdot \rho} = \frac{-0,85 + 1,52}{25 \cdot 0,000001} = 26800 \text{ m}$$

Dove:

i = densità di corrente di protezione [A/m^2]

ρ = resistività del terreno [$\Omega \cdot m$]

Gli anodi saranno posizionati ad una distanza non superiore a 10 m l'uno dall'altro, pertanto la spaziatura è ampiamente verificata.

NOTA: è stato scelto di aumentare notevolmente il numero degli anodi per via della vicinanza del mare, poiché la lega di magnesio potrebbe nel tempo subire diminuzione dell'efficienza a causa della presenza dei cloruri nel suolo.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI		Pag. 18 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

8

ALLEGATI

- LN01964 Schema PE con modifiche di progetto.

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO:	FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 19 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705


9 LISTA DEI PUNTI DI MISURA

Le tabelle che seguono elencano i punti di misura relativi ai sistemi di PC della linea: SPC1, SPC2, SPC3 ed SCP4 e le caratteristiche principali di ciascun punto di misura in progetto.

Met. Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a terra) DN650

N.	KP	Tipo	Conteggio PM	SPC	Elettrodi con coupon	MT (80m)	MT (picchetti)	Armadio controllo	Armadio custodia	Cassette a piantana	Scaricatori giunto	Scaricatore morsettiera	PPU
1	V3+16m	PPC	1	SPC1	-				1				
2	V3+16m	SE1	2	AG1-SPC1	2						1		
3	V3+16m	MT1	1	SPC1	-		*					1	
4	V3+16m	PP1/P	1	SPC1	-								
5	P6+5.8m	PP1/P	1	SPC1	-					1			
6	P6+5.8m	PP1/P	1	SPC1	-								
7	P9+22.3m	PP1/P	1	SPC1	-					1			
8	P9+22.3m	PP1/P	1	SPC1	-								
9	P12+20.2m	PP1/P	1	SPC1	-					1			
10	P12+20.2m	PP1/P	1	SPC1	-								
11	P15+29.3m	PP1/P	1	SPC1	-					1			
12	P15+29.3m	PP1/P	1	SPC1	-								
13	P36-8m	PP1/P	1	SPC1	-					1			
14	P36+22m	PP1/P	1	SPC1	-					1			
15	V19	Armadio Microtunnel		SPC1				1					
16	P32+21.1m	PP1/E	1	SPC1						1			
17	P43	PP1/P-E	1	SPC1	1					1			
18	P57+29.6	MT1	1	SPC1	-	1				1		1	
19	P58-12m	SE1	2	SPC1-OC1	2						1		

IN MAGENTA INSTALLAZIONI DEL MICROTUNNEL (DOC. N. REL-LAVORI-E-47006)

 = PM composti nella stessa custodia

SOMME									
	Conteggio PM	Elettrodi con coupon	MT (80m)	MT (picchetti)	Armadio controllo	Armadio custodia	Cassette a piantana	Scaricatori giunto	Scaricatore morsettiera
PM SRG	20	5	1	PREVISTI	1	1	9	2	2
PM "Terzi"	0	0	0		0	0	0	0	0

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 20 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN900

N.	KP (indicativi)	Tipo	Conteggio PM	SPC	Elettrodi con coupon	MT (80m)	Armadio controllo	Armadio custodia	Cassette a piantana	Scaricatori giunto	Scaricatore morsettiera	PPU
1	V5+16,5 m	SE1	2	OC1-SPC1	2					1		
2	V5 +33,3 m	PP1/P	1	SPC1					1			
3	V5 + 69,3 m	PP1/P-E	1	SPC1	1				1			
4	V5+75,3 m	MT1	1	SPC1		1			1		1	
5	P13	PP1/P	1	SPC1					1			
6	P14	PP1/P	1	SPC1					1			
7	P25	PP1/P	1	SPC1					1			
8	P26	PP1/P	1	SPC1								
9	P28	PP1/P	1	SPC1					1			
10	P29	PP1/P	1	SPC1					1			
11	V40 + 0m	PP1/E	1	SPC1	1				1			
12	V49+ 0m	PP1/E	1	SPC1	1				1			
13	P57	PP1/P	1	SPC1					1			
14	P58	PP1/P-E	1	SPC1	1				1			
15	P98	PP1/P	1	SPC1					1			
16	P99	PP1/P-E	1	SPC1	1				1			
17	P132	CE2	1	SPC1	1		1					
18	P132	PP1/P	1	SPC1								
19	P134	PP1/P-E	1	SPC1	1				1			
20	P147 - 6,7 m	Incrocio con InRete	*	SPC1	1				1			
21	P148+15.5m	MT1	1	SPC1		1			1		1	
22	P148+25m	SE1	2	SPC1-SPC2	2		1			1		
23	P164	PP1/E	1	SPC2	1				1			
24	P168	MT1	1	SPC2		1			1		1	
25	P197	PP1/P-E	1	SPC2	1				1			
26	P198	PP1/P	1	SPC2					1			
27	P205	PP1/P-E	1	SPC2	1				1			
28	P208	PP1/P	1	SPC2					1			
29	P224-8.2m	CE2	1	SPC2	1		1					
30	PIL 1	PP2	1	SPC2	1							
31	P233	PP1/E	1	SPC2	1				1			
32	P240+25.6m	PP1/E	1	SPC2	1				1			
33	V255 + 16,8 m	CE3	1	SPC2					1			
34	P256+21.8m	CE3	1	SPC2	2		1					
35	PIL 2	PP2	1	SPC2	1							
36	PIL 2	CE3	1	SPC2				1				
37	PIL 2	PP1/P	1	SPC2								
38	PIL 2	CE1	1	SPC2								
39	P264+18.4m	PP1/P	1	SPC2					1			
40	P266	PP1/P	1	SPC2					1			
41	P267-15.8m	PP1/P	1	SPC2					1			
42	P284-12.7m	CE2	1	SPC2	1			1				
43	P325	PP1/P	1	SPC2					1			
44	P326	PP1/P	1	SPC2					1			
45	P339+29m	PP1/P-E	1	SPC2	1				1			
46	P341+12.7m	PP1/P	1	SPC2					1			

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 21 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

N.	KP (indicativi)	Tipo	Conteggio PM	SPC	Elettrodi con coupon	MT (80m)	Armadio controllo	Armadio custodia	Cassette a piantana	Scaricatori giunto	Scaricatore morsettiera	PPU
47	P345+12.1m	PP1/P	1	SPC2					1			
48	P348	PP1/P	1	SPC2					1			
49	P359+9m	CE1	1	SPC2					1			
50	P362+7.2m	PP1/P	1	SPC2					1			
51	P363+17.5m	PP1/P	1	SPC2					1			
52	P372-7m	PP1/P-E	1	SPC2	1				1			
53	P377+9.7m	CE2	1	SPC2	1		1					
54	P380	PP1/E	1	SPC2	1							
55	P392	PP1/E	1	SPC2	1				1			
56	P395	PP1/P	1	SPC2					1			
57	P396	PP1/P	1	SPC2					1			
58	P398+21.2m	MT1	1	SPC2		1			1		1	
59	P398+23.9m	CE2	1	SPC2	1		1					
60	P399	SE1	2	SPC2-SPC3	2					1		
61	P399+5m	MT1	1	SPC3		1			1		1	
62	P402+87m	CE1	1	SPC3					1			
63	P406+26.7m	PP1/P-E	1	SPC3	1				1			
64	P408-9.3m	PP1/P	1	SPC3					1			
65	P417-5.7m	PP1/P-E	1	SPC3	1				1			
66	P436	PP1/E	1	SPC3	1				1			
67	P447+32.2m	PP1/E	1	SPC3	1				1			
68	P449	Incrocio con InRete	*	SPC3	1				1			
69	P468+29.3m	PP1/P	1	SPC3					1			
70	P471	PP1/P	1	SPC3					1			
71	V477	PP1/P	1	SPC3					1			
72	P478	PP1/P	1	SPC3					1			
73	P480	PP1/P-E	1	SPC3	1				1			
74	P480	MT1	1	SPC3		1			1		1	
75	P494	PP1/E	1	SPC3	1				1			
76	V503 + 21.2m	SE3/C	2	SPC3	2		1			1		
77	V503 + 21.2m	PP1/P	1	SPC3								
78	P505+12.3m	PP1/P	1	SPC3					1			
79	P505+17.3m	MT1	1	SPC3		1			1		1	
80	P520+19m	CE1	1	SPC3					1			
81	P526+24m	MT1	1	SPC3		1			1		1	
82	P526+30m	PP1/P-E	1	SPC3	1				1			
83	P528+9m	PP1/P	1	SPC3					1			
84	PIL3	PP2	1	SPC3	1			1				
85	PIL3	CE3	1	SPC3								
86	P544-14.2m	PP1/P	1	SPC3					1			
87	P545+10.9m	PP1/P	1	SPC3					1			
88	P547-11.8m	CE3	1	SPC3	2		1					
89	P550	CE3	1	SPC3	1				1			
90	P557-11.7m	PP1/P	1	SPC3					1			
91	P558+10.7m	PP1/P	1	SPC3					1			
92	V567 + 22m	PP1/P-E	1	SPC3	1				1			

File: REL---E-47005_R0

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL---E-47005	
	PROGETTO: FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Pag. 22 di 22	Rev. 0

Rif. TFM: 011-PJM22-001-00-RE-E-4705

N.	KP (indicativi)	Tipo	Conteggio PM	SPC	Elettrodi con coupon	MT (80m)	Armadio controllo	Armadio custodia	Cassette a piantana	Scaricatori giunto	Scaricatore morsettiera	PPU
93	P570	PP1/P	1	SPC3					1			
94	P580-14.3m	CE1	1	SPC3					1			
95	V582 +28,2	MT2	1	SPC3		1	1					1
96	V582 +32	SE1	2	SPC3-SPC4	2		1			1		
97	PIL 4	PP2	1	SPC4	1							
98	P583+10m	MT1	1	SPC4		1			1		1	
99	P584+27.2m	CE1	1	SPC4					1			
100	P595	PP1/E	1	SPC4	1				1			
101	V604	PP1/E	1	SPC4	1				1			
102	P606-9.4m	PP1/P	1	SPC4					1			
103	P629+13.6m	PP1/P-E	1	SPC4	1				1			
104	P631+14m	PP1/P	1	SPC4					1			
105	P647+25.2m	PP1/P	1	SPC4					1			
106	P649+12.2m	PP1/P	1	SPC4					1			
107	P654	PP1/P	1	SPC4					1			
108	P655+18m	PP1/P	1	SPC4				1				
109	PIL 5	PP2	1	SPC4	1							
110	PIL5	CE3	1	SPC4								
111	PIL5	Incrocio con InRete	*	SPC4	1				1			
112	V659 +6,7m	CE3	1	SPC4	2		1					
113	P661+15.1m	CE3	1	SPC4	1				1			
114	P666+6.4m	PP1/P	1	SPC4					1			
115	P666+10.8m	MT1	1	SPC4		1			1		1	
116	PIL 6	PP2	1	SPC4	1		1					
117	P708	PP1/P-E	1	SPC4	1				1			
118	P709+14.8m	PP1/P	1	SPC4					1			
119	P714+25.5m	PP1/P	1	SPC4					1			
120	P716+12.4m	PP1/P	1	SPC4					1			
121	P726+29.5m	CE1	1	SPC4					1			
122	P750	MT1	1	SPC4		1			1		1	
123	P750+9m	PP1/P	1	SPC4					1			
124	V751+15.7m	CE1	1	SPC4								
125	V751+20m	SE1	2	SPC4-OC2	2					1		

 = Conteggiati insieme al materiale del Nodo, documento n. ELN-HE-E-47001 REVISIONE 1

 = PM composti nella stessa custodia

	SOMME								
	Conteggio PM	Elettrodi con coupon	MT (80m)	Armadio controllo	Armadio custodia	Cassette a piantana	Scaricatori giunto	Scaricatore morsettiera	PPU
PM SRG	128	59	12	12	4	90	6	11	1
PM "InRete"	3	3	0	0	0	3	0	0	