

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 1 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

EMERGENZA GAS

Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50)

FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Studio Modellistico Ricadute in Atmosfera (Fase di Esercizio)

1	Revisionato per approfondimenti ISS	R. Roberto	L. Volpi	M. Compagnino	Settembre 2022
0	EMISSIONE PER PERMESSI	R. Roberto	L. Volpi	M. Compagnino	06/07/2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

INDICE

LISTA DELLE TABELLE.....	4
LISTA DELLE FIGURE.....	5
1 INTRODUZIONE	7
2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	10
2.1 FSRU.....	10
2.2 OPERE CONNESSE.....	10
2.2.1 Condotta a Mare	10
2.2.2 Condotta a Terra.....	12
2.2.3 Impianti e punti di linea	13
2.3 EMISSIONI IN ATMOSFERA	14
2.3.1 Emissioni in Condizioni di Normale Esercizio.....	15
2.3.2 Emissioni da Traffico Indotto	15
3 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	18
4 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	21
4.1 QUADRO SINTETICO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	21
4.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO CALPUFF.....	24
4.3 IPOTESI MODELLISTICHE	29
4.3.1 Scenario massimo	34
4.3.2 Scenario medio annuo.....	35
4.3.3 Identificazione dei ricettori discreti.....	37
5 DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI	40
5.1 OSSIDI DI AZOTO (NO _x).....	40
5.1.1 Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)	40
5.1.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)	45
5.2 POLVERI (PM ₁₀).....	48
5.2.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo)	48
5.2.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)	52
5.3 POLVERI (PM _{2,5}).....	54

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

5.3.1	<i>Limite Giornaliero (Scenario Massimo)</i>	54
5.3.2	<i>Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)</i>	57
5.4	BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂)	60
5.4.1	<i>Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)</i>	60
5.4.2	<i>Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)</i>	65
5.5	ULTERIORI SIMULAZIONI PER NMVOC, METALLI, IPA E PCDD/F A SEGUITO DI RICHIESTA INTEGRAZIONI 66	
5.5.1	<i>Stima delle concentrazioni medie annue in atmosfera per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F</i> .	68
5.5.2	<i>Stima delle deposizioni al suolo per alcuni metalli rappresentativi, PCDD/F e Benzo(a)pirene</i> 70	
6	CONCLUSIONI	78

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 2.1: Dimensioni FSRU	10
Tabella 2.2: Caratteristiche e Dati Emissivi del Motore di bordo	15
Tabella 2.3: Caratteristiche e Dati Emissivi Navi metaniere cargo	16
Tabella 2.4: Caratteristiche e Dati Emissivi del rimorchiatore	16
Tabella 3.1: Valori Limite e Livelli Critici per i Principali Inquinanti Atmosferici, Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No. 155	18
Tabella 3.2: Livelli AQG raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS (la tabella riporta anche gli interm target)	19
Tabella 3.3: Valori limite emissivi considerati per i motori della FSRU. Allegato I alla Parte V del D.Lgs 152/06 - Punto 1.4 "Impianti multicomcombustibile - Motori fissi costituenti medi impianti di combustione esistenti alimentati a combustibili gassosi"	20
Tabella 4.1: Speciazione media IPA nei mezzi navali (Fonte: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Last Update December 2021)	23
Tabella 4.2: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario massimo)	35
Tabella 4.3: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario medio)	36
Tabella 4.4: Descrizione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria	39
Tabella 5.1: Scenario Massimo - 99.8° percentile delle ricadute medie orarie e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di NO _x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO ₂ : 200 µg/m ³ come media oraria da non superare più di 18 volte all'anno - AQG Level OMS 2021: 25 µg/m ³ come 99° percentile delle medie giornaliere)	43
Tabella 5.2: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di NO _x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO ₂ : 40 µg/m ³)	46
Tabella 5.3: Scenario Massimo - 90.4° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM ₁₀ : 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte all'anno - AQG Level OMS 2021: 45 µg/m ³ come 99° percentile)	50
Tabella 5.4: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM ₁₀ : 40 µg/m ³)	53
Tabella 5.5: Scenario Massimo - 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di PM _{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (AQG Level OMS 2021: 15 µg/m ³ come 99° percentile)	56
Tabella 5.6: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di PM _{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite: 25 µg/m ³ - AQG Level OMS 2021: 5 µg/m ³)	58
Tabella 5.7: Scenario Massimo - 99,7° percentile delle ricadute medie orarie e 99,2° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO ₂ in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline	64
Tabella 5.8: Fattori emissivi di microinquinanti associati ai singoli rimorchiatori nello scenario medio annuo, stimati a partire dal documento "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 (Update Dec. 2021)"	67
Tabella 5.9: Concentrazioni medie annue di NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F stimate dal modello nel punto di massima ricaduta al suolo	69

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 5.10: Deposizioni medie su base annuale nel punto di massima ricaduta al suolo stimate dal modello per Pb, Cd, Ni, As, PCDD/F e Benzo(a)pirene

71

LISTA DELLE FIGURE

Figura 2-1:	Profilo del fondale off-shore	11
Figura 4-1:	Ubicazione delle sorgenti emmissive considerate ai fini delle valutazioni modellistiche	24
Figura 4-2:	Schematizzazione del sistema modellistico CALMET/CALPUFF	25
Figura 4-3:	Differenze di dispersione fra modelli a puff (sinistra) e gaussiani tradizionali (destra)	26
Figura 4-4:	Segmentazione del pennacchio nei modelli a puff	26
Figura 4-5:	Schema di un modello a puff con indicazione dei coefficienti di dispersione relativi al puff k	27
Figura 4-6:	Visualizzazione domini meteorologici e di calcolo.	30
Figura 4-7:	Rosa dei venti a 10 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021	31
Figura 4-8:	Rosa dei venti a 60 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021	32
Figura 4-9:	Rosa dei venti a 120 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021	33
Figura 4-10:	Ubicazione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria	38
Figura 5-1:	Scenario Massimo - 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO _x (Valore Limite per NO ₂ : 200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte in un anno)	41
Figura 5-2:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di NO _x (AQG Level OMS 2021: 25 µg/m ³)	42
Figura 5-3:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO _x (Valore Limite per NO ₂ : 40 µg/m ³ - AQG Level OMS 2021: 10 µg/m ³)	45
Figura 5-4:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO _x (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 30 µg/m ³)	48
Figura 5-5:	Scenario Massimo - 90,4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di Polveri (Valore Limite per PM ₁₀ : 50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte in un anno)	49
Figura 5-6:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM ₁₀ (AQG Level OMS 2021: 45 µg/m ³)	50
Figura 5-7:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM ₁₀ : 40 µg/m ³ - AQG Level OMS 2021: 10 µg/m ³)	53
Figura 5-8:	Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM _{2,5} (AQG Level OMS 2021: 15 µg/m ³)	55
Figura 5-9:	Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM _{2,5} : 25 µg/m ³ - AQG Level OMS 2021: 5 µg/m ³)	58
Figura 5-10:	Scenario Massimo - 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di SO ₂ (Valore Limite: 350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte in un anno)	61
Figura 5-11:	Scenario Massimo - 99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO ₂ (Valore Limite: 125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte in un anno)	62

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Figura 5-12: Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO ₂ (OMS AQG Level: 40 µg/m ³)	63
Figura 5-13: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di SO ₂ (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 20 µg/m ³)	66
Figura 5-14: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Pb (Valore di Riferimento: 100 µg/m ² /gg)	72
Figura 5-15: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Cd (Valore di Riferimento: 2 µg/m ² /gg)	73
Figura 5-16: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Ni (Valore di Riferimento: 15 µg/m ² /gg)	74
Figura 5-17: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di As (Valore di Riferimento: 4 µg/m ² /gg)	75
Figura 5-18: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di PCDD/F (Valore di Riferimento: 3.4*10 ⁻⁶ µg/m ² /gg)	76
Figura 5-19: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di B(a)P (Valore di Riferimento: 1.9*10 ⁻³ µg/m ² /gg)	77

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

1 INTRODUZIONE

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"), in data 8 Luglio 2022 ha sottoposto 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 (c.d. Progetto FSRU Ravenna) e delle connesse 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 considerate, ai fini della presente istanza, opere connesse e funzionali all'esercizio della FSRU.

L'aggiornamento in Rev. 1 del presente documento si è reso necessario in seguito alle integrazioni richieste dall'Istituto Superiore della Sanità, Dipartimento Ambiente e Salute, che ha trasmesso il Parere di competenza acquisita agli atti regionali al protocollo Prot. CG.2022.0000036 del 30/08/2022.

Le integrazioni/variazioni rispetto alla precedente versione, sono state evidenziate in rosso.

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.

L'FSRU sarà rifornita ad intervalli regolari (5/7 giorni) da metaniere di taglia variabile e sarà anche in grado di rifornire a sua volta metaniere di piccola/media taglia (metaniere Small Scale LNG).

L'FSRU assicurerà un flusso annuo di almeno 5 miliardi di standard metri cubi di gas naturale equivalente a circa un sesto della quantità di gas naturale oggi importata dalla Russia.

La qualità del gas liquido gestito dalla FSRU dipenderà dalle fonti di approvvigionamento internazionali, pertanto il gas vaporizzato andrà analizzato ed eventualmente corretto per portarlo alle condizioni di trasporto richieste dalla Rete Nazionale. Le apparecchiature ed i sistemi dedicati a tale gestione (correzione indice di Wobbe) sono stati previsti in un impianto dedicato posto in prossimità dell'impianto di filtraggio e misura fiscale (PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Punta Marina (Ravenna).

L'ormeggio della FSRU presso la piattaforma Petra prevede l'adeguamento della struttura esistente per tener conto che l'ormeggio della FSRU presso la piattaforma sarà permanente, che i mezzi navali coinvolti hanno degli ingombri maggiori e che occorrono maggiori spazi per accomodare le nuove parti impiantistiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

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

Il Progetto FSRU Ravenna include le seguenti opere:

Terminale FSRU Ravenna.

Costituito da:

- ✓ n.1 FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità nominale di stoccaggio pari a circa 170.000 m³, una capacità massima di rigassificazione di circa 880.000 Sm³/h e dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) e 43,4 m (larghezza).
- ✓ Gli impianti e le attrezzature da realizzarsi sulla piattaforma offshore Petra, opportunamente adeguata, sono:
 - il sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito tramite bracci di carico ad alta pressione (100 bar);
 - la sostituzione ed adeguamento del sistema di ormeggio della piattaforma;
 - la parte impiantistica relativa al trasferimento del gas naturale con il piping, le valvole di intercetto e la trappola di lancio/ricevimento pig;
 - gli impianti di alimentazione elettrica e controllo del Terminale;
 - gli impianti di sistema antincendio;
 - il punto di collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU posto convenzionalmente in corrispondenza del giunto isolante a monte della prima valvola di isolamento DN 650(26") della condotta gas prima che entri in mare;
- ✓ Le opere di protezione/adeguamento della piattaforma esistente secondo quanto previsto in ANNESSO A;
- ✓ L'Impianto di correzione dell'indice di Wobbe posto in un'area adiacente all'impianto di filtraggio e misura fiscale (PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Punta Marina (Ravenna)

Opere Connesse

Costituite da:

- ✓ La condotta di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti che include quanto segue:
 - Tratto di metanodotto a mare (sealine) e relativo cavo telecomando denominato Metanodotto Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a mare) DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 8,5 km;

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

- Tratto di metanodotto a terra di collegamento tra l'approdo costiero e l'impianto PDE FSRU di Ravenna denominato Met. Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a terra) DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a **circa 2,6 km**;
- Impianto PDE FSRU di Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra).
- La condotta "Met. Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36") DP 75 di lunghezza pari a **circa 31 km** che prevede:
 - N.6 Punti di Intercettazione Linea (PIL) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008;
 - N.1 Area Trappola in adiacenza al Nodo di Ravenna (Impianto n. 693) con installazione della stazione di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato terra sul Metanodotto Collegamento PDE FSRU Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36") DP 75 bar).

Il presente documento costituisce lo studio di dispersione modellistica delle ricadute degli inquinanti al suolo in fase di esercizio ed è strutturato come segue:

- ✓ Capitolo 2: descrizione del progetto, con identificazione delle emissioni in atmosfera riconducibili all'esercizio del Progetto;
- ✓ Capitolo 3: riferimenti normativi in materia di qualità dell'aria e di valori limite emissivi;
- ✓ Capitolo 4: descrizione delle attività relative alla caratterizzazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera emessi durante la fase di esercizio del Progetto;
- ✓ Capitolo 5: descrizione dei risultati ottenuti a valle delle simulazioni modellistiche effettuate;
- ✓ Capitolo 6: considerazioni conclusive.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 FSRU

La *Floating and Storage Regasification Unit* (FSRU) sarà ormeggiata (con prua a Nord, sul lato Ovest del pontile in maniera da consentire l'evoluzione in sicurezza dei rimorchiatori durante le manovre di accosto e partenza delle navi spola) in corrispondenza della piattaforma offshore esistente di Petra (Gruppo PIR) a circa 8,5 km dalla costa antistante Punta Marina. La struttura, opportunamente adeguata secondo uno degli schemi progettuali proposti (i.e., ALTERNATIVA A e ALTERNATIVA B), ospiterà le apparecchiature ed i dispositivi impiantistici necessari all'esportazione di gas ad alta pressione. I bracci di carico del gas naturale saranno installati in corrispondenza dei collettori di alta pressione sulla FSRU.

L'impianto di stoccaggio e rigassificazione sarà completamente installato a bordo dell'FSRU e prevedrà i seguenti sistemi principali

- ✓ Sistema di scarico GNL dalla nave metaniera spola;
- ✓ Sistema di stoccaggio GNL, capacità nominale pari a 170.000 m³;
- ✓ Sistema di pompaggio e rigassificazione
- ✓ Sistema di gestione del BOG;
- ✓ Sistema di gestione acqua mare;
- ✓ Sistemi ausiliari.

La FSRU è allestita con tutti i necessari sistemi di sicurezza ed antincendio.

Tabella 2.1: Dimensioni FSRU

Descrizione	Valore
Capacità nominale	170.000 m ³
Lunghezza totale	292,5 m
Larghezza	43,42 m

2.2 Opere connesse

2.2.1 Condotta a Mare

La rotta a mare (condotta da DN650(26") si sviluppa su una lunghezza di circa 8,5 km tra lo spool/riser di collegamento con il pontile e l'approdo, ubicato in corrispondenza della Stazione di Pompaggio Agip Petroli, nei pressi della Spiaggia Libera di Punta Marina.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

2.2.1.1 Allacciamento FSRU Ravenna (Tratto a mare) DN 650 (26") DP 100

Il tracciato a mare mantiene un andamento rettilineo tra lo spool e l'isobata degli 8.5 m circa per poi piegare più marcatamente a Sud-Ovest, tramite una curva elastica di raggio 5000m ed infine proseguire in rettilineo dall'isobata dei 7m fino all'approdo.

L'andamento del fondale lungo il tracciato è abbastanza uniforme e privo di irregolarità significative od ostacoli.

La figura seguente mostra il profilo longitudinale del fondale lungo la rotta proposta.

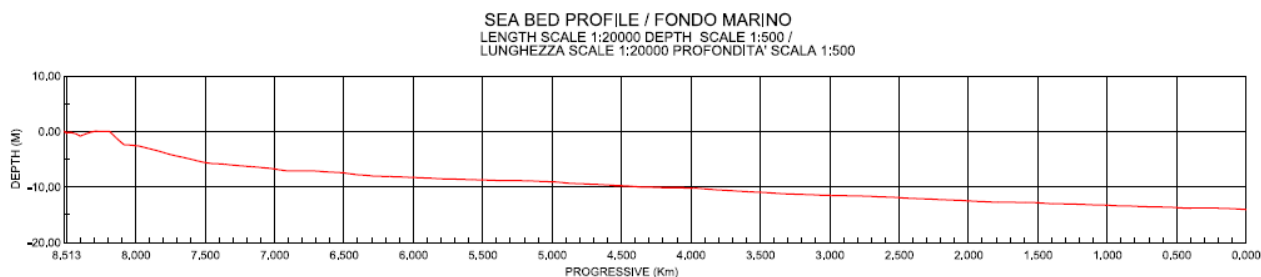


Figura 2-1: Profilo del fondale off-shore

L'approdo costiero della condotta è previsto lungo un allineamento pressoché Est-Ovest tramite tecnologia trenchless, in particolare tramite la realizzazione di un "microtunnel". Tale soluzione tecnica permette di attraversare la linea di costa senza lo scavo di una trincea.

Il punto di ingresso a terra del microtunnel è localizzato in corrispondenza della Stazione di Pompaggio Agip Petroli nei pressi della Spiaggia libera di Punta Marina. Il punto di uscita a mare è localizzato a circa 1200m dalla linea di costa, ad una profondità del fondale di circa 6m.

2.2.1.2 Approdo costiero

L'ultimo tratto della condotta a mare consiste nella realizzazione dell'approdo costiero; per l'approdo della sealine è stata selezionata la tecnologia del microtunnel, al fine di minimizzare gli impatti ambientali sul tratto di costa.

La condotta, dopo aver percorso il tratto offshore, raggiunge la terraferma, dove è previsto il punto di connessione tra la parte a terra e la parte a mare. Il punto di connessione è previsto all'interno dell'esistente area dell'impianto in concessione Petra, nella zona del Lungomare C. Colombo in loc. Punta Marina (Ravenna), in prossimità della spiaggia.

Il punto dell'approdo su terra è stato selezionato, in quanto caratterizzato dall'assenza di Concessioni di privati sul Demanio Marittimo lungo l'arenile e dalla presenza di un'esistente area tecnologica (ex impianto Sarom) che verrà utilizzata durante le attività di costruzione dell'approdo costiero (microtunnel). Il punto dell'approdo costiero individuato permette inoltre di consolidare un corridoio tecnologico esistente a mare.

Il cantiere temporaneo previsto per l'installazione della macchina di perforazione verrà installato all'interno dell'esistente area dell'impianto in concessione Petra, la macchina di perforazione verrà posizionata all'interno di un pozzo di spinta, le cui caratteristiche

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

dipendono dalla copertura di progetto del tunnel e dalle dimensioni del blocco di spinta e della testa fresante. Il pozzo di spinta avrà una pianta rettangolare e le pareti saranno progettate per resistere alle forze di spinta e costituire un piano di lavoro stabile e asciutto.

2.2.2 Condotta a Terra

La condotta di collegamento tra la FSRU al largo di Ravenna e l'esistente Area Trappole di Ravenna Terra di proprietà Snam Rete Gas, per motivi di gestione del trasporto del gas, sarà suddivisa in due tratti. Ogni tratto è caratterizzato da una specifica denominazione, come di seguito descritto. Per i dettagli si rimanda alla documentazione tecnica di progetto (in particolare alla cartografia del tracciato doc n. PG-TP-D-35281 in scala 1:10.000).

2.2.2.1 Allacciamento FSRU di Ravenna (tratto a terra) DN 650 (26"), DP 100 bar

Dopo l'approdo su terra, la condotta piega verso Nord e si pone al bordo della careggiata della strada del Lungomare C. Colombo, fino a raggiungere l'incrocio con Viale delle Americhe.

La viabilità comunale presenta già una serie di sottoservizi (acquedotto, fognatura, rete gas di distribuzione, illuminazione pubblica, rete telefonica), pertanto il metanodotto in progetto sarà ubicato negli spazi liberi rilevati durante la progettazione esecutiva.

Dopo circa 500 m di percorrenza stradale il tracciato supera la Pineta litoranea con un'opera trenchless (**microtunnel**) e si pone nella zona a seminativo limitrofa all'abitato di Punta Marina. L'opera trenchless, prevista per l'attraversamento della Pineta litoranea, consentirà di non interferire minimamente con l'area boscata e quindi di salvaguardarla interamente.

Superata la Pineta litoranea, la condotta raggiunge un'area condotta a seminativo. L'area, ad Ovest della pineta, è ubicata all'interno del perimetro del Piano Urbanistico Attuativo S13 "Punta Marina", in una zona destinata a parcheggi e opere di urbanizzazione. Il tracciato del metanodotto in progetto è stato ottimizzato nel tratto in attraversamento dell'area del Piano Urbanistico Attuativo S13, al fine di non interferire con le aree di espansione edilizia.

Superata l'area del Piano Urbanistico Attuativo S13, la condotta raggiunge l'area prevista per la realizzazione del punto di entrata (PDE) e dell'impianto di regolazione DP 100-75 bar (entry point di Punta Marina), **immediatamente a Nord** dello scolo Centrale di Levante.

2.2.2.2 Impianto PDE FSRU Ravenna e impianto di regolazione DP 100-75 bar

Il Met. Allacciamento FSRU Ravenna - Tratto a terra DN 650 (26") DP 100 bar terminerà nell'area impiantistica PDE prevista in Località Punta Marina.

All'interno dell'area impiantistica di Punta Marina è presente il doppio impianto di lancio e ricevimento "pig" per il controllo e pulizia della condotta (lato mare Trappola DN 650 e lato terra Trappola DN 900), sarà inoltre installato un impianto di regolazione della portata e misura.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Nell'impianto è anche presente il pozzetto di immissione dell'aria nel flusso di metano per regolare eventualmente il potere calorifico del gas (l'indice di Wobbe) e portarlo nel range di accettabilità previsto dal Codice di Rete.

Il gas proveniente dall'FSRU, dopo essere stata regolato (regolazione pressione), esce dall'impianto mediante la condotta denominata "collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna" DN 900 (36") DP 75 bar, di seguito descritto.

2.2.2.3 Collegamento PDE FSRU di Ravenna al Nodo di Ravenna DN 900 (36"), DP 75 bar

Dall'impianto di Punta Marina, la condotta, complessivamente lunga **circa 31 km**, si svilupperà come un anello attorno al nucleo abitato di Ravenna che procede in senso orario dalla zona di Punta Marina verso Sud fino ad attraversare il Fiume Canali Uniti, per poi deviare verso Ovest e superare a Sud l'abitato di Classe e proseguire in direzione Nord-Ovest verso la frazione di "Fornace Zarattini".

Attraversata l'Autostrada A14 direzione Ravenna, il tracciato devia decisamente verso Nord-Est per ricollegarsi nel Nodo di Ravenna (Imp. Snam Rete Gas n. 693).

Tutta l'opera Nord-Ovest è integralmente compresa all'interno del Comune di Ravenna. Gran parte del tracciato si sviluppa in terreni a prevalente destinazione agricola e, lungo il suo sviluppo, attraversa alcune principali infrastrutture tra le quali: Fiumi Uniti, la linea ferroviaria Ferrara – Rimini, la Strada Statale n.16 Adriatica, la Strada Statale n. 3 bis Tiberina, il Fiume Ronco, la Strada Statale n. 67 Tosco-Romagnola, il Fiume Montone, la linea ferroviaria Castelbolognese – Ravenna, l'Autostrada A 14 Dir. Ravenna, la Strada Statale n.16 Adriatica e nuovamente la linea ferroviaria Ferrara – Rimini.

Tutti gli attraversamenti principali saranno condotti con tecnologia trenchless o in trivellazione spingitubo (strade, ferrovie) o in Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) per i fiumi e canali

La condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature, collocate all'interno di aree recintate, denominate punti di intercettazione (P.I.L., P.I.D.I., P.I.D.S., ecc). Gli impianti, individuati sulle planimetrie scala 1:10.000 sono complessivamente 6 Punti di Intercettazione Linea (P.I.L.), ubicati principalmente per rispettare il sezionamento della condotta a monte e a valle delle linee ferroviarie attraversate.

Il tracciato del metanodotto termina a Nodo di Ravenna, dove è prevista la costruzione dell'impianto terminale, in ampliamento dell'esistente Nodo n.693 ove sarà inserita la trappola di lancio/ricevimento pig.

2.2.3 Impianti e punti di linea

Sono previste le tipologie di impianti di seguito descritti:

- ✓ Punto di Intercettazione di linea: in accordo al DM 17.04.08, la condotta sarà sezionabile in tronchi mediante apparecchiature (valvole) di intercettazione che hanno la funzione di isolare i vari tratti e di sezionare la condotta interrompendo il flusso di gas in caso di necessità. Il punto di intercettazione è costituito da tubazioni interrato ad eccezione del sistema di manovra e del relativo scarico necessario per l'evacuazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

del gas in atmosfera (effettuato, eccezionalmente, per operazioni di manutenzione straordinaria). L'impianto comprende quindi valvole di intercettazione interrate, bypass interrato, apparecchiature per il controllo e il monitoraggio del sistema, la protezione catodica della condotta e un fabbricato per il ricovero delle apparecchiature e della strumentazione di controllo. Considerata la lunghezza complessiva dell'opera, dall'FSRU fino all'immissione del gas nella rete nazionale gasdotti e alla presenza di 3 linee ferroviarie, sono previsti n. 6 impianti di linea;

- ✓ **Impianti di lancio e ricevimento "pig"**: per il controllo e la pulizia interna della tubazione si utilizzano dispositivi detti "pig", che consentono l'esplorazione, dall'interno, delle caratteristiche geometriche e meccaniche della tubazione. Il punto di lancio e ricevimento dei "pig" è costituito essenzialmente da un corpo cilindrico, chiamato "trappola", di diametro superiore a quello della linea per agevolare il recupero del "pig". Nel caso in esame sono previste due aree trappole: un'area trappole all'interno del punto di entrata di Punta Marina (entry point di Punta Marina) costituita da un doppio impianto di lancio e ricevimento "pig" e un'area trappola in ampliamento dell'esistente nodo di Ravenna n. 693, per la ricezione/lancio dei "pig" della seconda trappola in progetto nell'area impiantistica di Punta Marina;
- ✓ **Area impiantistica di Punta Marina**: all'interno dell'area impiantistica di Punta Marina, oltre al doppio impianto di lancio e ricevimento "pig", sono previsti: un impianto di regolazione della portata e misura ed un impianto con sistema di correzione dell'Indice di Wobbe. L'area include al suo interno un fabbricato per l'alloggiamento delle apparecchiature elettriche e di controllo.

2.3 Emissioni in atmosfera

Le emissioni in atmosfera previste durante l'esercizio della FSRU presso il Terminale di Ravenna sono sostanzialmente associate a:

- ✓ emissioni continue (generatori di bordo) legate al normale esercizio del Terminale;
- ✓ emissioni di emergenza o comunque legate a particolari fasi diverse dal normale esercizio del Terminale (camini generatori diesel di emergenza, sfiati, gruppo antincendio, etc.);
- ✓ emissioni indotte dal traffico marittimo per il rifornimento o il prelievo di GNL (metaniere).

Inoltre, ai fini delle attività di manovra a largo della piattaforma Petra delle metaniere, sono previsti No.4 rimorchiatori (operativi per circa 4 ore al giorno nei soli giorni di presenza delle metaniere) a servizio delle operazioni di avvicinamento/allontanamento delle metaniere alla Piattaforma Petra e per l'affiancamento di queste alla FSRU.

Di seguito si riportano le principali informazioni relative alle sorgenti emissive presenti in condizioni di normale esercizio (motori FSRU e relativo traffico navale indotto), rimandando al successivo Capitolo 4 e relativi sottoparagrafi per maggiori approfondimenti in relazione alle caratteristiche emissive delle sorgenti e agli scenari modellistici analizzati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

2.3.1 Emissioni in Condizioni di Normale Esercizio

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche e i valori emissivi di riferimento dei No.2 motori a gas della FSRU in funzionamento continuo per garantire l'alimentazione di tutti i sistemi.

Tabella 2.2: Caratteristiche e Dati Emissivi del Motore di bordo

PARAMETRO	UM	VALORE
Potenza Termica	MW _{th}	Circa 24
Volume Gas di Scarico	Nm ³ /h	80.370
Concentrazione NO _x	mg/Nm ³	300 ⁽¹⁾
Concentrazione CO	mg/Nm ³	240 ⁽¹⁾
Concentrazione di Particolato	mg/Nm ³	50 ⁽¹⁾
Concentrazione SO ₂	mg/Nm ³	- ^{(1) (2)}
Altezza camino	m	50,7
Diametro camino	mm	900
Temperatura Fumi	°C	350

(1) Valori limite emissivi ex D.Lgs. 152/06 associati a motori fissi costituenti medi impianti di combustione esistenti alimentati a combustibili gassosi, riferiti ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 15%.

(2) Nel caso di alimentazione a gas naturale le emissioni di SO₂ sono ritenute nulle/trascurabili. In tal senso si evidenzia che, per la tipologia di sorgenti di cui alla precedente nota (1), la normativa riporta un valore limite emissivo pari a 15 mg/Nm³, specificando però che tale valore si considera sempre rispettato nel caso di utilizzo di gas naturale.

2.3.2 Emissioni da Traffico Indotto

Durante il normale funzionamento della FSRU ormeggiata in porto, le emissioni da traffico indotto sono essenzialmente riconducibili a:

- ✓ traffico navale per approvvigionamento/scarico del GNL (metaniere cargo);
- ✓ rimorchiatori a supporto delle navi in arrivo e in partenza;
- ✓ mezzi destinati al trasporto del personale impiegato e dei materiali/approvvisionamenti alla FSRU (fonte emissiva saltuaria e in tal senso ritenuta trascurabile ai fini delle successive valutazioni modellistiche).

Per quanto concerne il traffico navale, le emissioni delle navi metaniere sono state definite a partire dai dati emissivi di imbarcazioni tipo considerando una taglia equivalente a quella della FSRU.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche e i dati emissivi di Navi metaniere cargo. Data la tipologia di alimentazione (gas naturale), per tale sorgente emissiva sono state considerate esclusivamente le emissioni di NO_x, mentre risultano nulle/trascurabili le emissioni di altre sostanze quali particolato, SO₂ e microinquinanti. Il dato sulle emissioni di CO non è stato considerato in quanto non disponibile per la tipologia di mezzo; si ritiene

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

comunque che il relativo contributo in relazione alle ricadute in atmosfera non sia tale da incidere sulle considerazioni riportate nel seguito della trattazione sulla scarsa significatività delle ricadute attese.

Tabella 2.3: Caratteristiche e Dati Emissivi Navi metaniere cargo

DATO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Altezza camino s.l.m.	m	50
Diametro camino	m	1,2
Sezione camino	m ²	1,13
Temperatura dei fumi	K	476
Fattore di emissione NOx	kg/t fuel gas	3

Per quanto riguarda invece i No. 4 rimorchiatori (a servizio delle operazioni di avvicinamento/allontanamento delle metaniere alla Piattaforma Petra e per l'affiancamento di queste alla FSRU) nella tabella seguente si riportano le caratteristiche emissive tipiche del singolo rimorchiatore che si prevede di utilizzare ai fini delle attività. Per il rimorchiatore è stata considerata un'alimentazione a Marine Diesel Oil (MDO), in relazione alla quale di seguito si riportano le caratteristiche emissive dei principali inquinanti (NO_x, Particolato, SO₂ e CO), rimandando al successivo Capitolo 4 e relativi sottoparagrafi per gli approfondimenti relativi alla distinzione tra frazioni di PM10 e PM2,5 e alle emissioni di microinquinanti (Metalli, IPA; NMVOC e PCDD/F).

Tabella 2.4: Caratteristiche e Dati Emissivi del rimorchiatore

DATO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Altezza camino s.l.m.	m	8
Diametro camino	m	0,4
Sezione camino	m ²	0,13
Temperatura dei fumi	K	673
Emissioni di NOx (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	3,9
Emissioni di NOx (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	2,1
Emissioni di Particolato (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	0,1
Emissioni di Particolato (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	0,06

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

DATO	UNITÀ DI MISURA	VALORE
Emissioni di SO ₂ (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	5,03
Emissioni di SO ₂ (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	2,87
Emissioni di CO (fase di avvicinamento della metaniera)	g/s	0,74
Emissioni di CO (fasi di attracco, disormeggio e allontanamento della metaniera)	g/s	0,73

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli standard di qualità dell'aria sono stabiliti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No.155 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa", pubblicato sulla G.U. No. 216 del 15 Settembre 2010 (Suppl. Ordinario No. 217) e in vigore dal 30 Settembre 2010.

Nella successiva Tabella vengono riassunti i valori limite per i principali inquinanti ed i livelli critici per la protezione della vegetazione per il Biossido di Zolfo e per gli Ossidi di Azoto come indicato dal sopracitato Decreto.

Tabella 3.1: Valori Limite e Livelli Critici per i Principali Inquinanti Atmosferici, Decreto Legislativo 13 Agosto 2010, No. 155

Periodo di Mediazione	Valore Limite/Livello Critico
BIOSSIDO DI ZOLFO (SO₂)	
1 ora	350 µg/m ³ ⁽¹⁾ da non superare più di 24 volte per anno civile
24 ore	125 µg/m ³ ⁽¹⁾ da non superare più di 3 volte per anno civile
anno civile e inverno (1/10-31/03) (protezione della vegetazione)	20 µg/m ³
BIOSSIDO DI AZOTO (NO₂) (*)	
1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
anno civile	40 µg/m ³
OSSIDI DI AZOTO (NO_x)	
anno civile (protezione della vegetazione)	30 µg/m ³
POLVERI SOTTILI (PM₁₀) (**)	
24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
anno civile	40 µg/m ³
POLVERI SOTTILI (PM_{2.5})	
FASE I	
anno civile	25 µg/m ³ (3-bis)
FASE II	
anno civile	(4)
PIOMBO (Pb)	
anno civile	0.5 µg/m ³ ⁽³⁾
BENZENE (C₆H₆) (*)	
anno civile	5 µg/m ³
MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)	
Media massima giornaliera calcolata su 8 ore ⁽²⁾	10 mg/m ³ ⁽¹⁾

Note:

- (1) Già in vigore dal 1° Gennaio 2005
- (2) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore si determina con riferimento alle medie consecutive su 8 ore, calcolate sulla base di dati orari ed aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore in tal modo calcolata

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

è riferita al giorno nel quale la serie di 8 ore si conclude: la prima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per un giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

- (3) La norma prevedeva il raggiungimento di tale valore limite deve essere raggiunto entro il 1° Gennaio 2010 in caso di aree poste nelle immediate vicinanze delle fonti industriali localizzate presso siti contaminati da decenni di attività industriali. Le aree in cui si applica questo valore limite non devono comunque estendersi per una distanza superiore a 1,000 m rispetto a tali fonti industriali
- (3-bis) La somma del valore limite e del relativo margine di tolleranza da applicare in ciascun anno dal 2008 al 2015 è stabilito dall'allegato I, parte (5) della Decisione 2011/850/UE e successive modificazioni.
- (4) Valore limite da stabilire con successivo decreto ai sensi dell'articolo 22, comma 6, tenuto conto del valore indicativo di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e delle verifiche effettuate dalla Commissione europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.
- (*) Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, i valori limite devono essere rispettati entro la data prevista dalla decisione di deroga, fermo restando, fino a tale data, l'obbligo di rispettare tali valori aumentati del margine di tolleranza massimo.
- (**) Per le zone e gli agglomerati per cui è concessa la deroga prevista dall'articolo 9, comma 10, la norma prevedeva che i valori limite dovessero essere rispettati entro l'11 giugno 2011.

Nella tabella seguente si richiamano invece i livelli raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS, anch'essi presi in considerazione nella trattazione dei risultati delle analisi modellistiche per completezza d'analisi.

Tabella 3.2: Livelli AQG raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS (la tabella riporta anche gli interm target)

Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM_{2.5}, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM₁₀, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O₃, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Peak season ^b	100	70	–	–	60
	8-hour ^a	160	120	–	–	100
NO₂, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	40	30	20	–	10
	24-hour ^a	120	50	–	–	25
SO₂, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-hour ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m^3	24-hour ^a	7	–	–	–	4

^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Per quanto attiene invece alle emissioni generate da ciascun motore della FSRU, si è fatto riferimento alla categoria impianti multicomcombustibile di cui al Punto 1.4 dell'Allegato I alla Parte V del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., nello specifico ai valori limite emissivi applicabili per motori fissi esistenti di potenza termica nominale minore di 50 MW alimentati a combustibili gassosi (considerata alimentazione a gas naturale).

Tabella 3.3: Valori limite emissivi considerati per i motori della FSRU. Allegato I alla Parte V del D.Lgs 152/06 - Punto 1.4 “Impianti multicomcombustibile - Motori fissi costituenti medi impianti di combustione esistenti alimentati a combustibili gassosi”

INQUINANTE	VALORE LIMITE [mg/Nm ³] ⁽¹⁾
NO _x	300 ⁽²⁾
CO	240
SO _x	N.A. ⁽³⁾
Polveri	50

NOTE:

- 1) Valori riferiti ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 15%;
- 2) Per motori a doppia alimentazione alimentati a combustibili gassosi in modalità a gas;
- 3) La normativa indica un limite di 15 mg/Nm³, che però si considera rispettato in caso di utilizzo di gas naturale.

Per le emissioni associate alle altre tipologie di mezzi analizzati (metaniera e rimorchiatori), in mancanza di valori limite emissivi di riferimento sono stati considerati:

- ✓ Per la metaniera, i valori emissivi considerati in altri studi per metaniere aventi una capacità di trasporto GNL paragonabile a quella della capacità di stoccaggio della FSRU;
- ✓ Per i rimorchiatori, i dati emissivi desumibili dal documento della U.S. EPA “*Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data*” (Febbraio 2000) per NO_x, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂ e CO, mentre per Metalli, IPA, NMVOC e PCDD/F sono stati presi a riferimento i valori emissivi forniti dal documento “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing, military (shipping), and recreational boats - Update Dec. 2021”.

Per maggiori approfondimenti sulle stime emissive si rimanda al successivo Paragrafo 4.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

4 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

4.1 Quadro Sintetico delle Attività Svolte

Per la caratterizzazione della dispersione degli inquinanti con verifica del potenziale contributo sulla qualità dell'aria per l'opera in esame sono state considerate:

- ✓ le emissioni generate dai No.2 motori a combustione interna alimentati a gas (da circa 24 MWth ciascuno) della FSRU, in grado di fornire il pieno carico al sistema elettrico (anche nella condizione di carico di picco);
- ✓ le emissioni della metaniera in avvicinamento alla piattaforma Petra e nelle successive fasi di accosto, scarico, disormeggio e allontanamento;
- ✓ le emissioni dei No. 4 rimorchiatori che saranno operativi durante le fasi di avvicinamento, accosto, disormeggio e allontanamento della metaniera.

Per i motori della FSRU, sono state simulate le emissioni di NO_x, CO e polveri (PM₁₀ e PM_{2,5} ipotizzando conservativamente le emissioni totali di polveri per entrambi i parametri), con riferimento ai valori limite emissivi richiamati nella precedente Tabella 3.3. Si evidenzia che per i motori della FSRU non sono state prese in considerazione emissioni di SO₂, in quanto queste si ritengono trascurabili data l'alimentazione a gas naturale. Analogamente, data la tipologia di alimentazione si ritengono nulle/trascurabili anche le emissioni di inquinanti quali Composti Organici Volatili Non Metanici (NMVOC), Diossine e Furani (PCDD/F), Metalli Pesanti e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Per la metaniera, alimentata a gas naturale, sono state prese in considerazione le emissioni di NO_x. Anche in questo caso, valgono considerazioni analoghe a quelle dei motori della FSRU sulla trascurabilità delle emissioni di SO₂, NMVOC, PCDD/F, Metalli Pesanti e IPA. Il dato sulle emissioni di CO non è stato considerato in quanto non disponibile per la tipologia di mezzo; si ritiene comunque che il relativo contributo in relazione alle ricadute in atmosfera non sia tale da incidere sulle considerazioni successivamente riportate sulla scarsa significatività delle ricadute attese per tale inquinante.

Per i rimorchiatori, per i quali si è considerata un'alimentazione a Marine Diesel Oil (MDO), oltre al dato emissivo di NO_x, sono state considerate le emissioni di polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂, CO, NMVOC, Metalli Pesanti (Cd, As, Pb, Ni, Hg, Cr, Cu, Se, Zn), IPA (Phenantrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo(a)anthracene, Chrysene, Perylene, Benzo(b)-fluoranthene, Benzo(k)-fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,l)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene, Dibenzo(a,h)anthracene, Indeno(1,2,3-c,d)pyrene) e PCDD/F (valutati in termini di TEQ 2,3,7,8-TCDD). In particolare, si evidenzia che:

- ✓ per le emissioni di NO_x, particolato (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂ e CO si è fatto riferimento ai dati emissivi desumibili dal documento della U.S. EPA "Analysis of Commercial Marine Vessels Emissions and Fuel Consumption Data" (Febbraio 2000), il quale riporta informazioni per la stima delle emissioni suddivise per fase di manovra che risultano più allineate alla tipologia di mezzi in esame e che si ritengono maggiormente rappresentative ai fini della ricostruzione degli input emissivi per il modello. Si evidenzia che le emissioni

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

di particolato considerate per le fasi di attracco, disormeggio e allontanamento sono di fatto inferiori a quelle della fase di avvicinamento ed erano semplicemente state arrotondate per eccesso nella precedente versione del documento. In questa revisione, i valori emissivi sono stati aggiornati per dare evidenza del diverso contributo emissivo in funzione delle diverse fasi di manovra (si vedano i successivi Paragrafi 4.3.1 e 4.3.2);

- ✓ per le emissioni di PCDD/F, Metalli Pesanti e IPA, in mancanza di una fonte più specifica per la tipologia di mezzi, si è fatto riferimento ai valori forniti dal documento “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – International maritime navigation, international inland navigation, national navigation (shipping), national fishing, military (shipping), and recreational boats - Update Dec. 2021”, prendendo a riferimento i valori emissivi relativi ai mezzi navali alimentati a MDO. In generale sono stati considerati i fattori emissivi Tier 1 che non distinguono tra le diverse fasi di manovra. Solamente per il parametro NMVOC è stato possibile considerare il fattore emissivo Tier 3 relativo alle fasi di manovra e stazionamento (mezzo “High Speed Diesel” alimentato a MDO);
- ✓ per le emissioni di PM_{2,5} si è inoltre ipotizzato che le stesse siano pari a circa l'85% delle emissioni di PM₁₀, come suggerito con riferimento ai fattori emissivi “Tier 2” del sopra citato documento EMEP/EEA;
- ✓ per le emissioni di IPA, in mancanza di fattori emissivi più specifici, la stima è stata ottenuta considerando:
 - un fattore emissivo espresso in B(a)P equivalenti pari a 0.0404 mg/L desumibile dalla sezione “PAH Emissions from Ships” del documento “An Overview: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emissions from the Stationary and Mobile Sources and in the Ambient Air” (Cheruyiot et al., 2015),
 - la speciazione media rintracciabile nelle sopra citate Linee Guida EMEP/EEA 2019 e richiamata nella tabella seguente (dato che le componenti > 0 sommano complessivamente al 97%, il restante 3% è stato ripartito tra le specie indicate in tabella con media nulla),
 - per il passaggio dalle emissioni in B(a)P equivalenti a quelle dei singoli IPA emessi dai rimorchiatori, i potenziali di tossicità equivalente rintracciabili in letteratura per le suddette sostanze (si vedano: “ATDSR, 2022” e “Desert Research Institute, 2017”). Si evidenzia che ai fini delle successive analisi modellistiche sono state prese in considerazione le specie IPA per le quali la “Banca dati ISS-INAIL - Rev. Marzo 2018” fornisce i relativi valori di riferimento per la valutazione del rischio tossicologico (RfC) e/o cancerogeno (UR) rintracciabile nel documento relativo alla Valutazione di Impatto Sanitario (Documento REL-AMB-E-09003, Rev. 1).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 4.1: Speciazione media IPA nei mezzi navali (Fonte: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019, Last Update December 2021)

Species	Average (%)	Range (%)
Phenanthrene	37	32-54
Anthracene	1	0-2
Fluoranthene	11	9-15
Pyrene	14	12-20
3,6-dimethylphenanthrene	4	3-5
Triphenylene	12	9
Benzo(b)-fluorene	6	2-19
Benzo(a)anthracene	2	0-2
Chrysene	5	3-9
Benzo(e)-pyrene	2	0
Benzo(j)fluoranthene	0	0
Perylene	0	0-3
Benzo(b)-fluoranthene	1	0-2
Benzo(k)-fluoranthene	0	0
Benzo(a)pyrene	0	0
Dibenzo(a,j)anthracene	0	0-1
Dibenzo(a,l)pyrene	0	0
Benzo(g,h,i)perylene	1	0-2
Dibenzo(a,h)anthracene	1	0-6
Ideno(1,2,3-c,d)pyrene	0	0-1
3-methyl-cholanthrene	0	0
Anthanthrene	0	0

Source: Lloyd's Register, 1995

Nei paragrafi successivi vengono discussi i risultati ottenuti, che per completezza sono stati valutati sia con riferimento ai valori limite di qualità dell'aria vigenti stabiliti dalla normativa nazionale (D.Lgs. 155/2010) sia con i livelli AQG raccomandati dalle Linee Guida 2021 dell'OMS.

Nella seguente Figura 4-1 si evidenzia l'ubicazione delle sorgenti emissive considerata ai fini delle successive valutazioni modellistiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

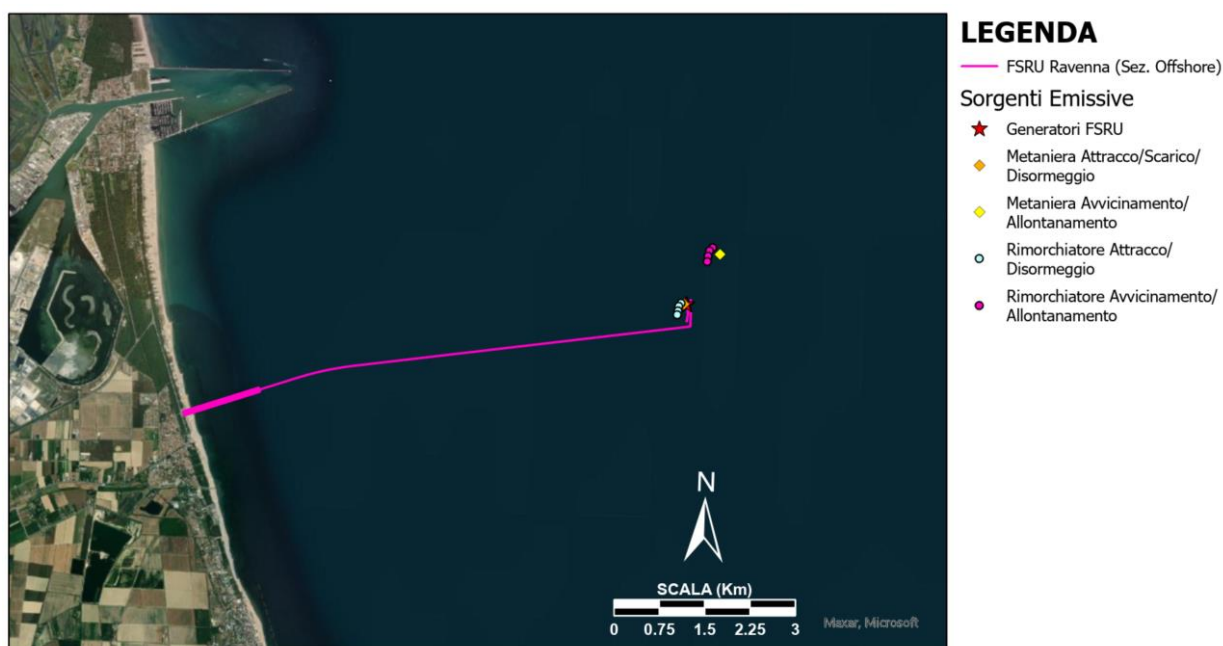


Figura 4-1: Ubicazione delle sorgenti emmissive considerate ai fini delle valutazioni modellistiche

4.2 Descrizione del Modello Calpuff

Il presente studio è stato condotto mediante l'utilizzo del modello CALPUFF, modello gaussiano a puff multistrato non stazionario, sviluppato da Earth Tech Inc, in grado di simulare il trasporto, la trasformazione e la deposizione atmosferica di inquinanti in condizioni meteo variabili non omogenee e non stazionarie.

CALPUFF è stato adottato da U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) nelle proprie linee guida sulla modellistica per la qualità dell'aria (40 CFR Part 51 Appendix W – Aprile 2003) come uno dei modelli preferiti in condizioni di simulazione long-range oppure per condizioni locali caratterizzate da condizioni meteorologiche complesse, ad esempio orografia complessa e calme di vento, **nonché quelle legate ad ambienti marino-costieri come quello d'interesse, caratterizzati da una diversa influenza delle caratteristiche del terreno (orografia e uso suolo) nel passaggio da ambiente marino a terrestre. CALPUFF è pertanto un modello appropriato per le analisi nel contesto in esame.**

Inoltre, il modello appartiene alla tipologia di modelli consigliati dalle linee guida lombarde (Paragrafo 10, Allegato I) e descritti al paragrafo 3.1.2 della linea guida RTI CTN_ACE 4/2001 "Linee guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la valutazione della qualità dell'aria", Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale — Aria Clima Emissioni, 2001. Ne risulta quindi

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

che il modello CALPUFF è uno tra i modelli più utilizzati e universalmente riconosciuti come supporto per gli studi di impatto ambientale.

Il sistema di modellazione CALPUFF è, infatti, un modello di dispersione e trasporto che analizza i puff di sostanze emesse da parte di sorgenti, simulando la dispersione ed i processi di trasformazione lungo il percorso in atmosfera delle sostanze stesse. Esso include tre componenti principali:

- ✓ pre-processore CALMET, un modello meteorologico, dotato di modulo diagnostico di vento, iniziabile attraverso dati da stazioni (superficiali e in quota) e in grado di ricostruire i campi 3D di vento e temperature e 2D dei parametri della turbolenza;
- ✓ CALPUFF, ossia il modello di dispersione gaussiana a puff;
- ✓ post-processore CALPOST, preposto all'estrazione dai file binary prodotti in uscita da CALPUFF.

Un diagramma di processo e delle informazioni necessarie per effettuare simulazioni di dispersione con CALMET/CALPUFF è rappresentato nella figura seguente.

CALPUFF MODELING SYSTEM

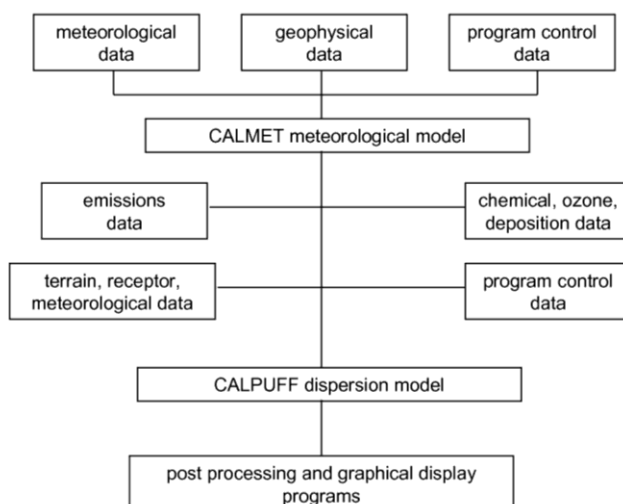


Figura 4-2: Schematizzazione del sistema modellistico CALMET/CALPUFF

CALPUFF può utilizzare i campi meteo tridimensionali prodotti da specifici pre-processor (CALMET).

I modelli a segmenti o puff partono dalle medesime equazioni dei modelli gaussiani, ma da differenti condizioni iniziali, ipotizzando la dispersione di “nuvolette” di inquinante a concentrazione nota e di forma assegnata (gaussiana o “slug”), e permettono di riprodurre in modo semplice la dispersione in atmosfera di inquinanti emessi in condizioni non omogenee e non stazionarie, superando quindi alcune limitazioni dei classici modelli

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

gaussiani fra cui ISC3. L'emissione viene discretizzata in una serie di singoli puff. Ognuna di queste unità viene trasportata all'interno del dominio di calcolo per un certo intervallo di tempo ad opera del campo di vento in corrispondenza del baricentro del puff in un determinato istante. In questo modo, al variare della direzione del vento, il modello a puff segue con maggiore precisione la traiettoria effettiva dell'emissione rispetto all'approccio tradizionale dove è l'intero plume a cambiare direzione insieme al vento. La differenza tra i due metodi è raffigurata nell'immagine seguente.

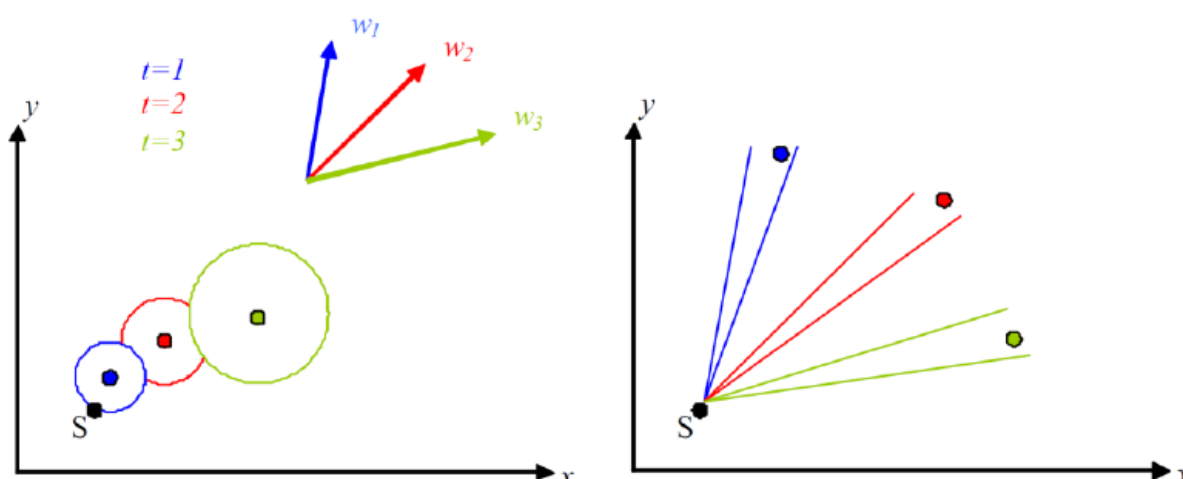


Figura 4-3: Differenze di dispersione fra modelli a puff (sinistra) e gaussiani tradizionali (destra)

Ogni segmento produce un campo di concentrazioni al suolo calcolato secondo la formula gaussiana e solo il segmento più prossimo al punto recettore contribuisce a stimare la concentrazione nel recettore stesso. La Figura 4-4 illustra la procedura descritta. La concentrazione totale ad un certo istante viene calcolata sommando i contributi di ogni singolo puff.

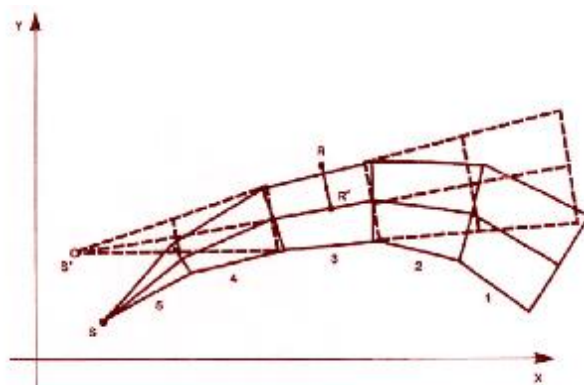


Figura 4-4: Segmentazione del pennacchio nei modelli a puff

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

A differenza di quanto avviene nel modello gaussiano standard, non si fa l'ipotesi che la diffusione lungo la direzione di moto del pennacchio, x , sia trascurabile rispetto allo spostamento. Questo fa sì che, da un lato, nell'equazione, che descrive questo modello, la velocità del vento non compaia più esplicitamente e, dall'altro lato, che il modello possa essere usato anche per le situazioni di vento debole o di calma. La concentrazione al suolo nel punto recettore è la somma dei contributi (D_c) di tutti i puff. L'equazione del modello a puff è la seguente (Zannetti, 1990):

$$\Delta c = \frac{\Delta M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_h^2 \sigma_z^2} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(x_p - x_r)^2}{\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y_p - y_r)^2}{\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z_p - z_r)^2}{\sigma_z^2}\right] \quad (7)$$

dove:

$\Delta M = Q \Delta t$

massa emessa nell'intervallo di tempo t [Kg]

x_p, y_p, z_p

coordinate del baricentro dell' i -esimo puff [m]

x_r, y_r, z_r

coordinate del punto recettore [m]

σ_h, σ_z

coefficienti di dispersione orizzontale e verticale [m], determinabili come visto nella precedente sezione

I puff emessi si muovono nel tempo sul territorio: il centro del puff viene trasportato dal campo di vento tridimensionale mentre la diffusione causata dalla turbolenza atmosferica provoca l'allargamento del puff ed è descritta dai coefficienti di dispersione istantanei. I coefficienti di dispersione nelle tre direzioni sono funzione, come nel caso del modello gaussiano, della distanza (o tempo di percorrenza) e delle caratteristiche dispersive dell'atmosfera.

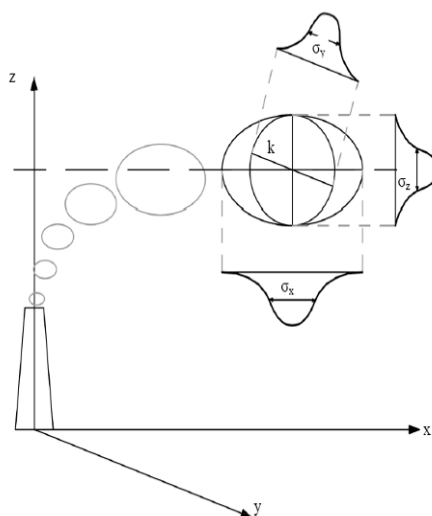


Figura 4-5: Schema di un modello a puff con indicazione dei coefficienti di dispersione relativi al puff k

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Gli algoritmi di CALPUFF consentono di considerare opzionalmente diversi fattori, quali:

- ✓ l'effetto scia generato dagli edifici prossimi alla sorgente (building downwash) o allo stesso camino di emissione;
- ✓ la fase transizionale del pennacchio;
- ✓ la penetrazione parziale del plume raise in inversioni in quota;
- ✓ gli effetti di lungo raggio quali deposizione secca e umida;
- ✓ le trasformazioni chimiche;
- ✓ lo share verticale del vento;
- ✓ il trasporto sulle superfici d'acqua;
- ✓ la presenza di orografia complessa o di zone costiere.

In riferimento all'ultimo punto, l'effetto del terreno viene schematizzato dividendo il flusso in due componenti, una di ascensione, con alterazione del tasso di diffusione, e un'altra di contorno, deflessione o divisione attorno agli ostacoli. Come per CALMET, le simulazioni con il modello CALPUFF sono raccomandate in una scala che può variare da una decina di metri (vicino al campo) ad un centinaio di chilometri (trasporto su lunga distanza) dalle sorgenti. Il modello permette la divisione orizzontale e verticale del puff.

CALPUFF utilizza inoltre diverse possibili formulazioni per il calcolo dei coefficienti di dispersione. Nello studio in esame è stata utilizzata l'opzione "Micrometeorology" che permette il calcolo dei coefficienti di dispersione a partire dai meteorologici disponibili (Lunghezza di Monin-Ubukhov, velocità d'attrito, ecc.).

Per simulare al meglio le condizioni reali di emissione, il modello permette di configurare le sorgenti attraverso sorgenti puntiformi, lineari, areali e volumetriche.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti (Scire et al., 2011).

CALPOST è invece il postprocessore preposto all'estrazione dai file binari prodotti in uscita da CALPUFF delle concentrazioni e/o dei flussi di deposizione e del numero di superamenti di una prefissata soglia sulla base di differenti intervalli di mediazione temporali. Quindi, la funzione di questo post processore è quella di analizzare l'output di CALPUFF in modo da estrarre i risultati desiderati e schematizzarli in un formato idoneo ad una buona visualizzazione. Infatti, attraverso CALPOST, si ottengono matrici che riportano i valori di ricaduta calcolati per ogni nodo della griglia definita, relativi alle emissioni di singole sorgenti e per l'insieme di esse. I risultati ottenuti possono essere elaborati attraverso un qualsiasi software di visualizzazione grafica.

Lo studio modellistico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera rilasciati durante le attività legate alla fase di esercizio del Terminale FSRU di Ravenna è stato condotto sulla base di stime di emissioni di NO_x, CO, polveri e delle altre sostanze analizzate secondo standard internazionali consolidati.

Inoltre, gli studi modellistici sono stati condotti secondo le ipotesi più conservative sia in termini di fattori di emissione sia in durata delle attività.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Si precisa che, ai fini del confronto con i limiti di legge per la protezione della salute umana, è stato necessario definire il rapporto NO_2/NO_x , che può variare in funzione di molti fattori, quali le concentrazioni dei rispettivi inquinanti e la presenza di ozono. Nel presente studio è stato fissato un rapporto NO_2/NO_x pari a 1, valore fortemente cautelativo.

Analogamente, **per quanto riguarda le emissioni dai motori della FSRU**, con approccio cautelativo le emissioni di polveri sono state interamente assimilate alla frazione di particolato fine PM_{10} ai fini del confronto delle ricadute con i valori limite per la protezione della salute umana. **Per i motori della FSRU, le emissioni di $\text{PM}_{2,5}$ sono state conservativamente assunte pari a quelle del PM_{10} . Come indicato nel precedente Par. 4.1, per le emissioni di $\text{PM}_{2,5}$ associate ai rimorchiatori si è invece ipotizzato che le stesse siano pari a circa l'85% delle emissioni di PM_{10} , come suggerito con riferimento ai fattori emissivi "Tier 2" del sopra citato documento EMEP/EEA.**

4.3 Ipotesi Modellistiche

Le simulazioni sono state condotte sulla base dei seguenti dati di input del modello:

- ✓ caratteristiche geometriche, fisiche ed emissive delle sorgenti;
- ✓ caratteristiche meteoroclimatiche e meteodiffusive dell'area;
- ✓ localizzazione dei recettori (posizione).

L'area oggetto dello studio modellistico è centrata in corrispondenza della piattaforma Petra in cui sarà ubicata la FSRU e approderanno le metaniere, considerando un dominio meteorologico di dimensione 50x50 km con risoluzione 1 km calcolato mediante il processore CALMET partendo dai dati meteorologici dell'intero anno 2021 ottenuti dai campi meteorologici tridimensionali prodotti dal modello prognostico WRF con risoluzione di 12 km.

Per il calcolo previsionale delle ricadute al suolo, è stato utilizzato CALPUFF con una griglia di calcolo con passo 250 m sulla terraferma e di 1000 m in mare, selezionando un'area di 30 km x 20 km tale da ricomprendere i ricettori potenzialmente più esposti, che date le caratteristiche delle sorgenti emissive considerate sono ubicati in corrispondenza dell'area costiera del Comune di Ravenna.

Ai fini della simulazione modellistica, è stata considerata inoltre l'orografia dell'area, **nonché le caratteristiche in termini di uso del suolo (aree urbane, agricole, vegetate, marine, ecc.).**

Nella figura seguente sono rappresentati il dominio considerato per la ricostruzione della meteorologia mediante CALMET e quello della successiva analisi di dispersione degli inquinanti con CALPUFF.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

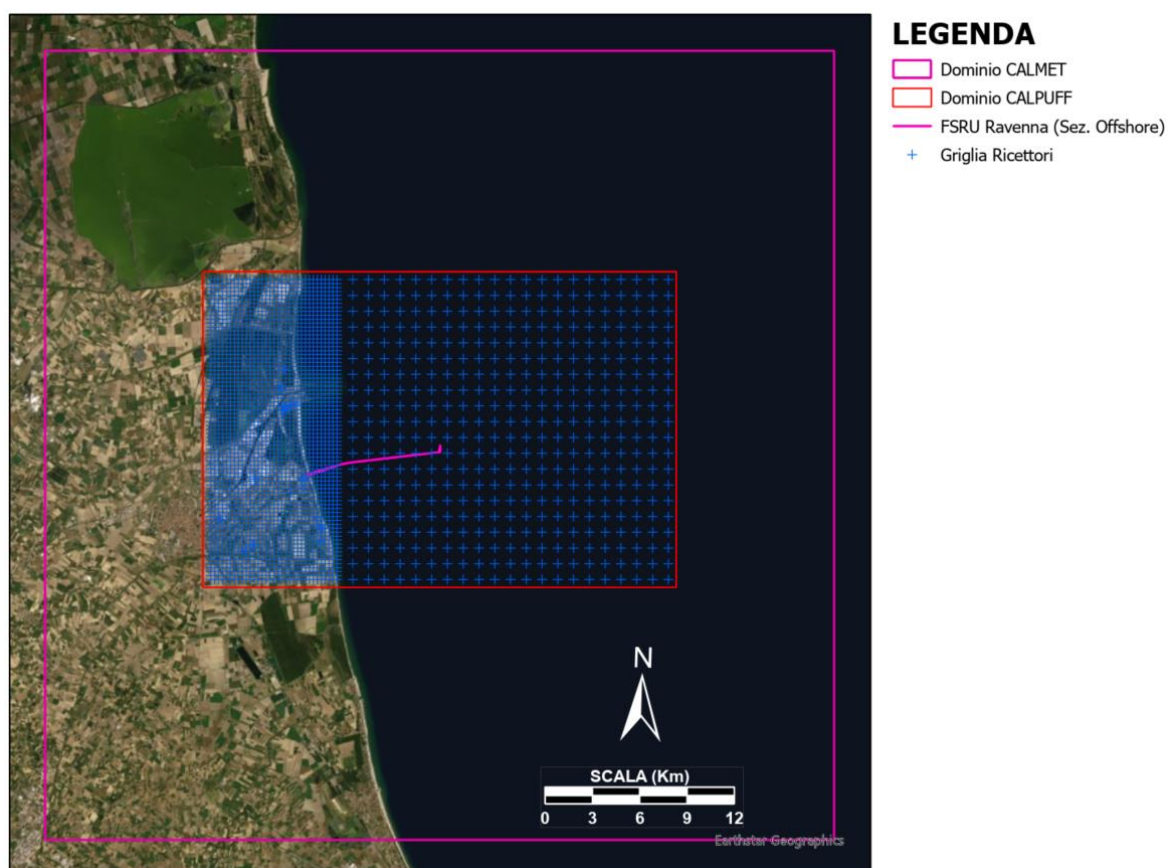


Figura 4-6: Visualizzazione domini meteorologici e di calcolo.

Nella figura seguente si riporta la rosa dei venti a 10 m dal suolo ottenuta in corrispondenza della cella centrale del dominio di CALMET (avente coordinate baricentriche $X = 292.532$ km e $Y = 4926.367$ km), rappresentativa delle condizioni anemologiche in corrispondenza dell'area di ubicazione del Terminale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

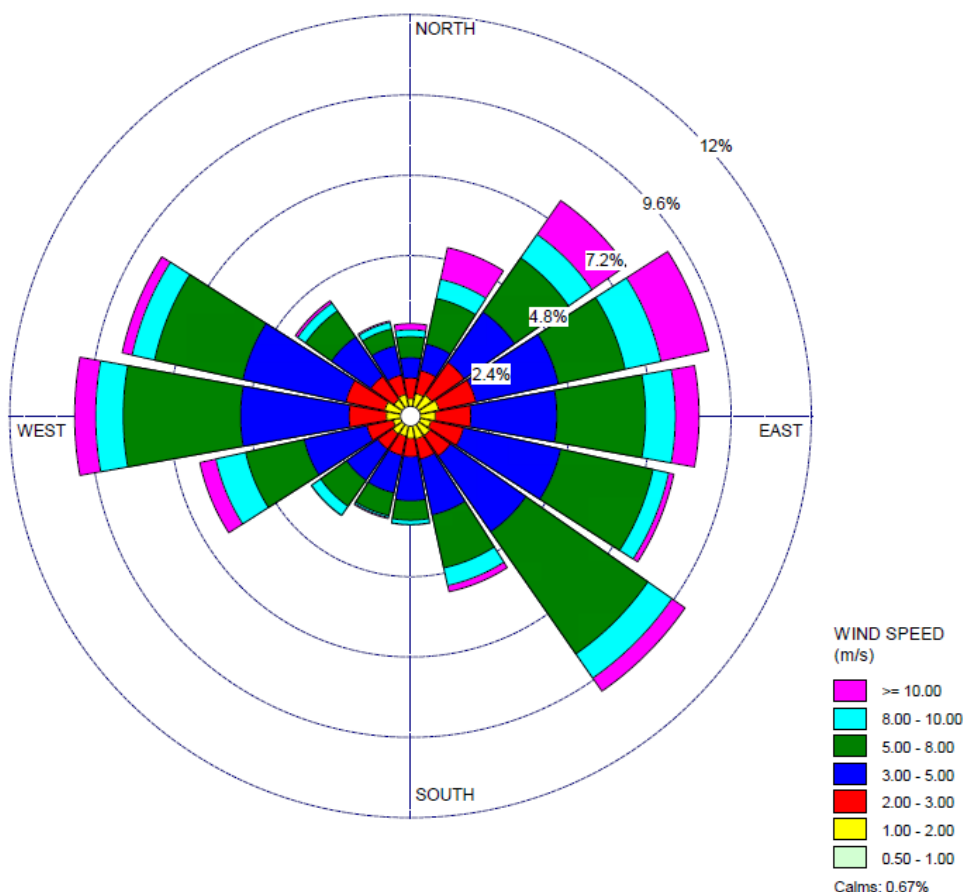


Figura 4-7: Rosa dei venti a 10 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021

Si riportano per completezza anche le rose dei venti a 60 m e 120 m dal suolo sempre in corrispondenza dello stesso punto sopra indicato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 32 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

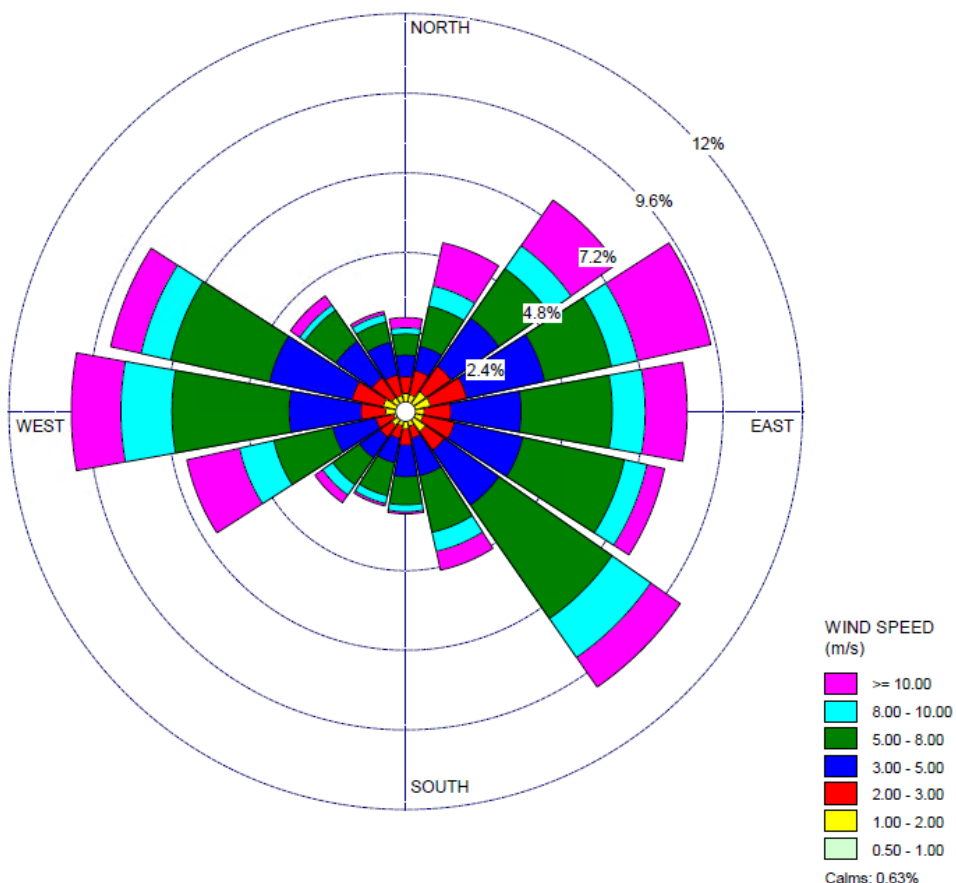


Figura 4-8: Rosa dei venti a 60 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 33 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

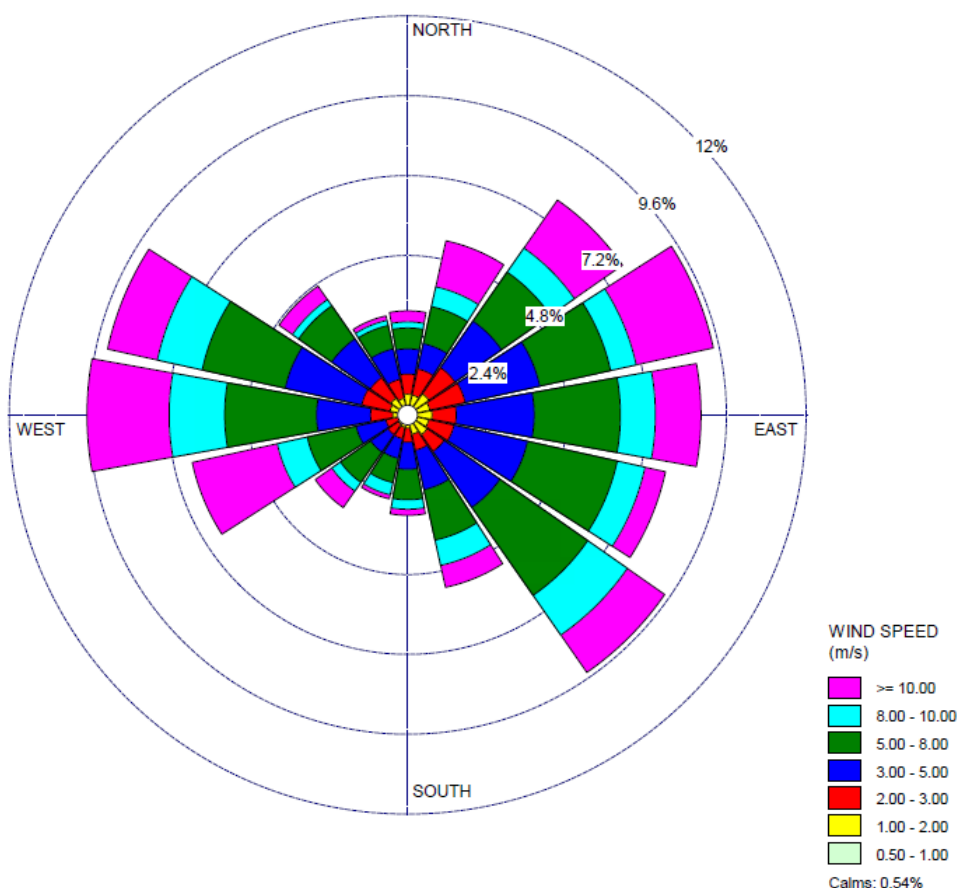


Figura 4-9: Rosa dei venti a 120 m dal suolo in prossimità del Terminale di Ravenna, ricostruita a partire dai dati WRF del 2021

I risultati delle simulazioni ottenuti in corrispondenza dei punti della griglia di calcolo sono stati successivamente interpolati in modo da ottenere una mappa (superficie continua) rappresentativa delle concentrazioni in corrispondenza dei ricettori al suolo nell'intero dominio di simulazione.

Le simulazioni sono state effettuate considerando due distinti scenari, con l'obiettivo di confrontare i valori di ricaduta con i limiti vigenti di qualità dell'aria. In particolar modo sono stati considerati gli scenari massimo e medio descritti nei paragrafi seguenti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 34 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

4.3.1 Scenario massimo

Lo scenario massimo è stato simulato considerando la configurazione di esercizio giornaliera più impattante, al fine di poter effettuare un confronto con i valori limite di media oraria e giornaliera stabiliti dalla normativa. Tale scenario è stato definito:

- ✓ valutando la sovrapposizione delle emissioni generate dai No. 2 motori della FSRU (funzionamento in continuo e costante) alle attività di avvicinamento, accosto, scarico, disormeggio e allontanamento di una metaniera avente capacità di stoccaggio paragonabile a quella della FSRU. Come anticipato nei paragrafi precedenti, sono stati inoltre considerati No. 4 rimorchiatori, che saranno operativi durante le fasi di avvicinamento, accosto, disormeggio e allontanamento della metaniera;
- ✓ considerando una sequenza giornaliera delle attività della metaniera che prevede: fasi di avvicinamento e allontanamento della metaniera rispettivamente nella prima e ultima ora del giorno¹; fasi di manovra in porto (accosto) e successivo disormeggio della metaniera rispettivamente nella seconda e penultima ora del giorno;
- ✓ durata della fase di attracco della metaniera senza scarico pari a circa 8 ore giornaliere **(4 ore dopo l'accosto e 4 ore prima del disormeggio)**;
- ✓ durata della fase di scarico della metaniera pari a circa 12 ore;
- ✓ ai soli fini delle valutazioni modellistiche, ipotizzando cautelativamente il verificarsi delle sopra citate condizioni di esercizio per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Nella successiva tabella si riportano i valori caratteristici delle sorgenti utilizzate nella simulazione del presente scenario, assimilate a delle sorgenti puntuali (camini) ai fini dell'analisi. I flussi emissivi dei motori della FSRU sono stati ottenuti con riferimento ai limiti emissivi riportati nella precedente Tabella 3.3, considerando delle caratteristiche di portata dei fumi in uscita conservativamente associate all'esercizio in continuo dell'unità. Le caratteristiche emissive della metaniera si riferiscono invece a valori considerati in altri studi per metaniere aventi una capacità di trasporto GNL paragonabile a quella della capacità di stoccaggio della FSRU. **Per le emissioni dei rimorchiatori, valgono le considerazioni riportate nel precedente Paragrafo 4.1.**

I dati emissivi riportati nella tabella seguente si riferiscono ai principali inquinanti (NO_x, CO, SO₂ e particolato PM₁₀/PM_{2,5}), mentre per i valori emissivi assunti per gli altri parametri (NMVOC, IPA, Metalli e PCDD/PCDF) si rimanda al successivo Paragrafo 5.5 nel quale sono discusse le ulteriori simulazioni eseguite a seguito della richiesta di integrazioni dell'ISS per quanto concerne NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F.

¹ Non è stata considerata la fase di navigazione, in quanto la rotta di provenienza della metaniera non è facilmente definibile a priori. Sia per la fase di avvicinamento che per quella di allontanamento è stata quindi conservativamente assunta una durata pari ad 1 ora, sebbene la durata di tali operazioni nelle giornate di approdo sia effettivamente inferiore.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 35 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 4.2: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario massimo)

Sorgente	Altezza emissione [m]	Diametro emissione [m]	Temperatura emissione [K]	Velocità effluente [m/s]	Fase emissiva	Inquinante	Flusso emissivo [g/s]
FSRU (singolo motore alimentato a gas naturale)	50,7	0,9	623	52,5	Marcia	NO _x	6,70
						CO	5,36
						Polveri (PM ₁₀ = PM _{2,5})	1,12
						SO ₂	-
Metaniera alimentata a gas naturale	50	1,2	476	14,5	Avvicinamento	NO _x	1,47
					Accosto / Attracco Senza Scarico		0,41
					Scarico Metaniera		0,85
					Disormeggio / Allontanamento		1,83
					-	CO	n.d.
					-	Polveri	-
					-	SO ₂	-
Rimorchiatori (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Avvicinamento	NO _x	3,90
						PM ₁₀	0,10
						PM _{2,5}	0,09
						CO	0,74
						SO ₂	5,03
Rimorchiatori (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Accosto / Disormeggio / Allontanamento	NO _x	2,10
						PM ₁₀	0,06
						PM _{2,5}	0,05
						CO	0,73
						SO ₂	2,87

4.3.2 Scenario medio annuo

Lo scenario medio annuo simulato è stato ottenuto a partire dal precedente scenario massimo, considerando che a livello annuale è previsto l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni. Ai fini del calcolo delle ricadute medie annue, per la metaniera e i No. 4 rimorchiatori aggiuntivi a supporto delle attività di manovra si è pertanto proceduto col considerare un flusso emissivo ponderato, in modo tale da tener conto dell'effettiva intermittenza di tale sorgente emissiva su base annua.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 36 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Anche nello scenario medio è stata mantenuta la piena operatività dei No. 2 motori della FSRU per 8760 ore annue in quanto rappresentativa delle modalità di funzionamento continue della FSRU.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche emissive delle sorgenti considerate per le simulazioni del presente scenario.

Tabella 4.3: Sorgenti emissive e relative caratteristiche (scenario medio)

Sorgente	Altezza emissione [m]	Diametro emissione [m]	Temperatura emissione [°K]	Velocità effluente [m/s]	Fase emissiva	Inquinante	Flusso emissivo [g/s]
FSRU (singolo motore alimentato a gas naturale)	50,7	0,9	623	52,5	Marcia	NO _x	6,70
						CO	5,36
						Polveri (PM ₁₀ = PM _{2,5})	1,12
						SO ₂	-
Metaniera alimentata a gas naturale	50	1,2	476	14,5	Avvicinamento	NO _x	0,29
					Accosto / Attracco Senza Scarico		0,08
					Scarico Metaniera		0,17
					Disormeggio / Allontanamento		0,37
					-	CO	n.d.
					-	Polveri	-
					-	SO ₂	-
Rimorchiat ore (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Avvicinamento	NO _x	0,78
						PM ₁₀	0,02
						PM _{2,5}	0,017
						CO	0,15
						SO ₂	1,01
Rimorchiat ore (singolo) alimentato a MDO	8	0,4	673	12,0	Accosto / Disormeggio / Allontanamento	NO _x	0,42
						PM ₁₀	0,012
						PM _{2,5}	0,010
						CO	0,15
						SO ₂	0,57

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 37 di 79	Rev. 1

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

4.3.3 Identificazione dei ricettori discreti

Come anticipato, al fine di consentire un'analisi di dettaglio dei livelli di ricaduta stimati dal modello, nonché per le successive valutazioni di impatto sanitario (per le quali si rimanda ad Annesso dedicato), oltre ai ricettori su griglia sono stati individuati dei ricettori discreti.

Nello specifico, è stata effettuata una selezione delle principali strutture scolastiche, sanitarie (non individuate nel dominio di simulazione), asili nidi e strutture per anziani presenti nell'area in esame. È stata considerata inoltre l'ubicazione delle No. **3** centraline di monitoraggio della qualità dell'aria site nel dominio di calcolo (Caorle, Porto San Vitale e **Germani**).

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione dei ricettori discreti e delle centraline sopra indicate, per una cui descrizione si rimanda alla successiva tabella.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 38 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera



Figura 4-10: Ubicazione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 39 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 4.4: Descrizione ricettori discreti e centraline di qualità dell'aria

ID	NOME	TIPO
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare – CIRI FRAME	Università
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria
16	Moretti Marino	Scuola Primaria
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia
CENT_1	CAORLE	CENTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 40 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

5 DESCRIZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Nelle prossime sezioni si riportano i dettagli dei risultati ottenuti. **In particolare, vengono prima discussi i principali inquinanti (NO_x, SO₂ e particolato PM₁₀ e PM_{2,5}), mentre nel Par. 5.5 si riporta la trattazione integrativa relativa a NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/PCDF.**

Come anticipato **nei paragrafi precedenti**, nel caso del CO si ritiene **invece** di non riportare **specifici** approfondimenti, data la scarsa significatività dei risultati ottenuti dalle simulazioni rispetto al valore limite applicabile.

Per completezza, si evidenzia comunque che le massime ricadute al suolo di CO stimate con riferimento allo scenario massimo sono risultate:

- ✓ **Pari a circa lo 0,06% del valore limite ex D.Lgs. 155/2010 per quanto riguarda le massime ricadute calcolate come media su 8 ore (circa 0,006 mg/m³ rispetto a un valore limite di 10 mg/m³);**
- ✓ **Pari a circa lo 0,05% del valore di 4 mg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS 2021 con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere, con un valore stimato nel punto di massima ricaduta al suolo pari a circa 0,002 mg/m³).**

Pur non avendo considerato il contributo della metaniera per il parametro CO (si veda il precedente Paragrafo 4.1), appare del tutto evidente come tale sorgente non sia in grado di modificare in maniera apprezzabile le suddette valutazioni.

5.1 Ossidi di Azoto (NO_x)

5.1.1 Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)

Per quanto concerne gli NO_x, il limite di legge orario fissato dal D. Lgs 155/2010 è pari a 200 µg/m³ (per NO₂) e non può essere superato per più di 18 volte in un anno, il che corrisponde al 99,8 percentile dei valori su media oraria.

Come mostra la mappa di ricaduta nella successiva Figura 5-1, le massime ricadute stimate nello scenario massimo descritto nel precedente Paragrafo 4.3.1 si registrano in mare, in prossimità dell'area in cui saranno effettuate le operazioni di manovra della metaniera con i rimorchiatori a supporto. Avvicinandosi alla terraferma, le ricadute si attenuano notevolmente, con valori che in corrispondenza di una porzione di costa di dimensioni contenute a ovest della piattaforma Petra superano di poco i 20 µg/m³, valore comunque pari a 1/10 del suddetto valore limite. Come si evince dalla Tabella 5.1, le ricadute stimate in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline di qualità dell'aria risultano ulteriormente inferiori.

Il risultato ottenuto è in ogni caso da considerarsi estremamente cautelativo ed è sicuramente influenzato dalle ipotesi modellistiche con le quali è stato calcolato; il dato non si riferisce infatti a uno scenario reale di funzionamento, bensì è stato ottenuto considerando il verificarsi della condizione emissiva più impattante (sovrapposizione delle emissioni generate dai motori della FSRU alle attività della metaniera e dei 4 rimorchiatori) per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 41 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Nella realtà dei fatti è previsto indicativamente l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni, con relativo supporto dei rimorchiatori. In tal senso, è pertanto ragionevolmente poco probabile che le operazioni dei rimorchiatori (previste solo per 4 ore al giorno in concomitanza con la presenza delle metaniere in porto) avvengano esattamente in concomitanza col verificarsi delle 18 ore peggiori dal punto di vista della dispersione degli inquinanti (i.e. le condizioni meteorologiche associate al concetto di 99,8° percentile).

Si ricorda inoltre che un'altra ipotesi cautelativa, adottata esclusivamente ai fini delle valutazioni modellistiche, è l'adozione di un rapporto pari a 1 tra i quantitativi di NO_x emessi e le relative ricadute al suolo di NO₂.

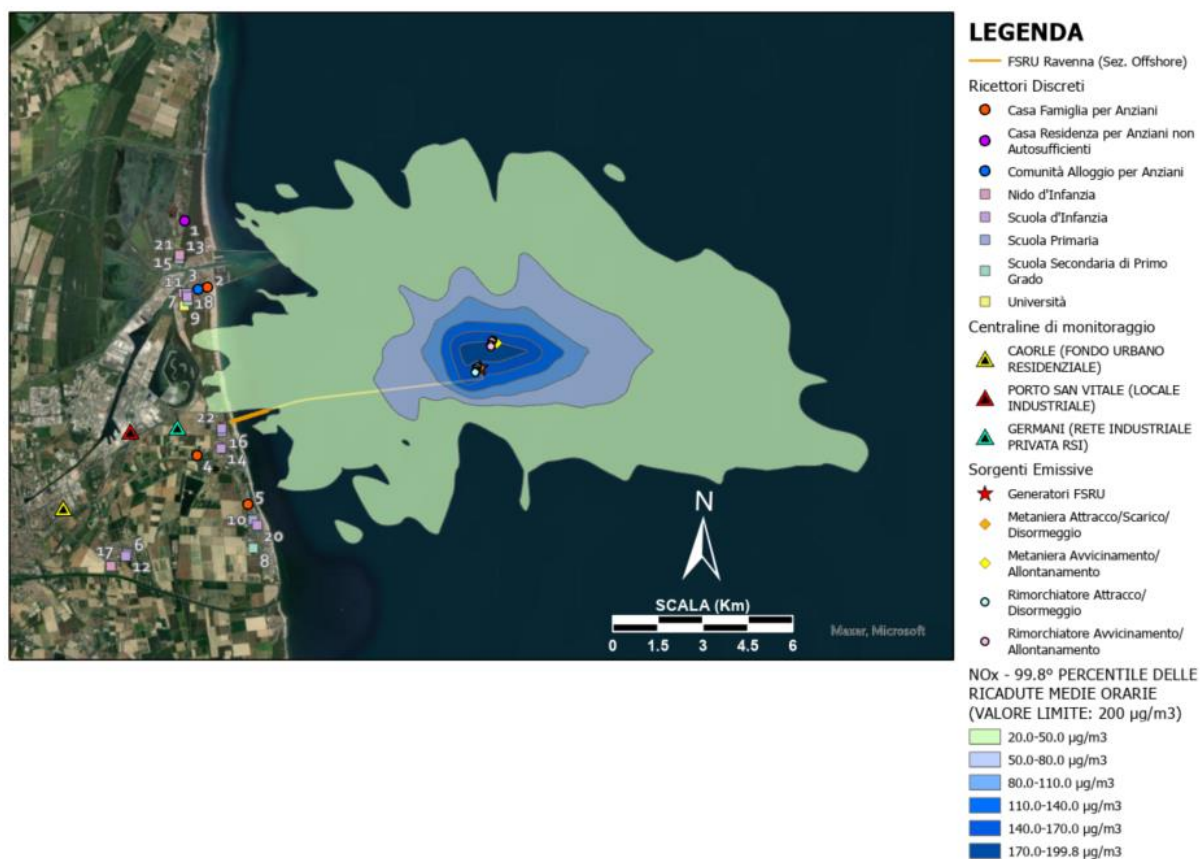


Figura 5-1: Scenario Massimo - 99,8° percentile delle concentrazioni medie orarie di NO_x (Valore Limite per NO₂: 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte in un anno)

Sempre con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate anche le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere, per il

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	NQ/R22178	REL-AMB-E-09002
	PROGETTO / IMPIANTO	FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 42 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

confronto con il valore di riferimento pari a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostra la mappa di ricaduta di cui alla successiva figura, le concentrazioni al suolo stimate dal modello sono sempre inferiori a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel punto di massima ricaduta al suolo in prossimità della costa), risultando pertanto inferiori al suddetto valore indicato dall'OMS.

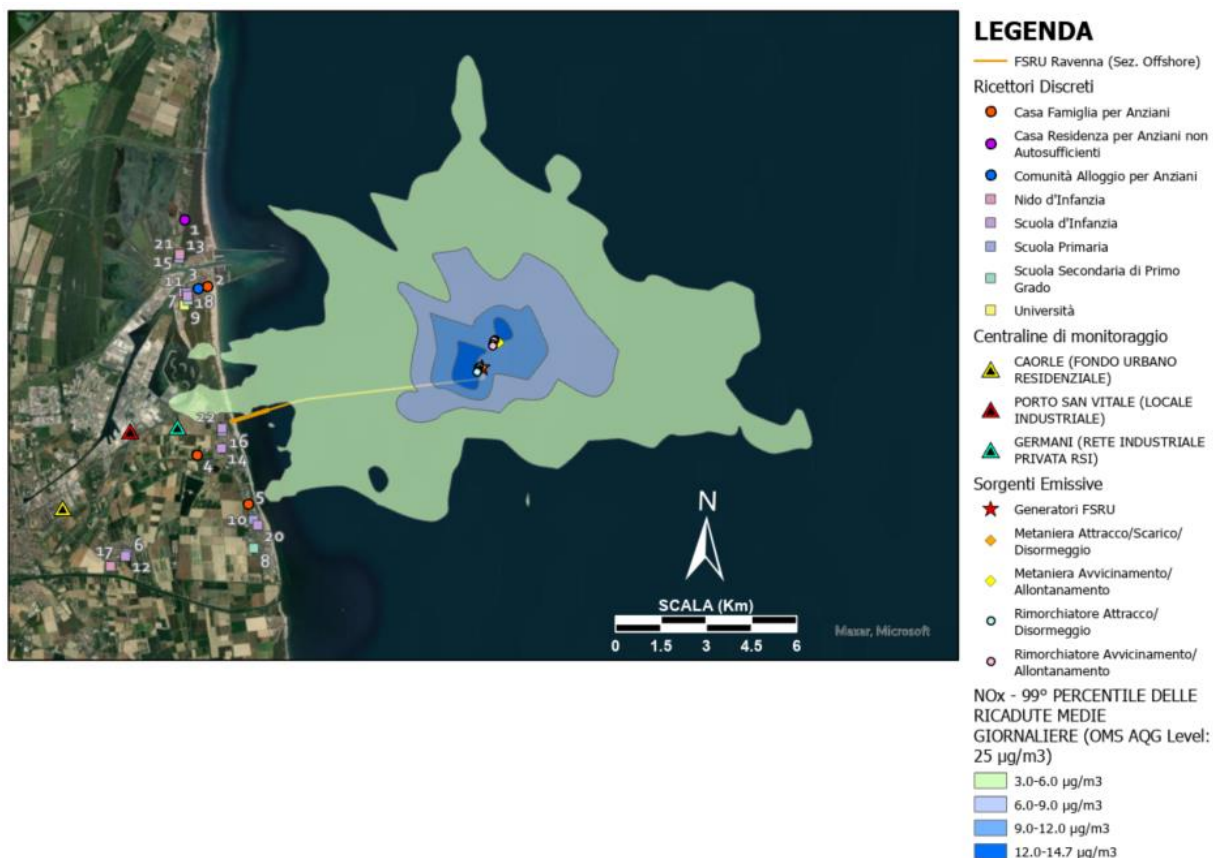


Figura 5-2: Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di NO_x (AQG Level OMS 2021: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

I valori ottenuti in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline di qualità dell'aria sono riassunti nella tabella seguente. Come anticipato, si osserva che i valori **orari** stimati presso ricettori discreti e centraline, ottenuti con le suddette ipotesi ampiamente conservative, risultano sempre ampiamente inferiori al limite di legge, non superando mai i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (i.e. 1/10 del valore limite). **Analogamente, le ricadute giornaliere risultano inferiori al valore indicato dall'OMS, superando di poco 1/10 di tale valore solamente in corrispondenza del ricettore più esposto (No. 4) e della centralina "Germani".**

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 43 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 5.1: Scenario Massimo - 99.8° percentile delle ricadute medie orarie e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di NO_x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per NO₂: 200 µg/m³ come media oraria da non superare più di 18 volte all'anno - AQG Level OMS 2021: 25 µg/m³ come 99° percentile delle medie giornaliere)

ID	NOME	TIPO	NOX - 99.8° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m3)	NOX - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORN. (µg/m3)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	14,6	1,8
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	12,6	2,3
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	12,1	2,2
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	15,6	2,8
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	14,3	2,5
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	6,8	1,3
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	13,1	2,0
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	10,1	1,7
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	13,2	1,8
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	11,7	2,5
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	12,9	2,0
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	6,9	1,3

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 44 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	NOX - 99.8° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m3)	NOX - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORN. (µg/m3)
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	12,4	1,9
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	18,2	2,4
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	12,0	1,7
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	14,5	2,1
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	6,4	1,1
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	13,5	2,2
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	12,6	2,2
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	10,7	2,0
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	12,4	1,9
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	14,9	2,5
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	6,7	1,1
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	11,0	1,9
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	13,1	2,8

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 45 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

5.1.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Per quanto concerne gli NO_x, il limite di legge annuale fissato dal D. Lgs 155/2010 è 40 µg/m³, sempre riferito a NO₂.

Come si può osservare in Figura 5-3 è evidente che i valori stimati nello scenario medio annuo descritto nel precedente Paragrafo 4.3.2 sono sempre abbondantemente entro i limiti applicabili, con le ricadute massime pari a circa 0,34 µg/m³ (<1% del valore limite) e che si ottengono in mare in prossimità delle sorgenti emissive.

Le ricadute sulla terraferma in prossimità della costa sono ulteriormente inferiori, non superando mai gli 0,20 µg/m³ (0,5% del valore limite). Tali ricadute sono sostanzialmente riconducibili alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emissive all'aumentare dell'altezza.

Si evidenzia come i suddetti valori siano ampiamente inferiori anche al più restrittivo valore di 10 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS del 2021.

In generale, si può osservare che nonostante l'approccio decisamente conservativo per lo scenario massimo, le ricadute medie annue di NO_x associate al progetto nella configurazione in esame saranno decisamente molto inferiori e contenute.

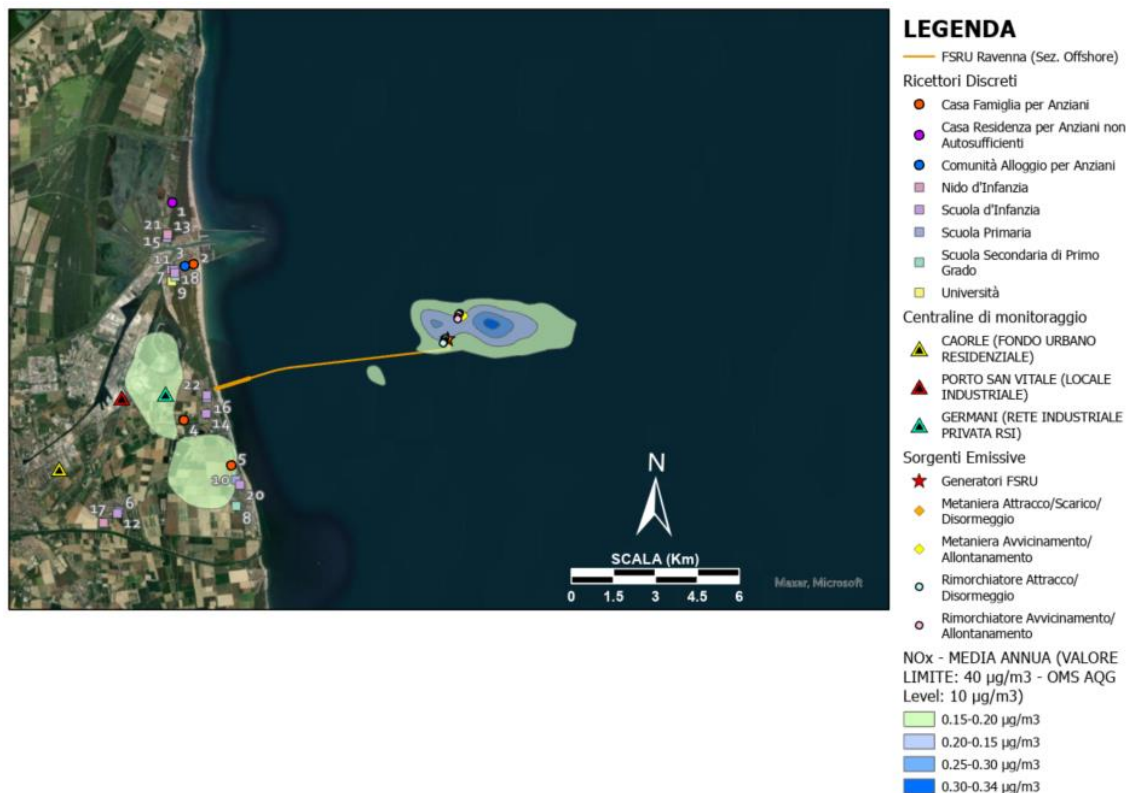


Figura 5-3: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO_x (Valore Limite per NO₂: 40 µg/m³ - AQG Level OMS 2021: 10 µg/m³)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 46 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

**Tabella 5.2: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di NO_x in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline
(Valore Limite per NO₂: 40 µg/m³)**

ID	NOME	TIPO	NO _x - RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	0,06
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	0,05
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	0,05
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	0,13
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	0,16
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	0,11
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	0,06
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,13
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	0,06
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	0,15
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	0,05
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	0,11
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	0,05
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	0,09
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	0,05
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	0,07
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	0,10
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,05
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	0,05
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	0,14
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	0,05

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 47 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	NO _x - RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m ³)
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	0,07
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	0,08
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	0,14
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	0,17

Nella successiva Figura si richiama nuovamente la mappa delle ricadute medie annue di NO_x, mostrando questa volta l'ubicazione delle aree Rete Natura 2000 (ZSC-ZPS), dei Parchi e delle Riserve Naturali presenti nell'area analizzata, per la cui caratterizzazione si rimanda allo Studio di Incidenza (REL-AMB-E-09012).

Le ricadute medie annue di NO_x stimate dal modello sono sempre abbondantemente inferiori al livello critico per la protezione della vegetazione di 30 µg/m³, con ricadute che anche in corrispondenza della ZSC-ZPS IT4070006 “Pialassa dei Piomboni, Pineta di Punta Marina” (parzialmente coincidente con un'area del Parco Regionale Delta del Po) risultano sempre inferiori a 0,2 µg/m³.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 48 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

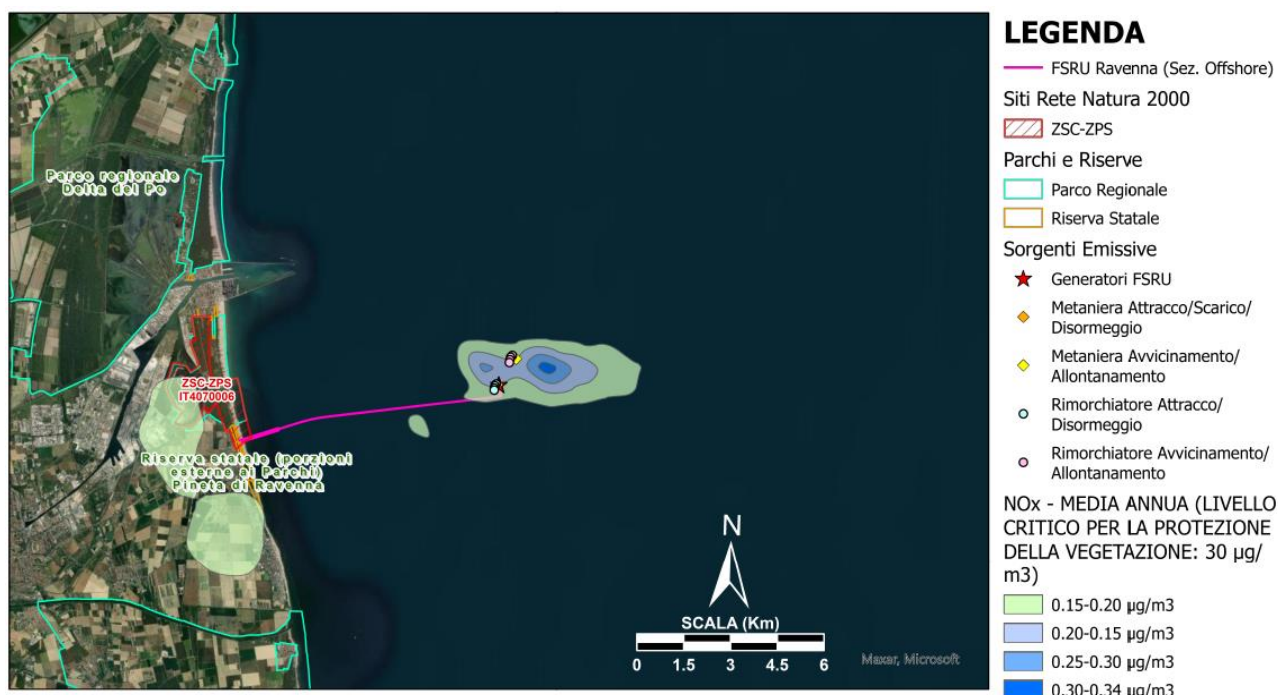


Figura 5-4: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di NO_x (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 30 µg/m³)

5.2 Polveri (PM₁₀)

5.2.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo)

Per quanto concerne le polveri PM₁₀, il limite di legge giornaliero fissato dal D. Lgs 155/2010 è pari a 50 µg/m³ e non può essere superato per più di 35 volte in un anno, il che corrisponde al 90.4 percentile del valore su media giornaliera.

I livelli di ricaduta stimati nella simulazione relativa allo scenario massimo risultano sempre più di due ordini di grandezza inferiori al suddetto limite, col massimo valore del 90.4 percentile delle ricadute medie giornaliere che si verifica in mare (in prossimità delle sorgenti emmissive) ed è pari a circa 0,16 µg/m³ (Figura 5-5), con valori ai ricettori discreti sulla terraferma abbondantemente inferiori (Tabella 5.3). Anche in questo caso, la componente di ricaduta sulla terraferma in prossimità della costa (che è comunque sempre inferiore a 0,10 µg/m³) appare riconducibile alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emmissive all'aumentare dell'altezza.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 49 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera



Figura 5-5: Scenario Massimo - 90,4 percentile delle concentrazioni medie giornaliere di Polveri
(Valore Limite per PM10: 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte in un anno)

Sempre con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate anche le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere, per il confronto con il valore di riferimento pari a 45 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostra la mappa di ricaduta di cui alla successiva figura, le concentrazioni al suolo stimate dal modello sono sempre pari o inferiori a 0,4 µg/m³, risultando pertanto nettamente inferiori al suddetto valore indicato dall'OMS.

	PROGETTISTA	RINA	COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 50 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

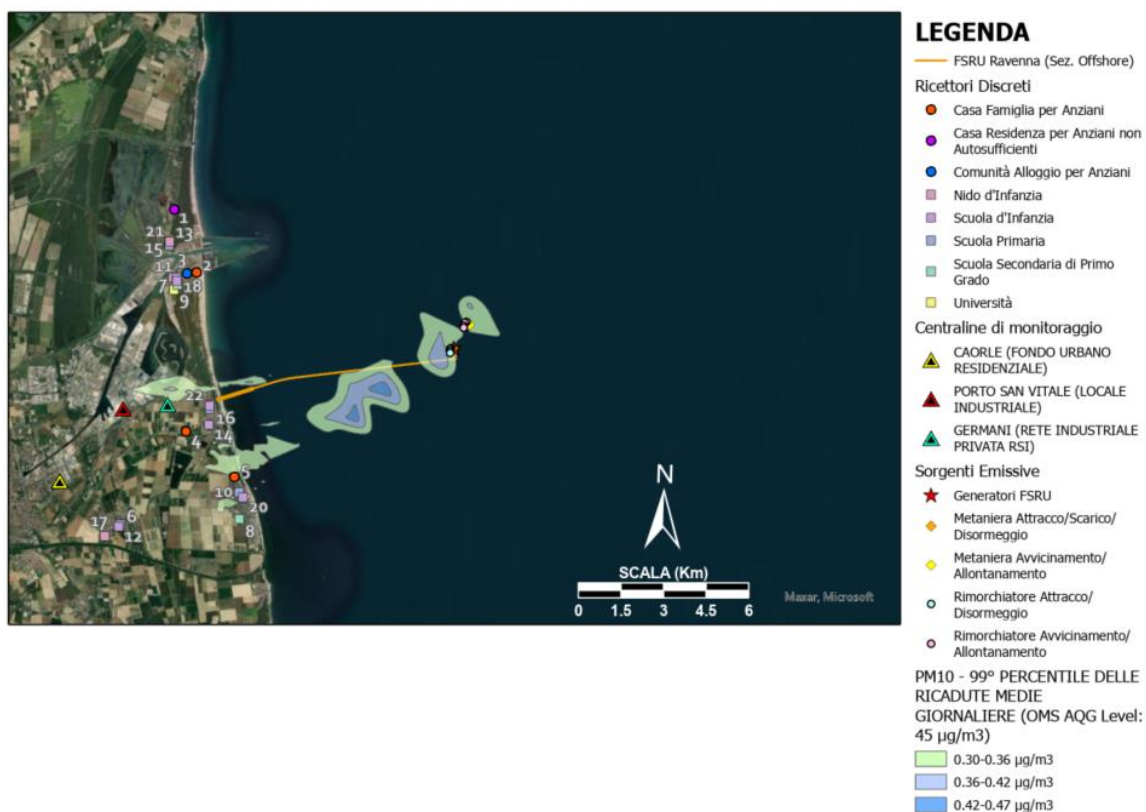


Figura 5-6: Scenario Massimo – 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM10 (AQG Level OMS 2021: 45 µg/m³)

Tabella 5.3: Scenario Massimo - 90.4° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM10: 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte all'anno - AQG Level OMS 2021: 45 µg/m³ come 99° percentile)

ID	NOME	TIPO	PM 10 - 90.4° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)	PM 10 - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	0,03	0,08
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	0,01	0,11
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	0,02	0,10

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 51 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	PM 10 - 90.4° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)	PM 10 - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m³)
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	0,07	0,17
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	0,08	0,28
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	0,06	0,16
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	0,02	0,12
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,06	0,23
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	0,02	0,12
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	0,07	0,29
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	0,02	0,10
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	0,06	0,16
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	0,02	0,08
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	0,04	0,14
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	0,02	0,08
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	0,03	0,19
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	0,05	0,14
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,02	0,10
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	0,02	0,10
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	0,06	0,29
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	0,02	0,08
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	0,03	0,16
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	0,04	0,12
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	0,07	0,20

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 52 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	PM 10 - 90.4° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM 10 - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	0,08	0,28

5.2.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Per quanto concerne le polveri PM_{10} il limite di legge annuale fissato dal D. Lgs 155/2010 è $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

I dati ottenuti dalla simulazione previsionali risultano prossimi a tre ordini di grandezza inferiori rispetto al limite sopra indicato, pertanto da ritenersi praticamente trascurabili rispetto ai livelli di qualità dell'aria preesistenti.

Anche in questo caso si osserva una componente di ricaduta sulla terraferma in prossimità della costa (che è comunque sempre inferiore a $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$), riconducibile alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emmissive all'aumentare dell'altezza. **Le concentrazioni attese risultano inoltre nettamente inferiori anche al valore di $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ suggerito dalle Linee Guida OMS del 2021.**

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 53 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

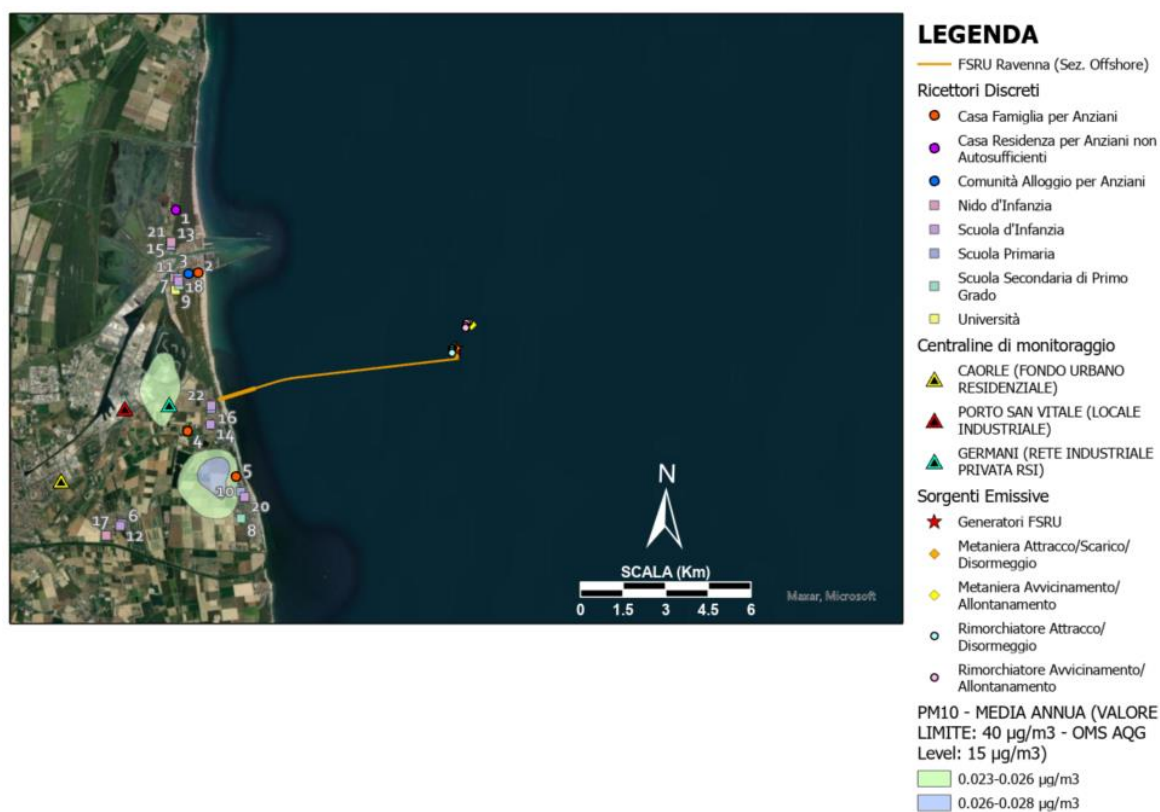


Figura 5-7: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM10: 40 µg/m³ - AQG Level OMS 2021: 10 µg/m³)

Tabella 5.4: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di Polveri in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite per PM10: 40 µg/m³)

ID	NOME	TIPO	PM10 – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	0,006
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	0,004
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	0,004
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	0,018
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	0,024
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	0,016

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 54 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	PM10 – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m³)
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	0,006
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,020
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	0,006
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	0,022
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	0,005
12	Il Pettirosso	Scuola d'Infanzia	0,016
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	0,005
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	0,011
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	0,005
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	0,009
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	0,015
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,005
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	0,005
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	0,020
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	0,005
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	0,008
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	0,012
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	0,021
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	0,024

5.3 Polveri (PM2,5)

5.3.1 Limite Giornaliero (Scenario Massimo)

Con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99° percentile delle medie giornaliere di PM2,5, per il confronto con il valore di riferimento pari a 15 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 55 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Come mostra la mappa di ricaduta di cui alla successiva figura, le concentrazioni al suolo stimate dal modello sono sempre pari o inferiori a $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, risultando pertanto nettamente inferiori al suddetto valore indicato dall'OMS.

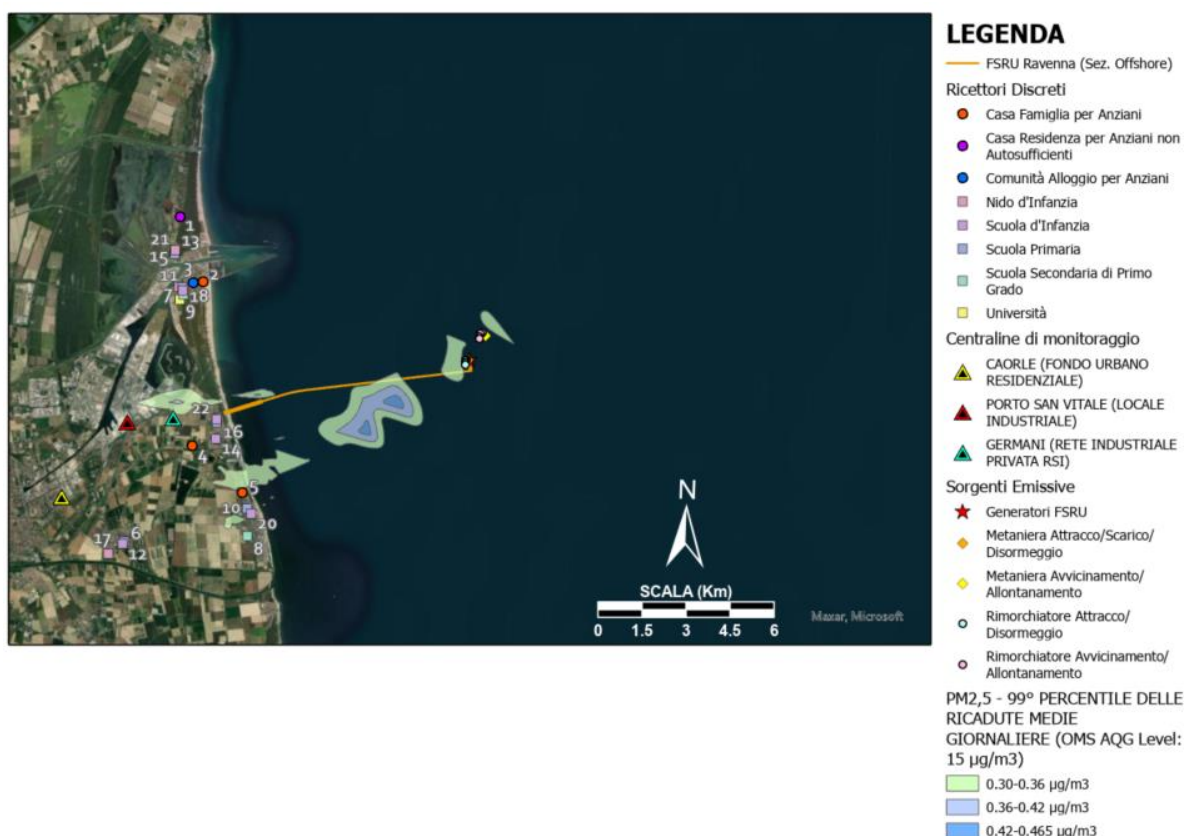


Figura 5-8: Scenario Massimo – 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di PM2,5 (AQG Level OMS 2021: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Nella tabella seguente si riportano i valori ottenuti in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline, che risultano ulteriormente inferiori.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 56 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 5.5: Scenario Massimo - 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di PM_{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (AQG Level OMS 2021: 15 µg/m³ come 99° percentile)

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	0,08
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	0,10
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	0,10
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	0,17
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	0,27
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	0,16
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	0,12
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,23
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	0,12
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	0,29
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	0,10
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	0,15
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	0,07
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	0,14
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	0,07
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	0,19
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	0,14
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,10

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 57 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} - 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	0,10
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	0,29
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	0,07
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	0,15
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	0,12
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	0,20
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	0,28

5.3.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Il limite di legge annuale fissato dal D. Lgs 155/2010 per il PM_{2,5} è invece di 25 µg/m³.

I dati previsionali ottenuti dalla simulazione (scenario medio annuo) risultano prossimi a tre ordini di grandezza inferiori rispetto al limite sopra indicato.

Anche in questo caso si osserva una componente di ricaduta sulla terraferma in prossimità della costa (che è comunque sempre inferiore a 0,03 µg/m³), riconducibile alle condizioni dispersive in quota, che tendono a influire maggiormente sulle sorgenti emissive all'aumentare dell'altezza. Si osserva che concentrazioni attese risultano inoltre nettamente inferiori anche al valore più restrittivo di 5 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida OMS del 2021.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
	LOCALITA'	RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 58 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

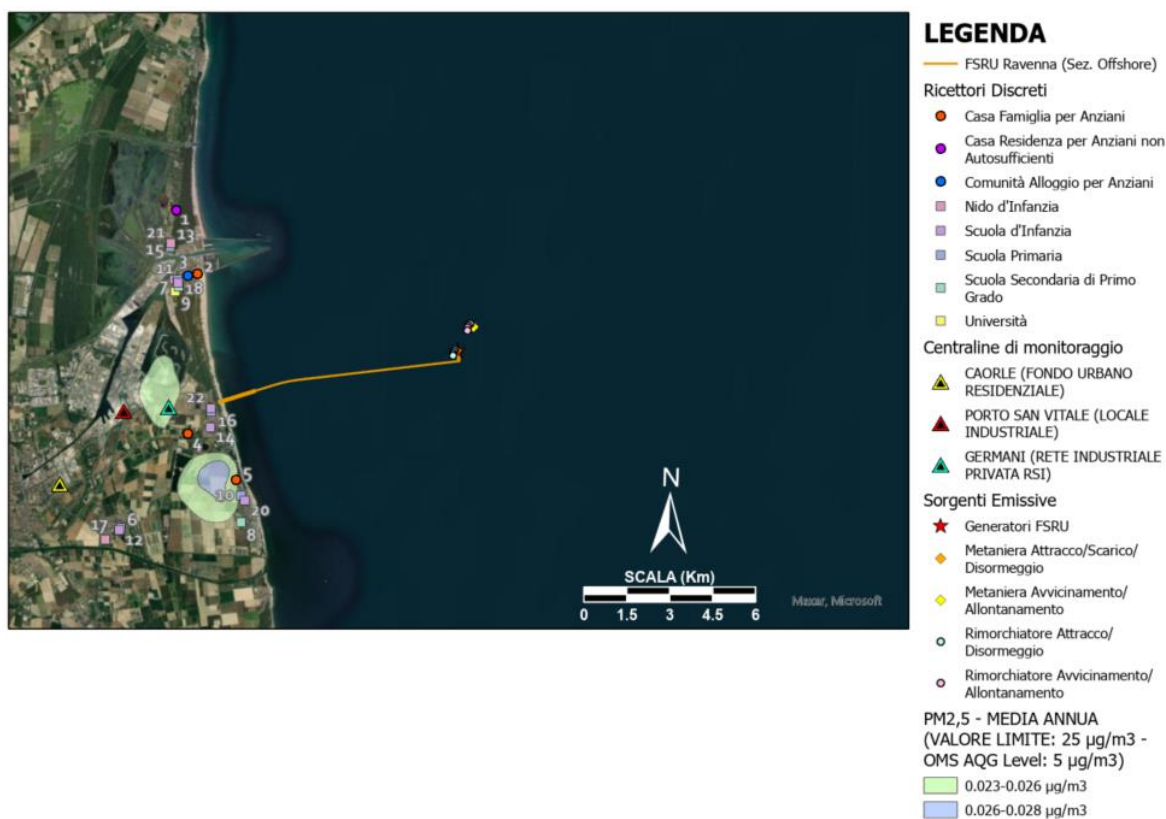


Figura 5-9: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di Polveri (Valore Limite per PM_{2,5}: 25 µg/m³- AQG Level OMS 2021: 5 µg/m³)

Anche in questo caso si richiamano per completezza i valori delle medie annue ottenute in corrispondenza di ricettori discreti e centraline.

Tabella 5.6: Scenario Medio Annuo - Ricadute medie annue di PM_{2,5} in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline (Valore Limite: 25 µg/m³ - AQG Level OMS 2021: 5 µg/m³)

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	0,006
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	0,004

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 59 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	PM _{2,5} – RICADUTE MEDIE ANNUE (µg/m³)
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	0,004
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	0,018
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	0,023
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	0,016
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	0,006
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,020
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	0,006
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	0,022
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	0,005
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	0,016
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	0,005
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	0,011
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	0,005
16	Moretti Marino	Scuola Primaria	0,008
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	0,015
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	0,005
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	0,005
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	0,020
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	0,005
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	0,008
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	0,012
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	0,021
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	0,024

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 60 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

5.4 Biossido di zolfo (SO₂)

5.4.1 Limite Orario e Giornaliero (Scenario Massimo)

Per quanto concerne l' SO₂, il limite di legge orario fissato dal D. Lgs 155/2010 è pari a 350 µg/m³ e non può essere superato per più di 24 volte in un anno, il che corrisponde al 99,7° percentile dei valori su media oraria.

Come mostra la mappa di ricaduta nella successiva figura, le massime ricadute stimate nello scenario massimo si registrano in mare, in prossimità dell'area in cui saranno effettuate le operazioni di manovra della metaniera con i rimorchiatori a supporto. Avvicinandosi alla terraferma, le ricadute si attenuano notevolmente, con valori che, in corrispondenza di una porzione di costa a ovest della piattaforma Petra superano di poco i 20 µg/m³, valore pari a circa 1/20 del suddetto valore limite.

Il risultato ottenuto è in ogni caso da considerarsi estremamente cautelativo ed è sicuramente influenzato dalle ipotesi modellistiche con le quali è stato calcolato; come già indicato per gli NO_x il dato non si riferisce infatti a uno scenario reale di funzionamento, bensì è stato ottenuto considerando il verificarsi della condizione emissiva più impattante (sovrapposizione delle emissioni generate dai motori della FSRU alle attività della metaniera e dei 4 rimorchiatori) per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Si ribadisce che, nella realtà dei fatti, è previsto indicativamente l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni, con relativo supporto dei rimorchiatori. In tal senso, è pertanto ragionevolmente poco probabile che le operazioni dei rimorchiatori (previste solo per 4 ore al giorno in concomitanza con la presenza delle metaniere in porto) avvengano esattamente in concomitanza col verificarsi delle 24 ore peggiori dal punto di vista della dispersione degli inquinanti (i.e. le condizioni meteorologiche associate al concetto di 99,7° percentile).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 61 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

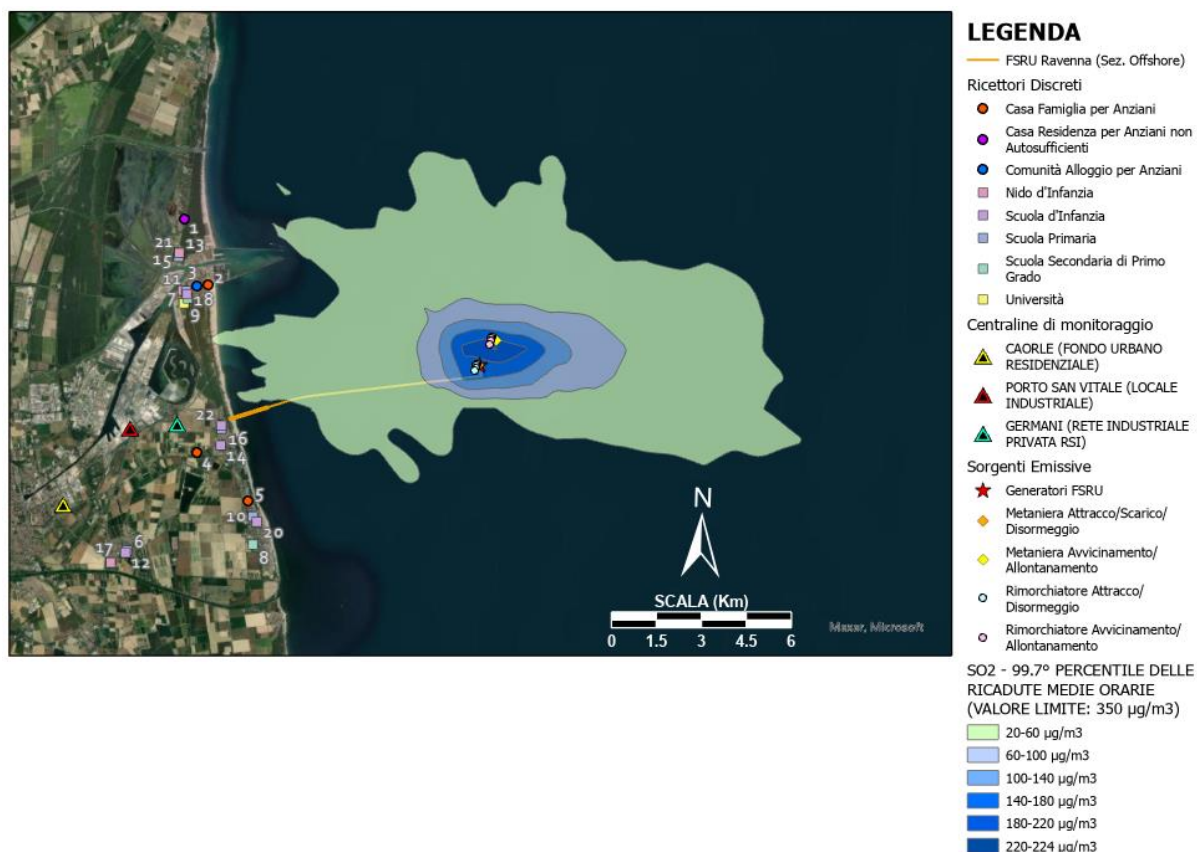


Figura 5-10: Scenario Massimo - 99,7° percentile delle concentrazioni medie orarie di SO₂ (Valore Limite: 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte in un anno)

Sempre con riferimento allo scenario massimo, sono state stimate anche le massime ricadute al suolo attese con riferimento al 99,2° percentile delle medie giornaliere, per il confronto con il valore limite ex D.Lgs. 155/2010 (pari 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte l'anno) ed al 99° percentile delle medie giornaliere per il confronto con il valore di 40 µg/m³ suggerito dalle Linee Guida dell'OMS del 2021.

Come mostrano le mappe di ricaduta riportate nelle figure seguenti, le massime ricadute giornaliere al suolo stimate dal modello sono sempre risultate inferiori a 4 µg/m³ (3,9 µg/m³ nel punto di massima ricaduta al suolo in prossimità della costa per quanto riguarda il 99,2° percentile, 3,6 µg/m³ per quanto riguarda il 99° percentile), risultando pertanto nettamente inferiori sia al suddetto valore limite ex D.Lgs. 155/2010 sia al suddetto valore suggerito dall'OMS.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 62 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

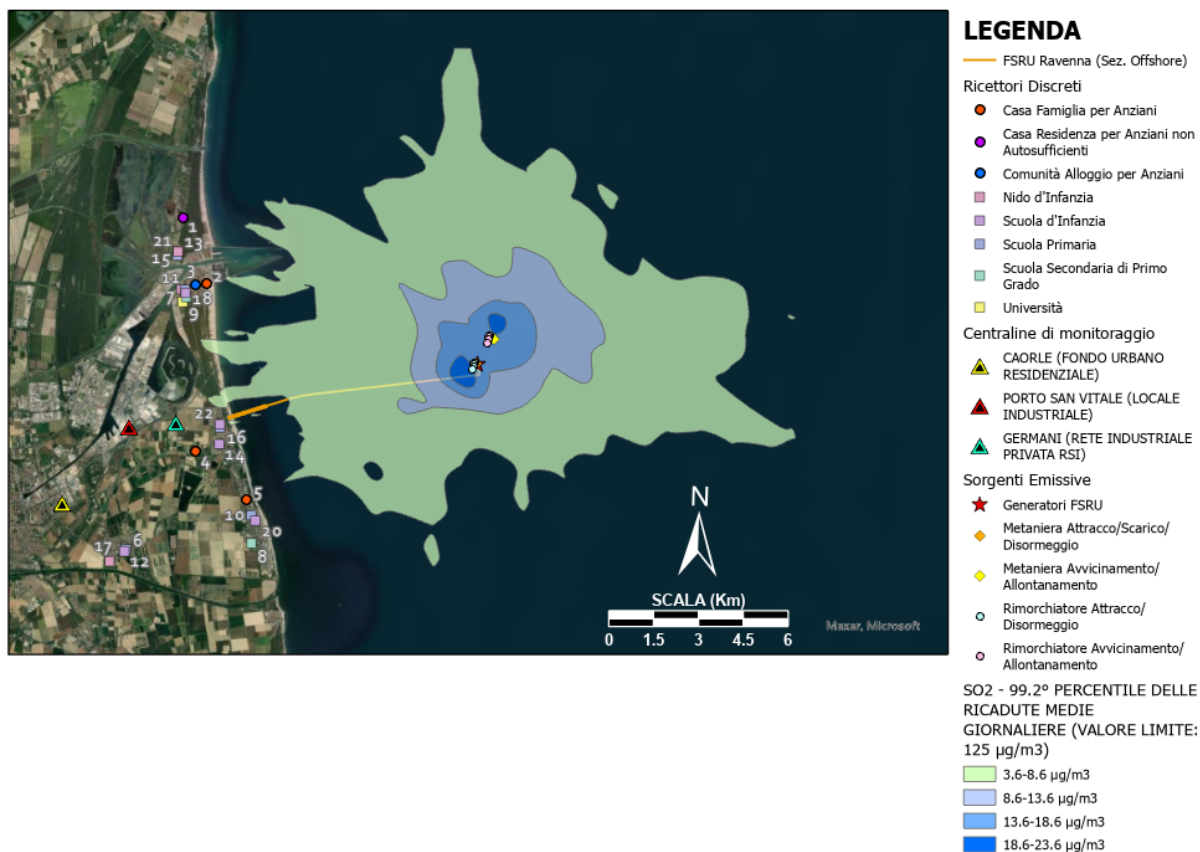


Figura 5-11: Scenario Massimo - 99,2° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO₂ (Valore Limite: 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte in un anno)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 63 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

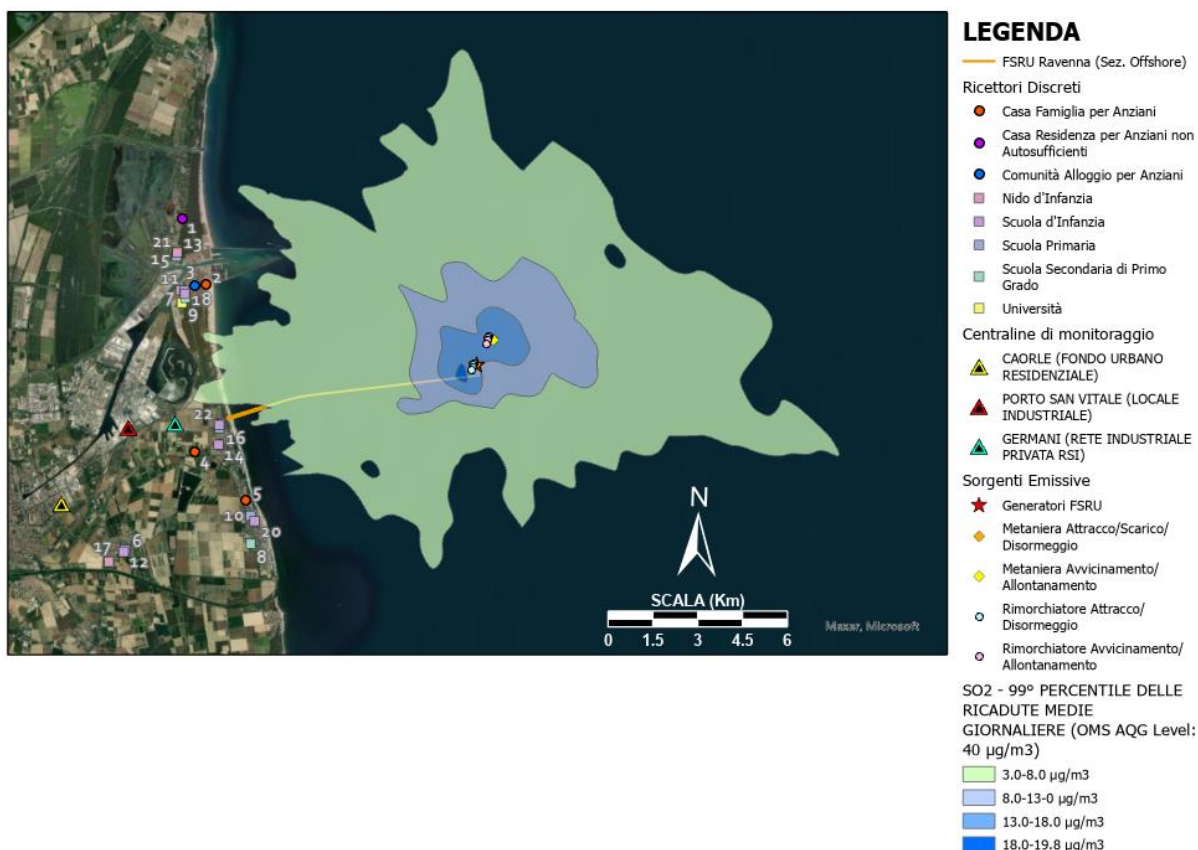


Figura 5-12: Scenario Massimo - 99° percentile delle concentrazioni medie giornaliere di SO₂ (OMS AQG Level: 40 µg/m³)

Si richiamano per completezza i valori delle ricadute ottenuti in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline, che mostrano come in corrispondenza di tali elementi le ricadute attese siano ulteriormente inferiori e contenute rispetto ai valori limite e di riferimento considerati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 64 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 5.7: Scenario Massimo – 99,7° percentile delle ricadute medie orarie e 99,2° e 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO₂ in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline

ID	NOME	TIPO	SO ₂ – 99.7° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m ³)	SO ₂ – 99.2° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)	SO ₂ – 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
1	Casa di Fraternità Betania	Casa Residenza per Anziani non Autosufficienti	13,0	2,6	1,8
2	I miei nonni	Casa Famiglia per Anziani	11,7	3,0	2,2
3	Villa Bina	Comunità Alloggio per Anziani	10,7	2,7	2,0
4	Stella Bianca Punta Marina	Casa Famiglia per Anziani	11,2	3,2	2,3
5	Casa Famiglia Nonna Rosa	Casa Famiglia per Anziani	10,4	2,6	1,9
6	Cavina Sergio	Scuola Primaria	4,6	1,0	0,9
7	Marina di Ravenna	Nido d'Infanzia	12,2	2,3	1,8
8	Dante Alighieri	Scuola Secondaria di Primo Grado	6,4	1,0	0,9
9	Centro di Ricerca Ambiente Energia e Mare - CIRI FRAME	Università	12,0	2,0	1,9
10	Iqbal Masih	Scuola Primaria	9,5	1,5	1,2
11	Mameli Goffredo	Scuola Primaria	12,6	2,4	1,8
12	Il Pettiroso	Scuola d'Infanzia	4,4	1,0	0,9
13	Il Veliero	Scuola d'Infanzia	10,1	2,3	1,8
14	I Delfini	Scuola d'Infanzia	12,6	2,9	2,6
15	Garibaldi Giuseppe	Scuola Primaria	10,0	2,1	1,9
16	Moretti	Scuola Primaria	12,7	3,7	2,1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 65 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

ID	NOME	TIPO	SO ₂ – 99.7° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE ORARIE (µg/m ³)	SO ₂ – 99.2° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)	SO ₂ – 99° PERC. DELLE RICADUTE MEDIE GIORNALIERE (µg/m ³)
	Marino				
17	Il Canguro (PRIVATA)	Nido d'Infanzia	4,0	0,9	0,8
18	Mattei Enrico	Scuola Secondaria di Primo Grado	11,1	2,2	2,0
19	Ottolenghi Ada	Scuola d'Infanzia	11,5	2,3	2,0
20	Imparo Giocando	Scuola d'Infanzia	7,9	1,2	1,1
21	Il Veliero	Nido d'Infanzia	10,1	2,3	1,8
22	Il Faro	Scuola d'Infanzia	12,5	3,5	2,1
CENT_1	CAORLE	CENRTRALINA DI FONDO URBANO RESIDENZIALE	4,2	0,8	0,8
CENT_2	PORTO SAN VITALE (LOCALE INDUSTRIALE)	CENTRALINA LOCALE INDUSTRIALE	8,3	2,0	1,3
CENT_3	GERMANI	CENTRALINA RETE INDUSTRIALE PRIVATA GESTITA DA RSI	10,1	2,8	2,1

5.4.2 Limite Annuale (Scenario Medio Annuo)

Con riferimento allo scenario emissivo medio, sono state valutate le ricadute medie annuali di SO₂ per il confronto con il valore obiettivo per la protezione della vegetazione indicato dal D.Lgs. 155/2010, pari a 20 µg/m³ come media annua. Anche in questo caso (si veda la figura seguente) la concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta al suolo (pari a circa 0,04 µg/m³) risulta abbondantemente inferiore al suddetto valore obiettivo (pari a circa 1/50 del valore obiettivo).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 66 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera



Figura 5-13: Scenario Medio Annuo - Concentrazioni medie annuali di SO₂ (Livello Critico per la Protezione della Vegetazione: 20 µg/m³)

5.5 Ulteriori simulazioni per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F a seguito di richiesta integrazioni

In accordo alle richieste integrative dell'ISS sono state eseguite ulteriori valutazioni modellistiche relative a:

- ✓ Composti Organici Volatili Non Metanici (NMVOC);
- ✓ Metalli Pesanti (Cd, As, Pb, Ni, Hg, Cr, Cu, Se, Zn);
- ✓ IPA, considerando i seguenti composti: Phenantrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo(a)anthracene, Chrysene, Perylene, Benzo(b)-fluoranthene, Benzo(k)-fluoranthene, Benzo(a)pyrene, Dibenzo(a,l)pyrene, Benzo(g,h,i)perylene, Dibenzo(a,h)anthracene, Indeno(1,2,3-c,d)pyrene);
- ✓ PCDD/F (valutati in termini di TEQ 2,3,7,8-TCDD).

Tali valutazioni hanno riguardato esclusivamente i rimorchiatori alimentati a Marine Diesel Oil (MDO) in quanto, come precedentemente indicato, la presenza di tali inquinanti nelle emissioni generate dai motori della FSRU e dalla metaniera può essere ritenuta nulla/trascurabile data l'alimentazione dei mezzi a gas naturale.

La stima emissiva è stata effettuata come indicato nel precedente Par. 4.1 e ha portato a considerare i valori emissivi riportati nella tabella seguente con riferimento allo scenario emissivo medio descritto nel Par. 4.3.2, rappresentativo delle ricadute medie annue di

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 67 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

interesse per i suddetti inquinanti. Si ricorda che, come già evidenziato nel Par. 4.1, i fattori emissivi desumibili dalla documentazione EMEP/EEA per i suddetti microinquinanti non consentono in generale di distinguere tra le diverse fasi di manovra, al contrario di quanto è stato invece possibile per i macroinquinanti (NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ e CO).

Tabella 5.8: Fattori emissivi di microinquinanti associati ai singoli rimorchiatori nello scenario medio annuo, stimati a partire dal documento “EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 (Update Dec. 2021)”

Sostanza	Fattore Emissivo - singolo rimorchiatore alimentato a MDO [g/s]
NMVOC	0,13
Cd	5,4E-07
As	2,2E-06
Pb	7,0E-06
Ni	5,4E-05
Hg	1,6E-06
Cr	2,7E-06
Cu	4,8E-05
Se	5,4E-06
Zn	6,5E-05
Phenantrene	7,2E-04
Anthracene	1,9E-06
Fluoranthene	2,4E-04
Pyrene	3,0E-04
Benzo(a)anthracene	5,0E-07
Chrysene	1,2E-05
Perylene	9,2E-06
Benzo(b)fluoranthene	2,8E-07
Benzo(k)fluoranthene	9,2E-08
Benzo(a)pyrene	9,2E-09
Dibenzo(a,l)pyrene	1,1E-09
Benzo(g,h,i)perylene	3,0E-06

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 68 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Sostanza	Fattore Emissivo - singolo rimorchiatore alimentato a MDO [g/s]
Dibenzo(a,h)anthracene	3,0E-08
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	1,0E-07
PCDD/F (espressi come TEQ 2,3,7,8-TCDD)	7,0E-12

Nei sottoparagrafi seguenti si riportano:

- ✓ i risultati ottenuti in termini concentrazioni medie annue in atmosfera in corrispondenza del punto di massima ricaduta al suolo, ubicato in prossimità della costa a ovest della piattaforma Petra. Laddove disponibili, i valori di ricaduta sono stati confrontati con i relativi valori limite / obiettivo definiti dal D.Lgs. 155/2010 (valori definiti per Pb, As, Cd, Ni, Benzo(a)pirene e Benzene, quest'ultimo preso conservativamente come termine di paragone per le ricadute totali di NMVOC);
- ✓ valutazioni relative alle deposizioni medie annue al suolo, per un confronto con valori di riferimento desumibili da riferimenti bibliografici (normativa estera e pubblicazioni scientifiche) in mancanza di specifici valori limite / obiettivo a livello nazionale.

5.5.1 Stima delle concentrazioni medie annue in atmosfera per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F

Nella tabella seguente si riportano i risultati in termini di concentrazioni medie annue in atmosfera in corrispondenza del punto di massima ricaduta al suolo per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F, ubicato in prossimità della costa a ovest della piattaforma Petra. I valori sono confrontabili con:

- ✓ laddove definiti, i valori limite / obiettivo indicati nel D.Lgs. 155/2010;
- ✓ laddove definiti, i valori di "Inhalation Reference Concentration" (RfC) espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, come desunti dal documento "Banca dati ISS-INAIL - Rev. Marzo 2018", considerati in ambito di valutazione di impatto sanitario per le valutazioni sul rischio tossicologico (non-cancerogeno) di tipo inalatorio.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Valutazione di Impatto Sanitario (Documento REL-AMB-E-09003, Rev. 1).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 69 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 5.9: Concentrazioni medie annue di NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F stimate dal modello nel punto di massima ricaduta al suolo

Sostanza	Concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta al suolo [µg/m³]	Valore Limite / Obiettivo Ex D.Lgs. 155/2010 [µg/m³]	RfC [µg/m³]
NMVOC	8,5E-03	5 (*)	30 (*)
Cd	3,6E-08	5,0E-03	1,0E-02
As	1,5E-07	6,0E-03	1,5E-02
Pb	4,7E-07	0,5	-
Ni	3,6E-06	2,0E-02	9,0E-02
Hg	1,1E-07	-	3,0E-01
Cr	1,8E-07	-	1,4E-01
Cu	3,2E-06	-	1,4E+02
Se	3,6E-07	-	2,0E+01
Zn	4,4E-06	-	1,1E+03
Phenantrene	4,8E-05	-	3,0E+00
Anthracene	1,3E-07	-	3,0E+00
Fluoranthene	1,6E-05	-	3,0E+00
Pyrene	2,1E-05	-	3,0E+00
Benzo(a)anthracene	3,3E-08	-	-
Chrysene	8,4E-07	-	-
Perylene	6,2E-07	-	3,0E+00
Benzo(b)fluoranthene	1,8E-08	-	-
Benzo(k)fluoranthene	6,2E-09	-	-
Benzo(a)pyrene	6,2E-10	1,0E-03	2,0E-03
Dibenzo(a,l)pyrene	7,2E-11	-	-
Benzo(g,h,i)perylene	2,0E-07	-	3,0E+00
Dibenzo(a,h)anthracene	2,0E-09	-	-
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	6,7E-09	-	-
PCDD/F (espressi come TEQ)	4,7E-13	-	4,0E-05

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 70 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Sostanza	Concentrazione media annua nel punto di massima ricaduta al suolo [µg/m³]	Valore Limite / Obiettivo Ex D.Lgs. 155/2010 [µg/m³]	RfC [µg/m³]
2,3,7,8-TCDD)			

(*) Valore riferito al Benzene

Dai risultati ottenuti appare evidente come le concentrazioni atmosferiche attese al suolo, e a maggior ragione in corrispondenza degli elementi sensibili identificati (per cui si tralascia di riportare i valori) sono praticamente trascurabili, risultando sempre diversi ordini di grandezza inferiori ai valori limite / obiettivo laddove definiti dalla normativa vigente, nonché ai valori di riferimento tossicologico (valori RfC) per l'esposizione inalatoria desunti dalla "Banca dati ISS-INAIL".

Si segnala che, per alcune delle sostanze analizzate, la "Banca dati ISS-INAIL" non restituisce un valore di RfC, ma queste sono state comunque prese in esame ai fini delle valutazioni di rischio tossicologico cancerogeno, non trattate nel presente documento e per le quali si rimanda alla Valutazione di Impatto Sanitario dell'iniziativa (Documento REL-AMB-E-09003, Rev. 1).

5.5.2 Stima delle deposizioni al suolo per alcuni metalli rappresentativi, PCDD/F e Benzo(a)pirene

Nella tabella seguente si riportano i valori delle deposizioni medie stimate dal modello nel punto di massima ricaduta al suolo. La stima delle deposizioni è stata ottenuta assumendo che le sostanze analizzate siano associate al materiale particolato, considerando la sommatoria delle componenti di deposizione secca e umida.

In mancanza di specifici valori limite / obiettivo a livello nazionale le deposizioni, espresse in termini µg/m²/gg (deposizioni giornaliere per unità di superficie che si verificano mediamente su base annuale), sono state messe a confronto con valori di riferimento desumibili da riferimenti bibliografici (normativa estera e pubblicazioni scientifiche). Conservativamente, sono stati presi a riferimento i valori più stringenti desumibili dal documento "Rapporto sulla qualità dell'aria della Provincia di Ravenna – Anno 2021" (ARPA Emilia-Romagna, 2022), la cui fonte bibliografica è richiamata in fondo alla tabella, dando priorità ai valori normativi rispetto a quelli derivanti da altre fonti bibliografiche.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 71 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

Tabella 5.10: Deposizioni medie su base annuale nel punto di massima ricaduta al suolo stimate dal modello per Pb, Cd, Ni, As, PCDD/F e Benzo(a)pirene

	Pb	Cd	Ni	As	PCDD/F	Benzo(a)pyrene
Deposizione media nel punto di massima ricaduta al suolo (Dmax) [µg/m²/gg]	4,6E-05	3,6E-06	3,6E-04	1,4E-05	4,6E-11	5,7E-08
Valore di riferimento (VR) [µg/m²/gg]	100 ⁽¹⁾	2 ⁽²⁾	15 ⁽³⁾	4 ⁽³⁾	3.4E-06 ⁽⁴⁾	1.9E-03 ⁽⁵⁾
Dmax/VR (%)	0,00005%	0,0002%	0,0024%	0,0004%	0,0014%	0,0030%

(1) Limite stabilito dalla normativa di alcuni paesi europei (Germania, Austria, Croazia, Svizzera)

(2) Limite stabilito dalla normativa di alcuni paesi europei (Germania, Austria, Croazia, Svizzera, Belgio)

(3) Limite stabilito dalla normativa di alcuni paesi europei (Germania, Croazia)

(4) L. Van Lieshout et al., 2001

(5) Menichini et al., 2006

Dai valori riportati nella tabella precedente, si evince come le deposizioni al suolo siano sempre diversi ordini di grandezza inferiori anche ai più stringenti valori di riferimento desunti dalle fonti di letteratura sopra indicate.

Si evidenzia inoltre che le suddette deposizioni al suolo risultano localizzate in una porzione di territorio limitata, ubicata in prossimità della costa a ovest della piattaforma Petra, in area non destinata all'uso agricolo. I valori di deposizione tendono ad attenuarsi ulteriormente allontanandosi dal punto di massima ricaduta, con contributi sostanzialmente trascurabili in corrispondenza delle aree agricole presenti nell'area di studio (si vedano le mappe delle deposizioni al suolo riportate nelle figure seguenti).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 72 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

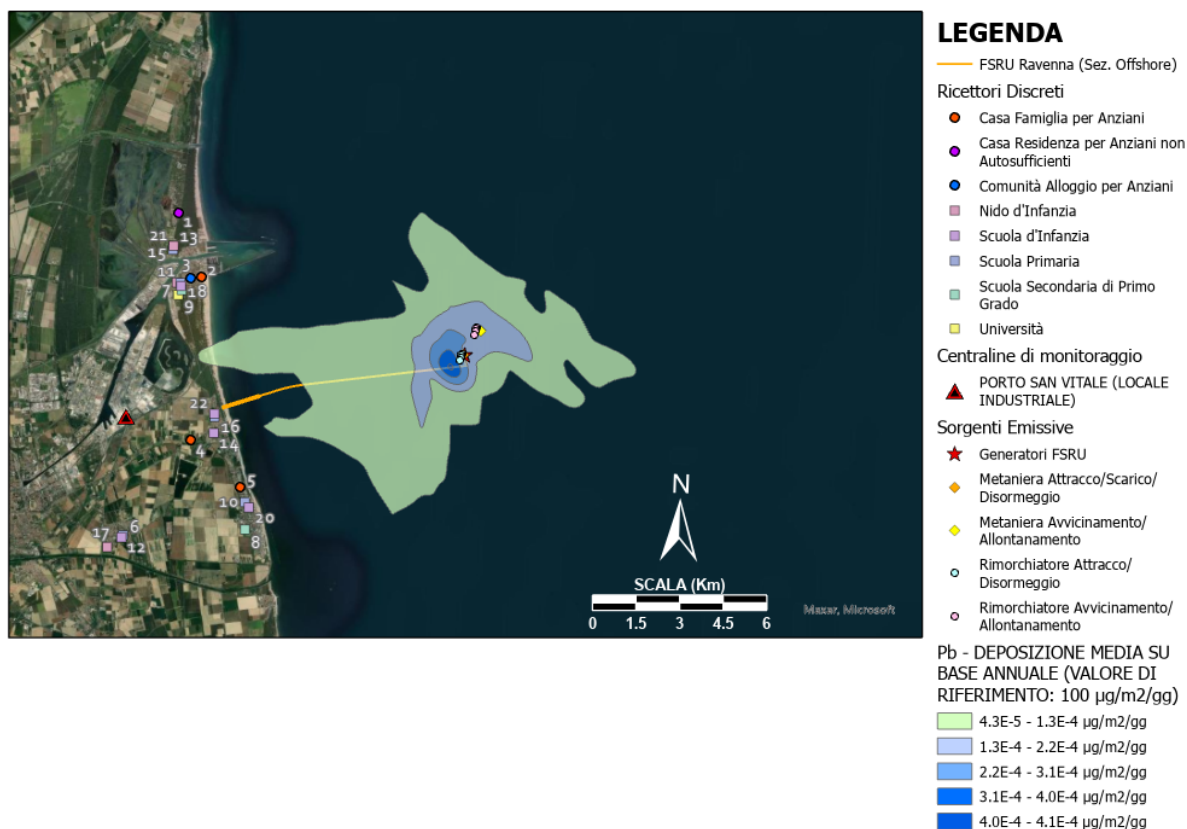


Figura 5-14: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Pb (Valore di Riferimento: 100 µg/m²/gg)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 73 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

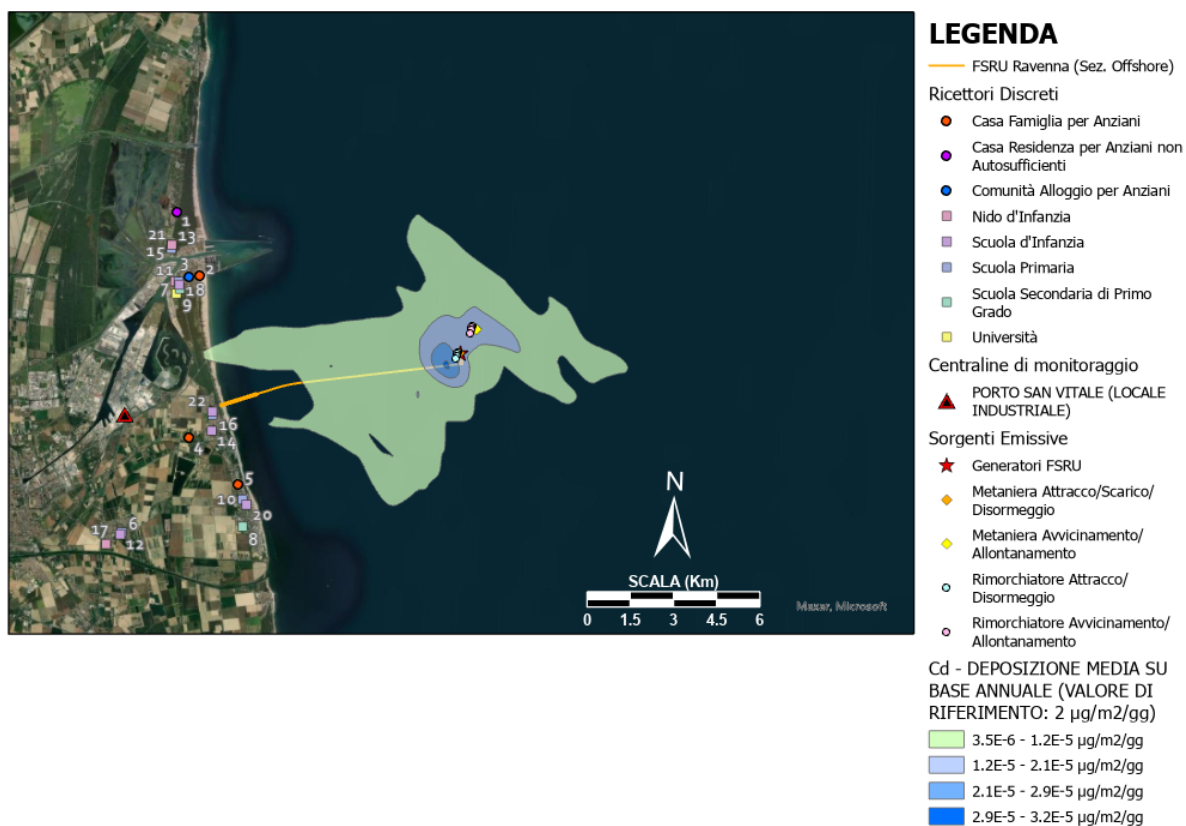


Figura 5-15: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Cd (Valore di Riferimento: 2 µg/m2/gg)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 74 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera



Figura 5-16: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di Ni (Valore di Riferimento: 15 µg/m2/gg)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 75 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

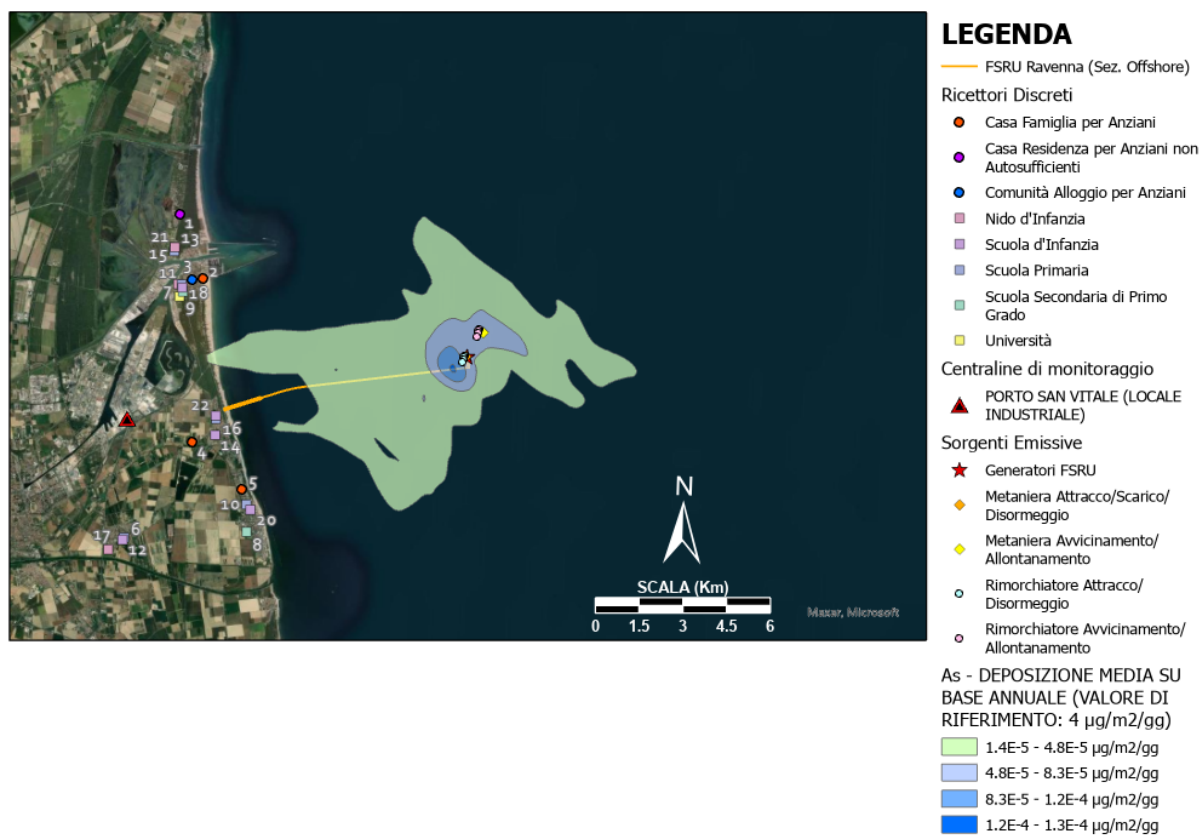


Figura 5-17: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di As (Valore di Riferimento: 4 µg/m2/gg)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 76 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

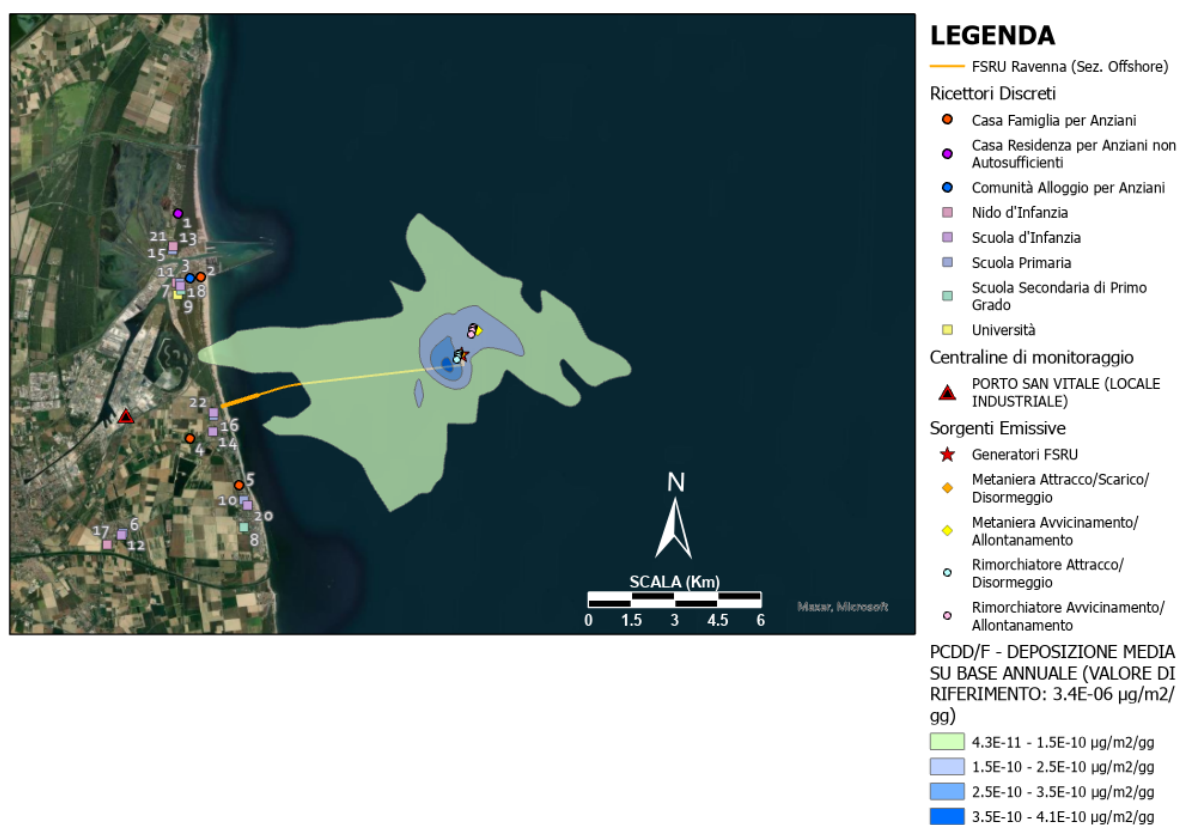


Figura 5-18: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di PCDD/F (Valore di Riferimento: $3.4 \times 10^{-6} \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gg}$)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITA' RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 77 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

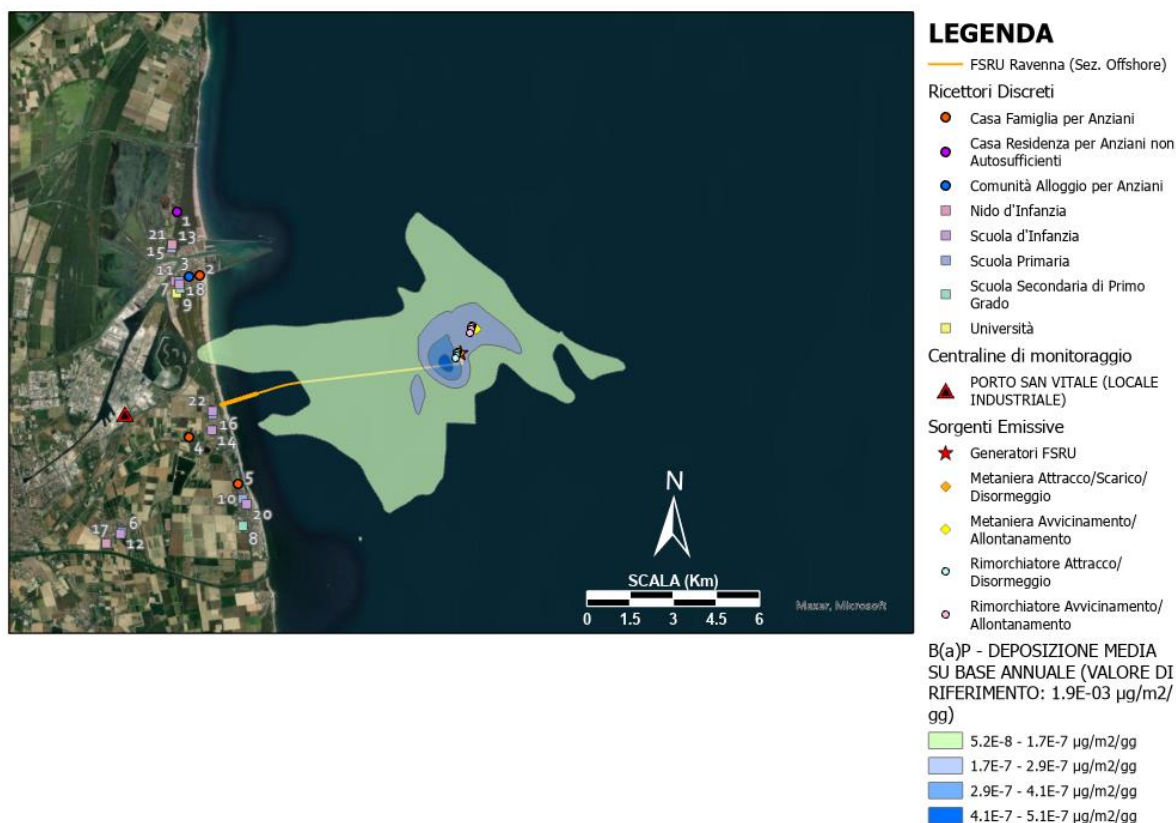


Figura 5-19: Scenario Medio Annuo – Deposizione media su base annuale di B(a)P (Valore di Riferimento: $1.9 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gg}$)

Quanto sopra indicato porta, pertanto, a ritenere sostanzialmente trascurabile il contributo dell'iniziativa per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F, sia in termini di concentrazioni in atmosfera che per quanto relativo alle deposizioni al suolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 78 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

6 CONCLUSIONI

Il presente studio ha come obbiettivo la valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria relativi ad un terminale di ricezione, stoccaggio e rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) mediante mezzo navale tipo FSRU da ormeggiarsi in corrispondenza della piattaforma offshore esistente di Petra (Gruppo PIR) posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina.

In particolare, ai fini delle valutazioni modellistiche sono state considerate le emissioni di No. 2 motori a combustione interna alimentati a gas per la produzione di energia della FSRU e le emissioni del traffico navale delle metaniere per il trasporto del GNL, unitamente a quelle di No. 4 rimorchiatori a supporto delle attività di manovra in prossimità della piattaforma Petra, rappresentanti le sorgenti emissive associate alla fase di esercizio dell'iniziativa in esame.

Gli inquinanti considerati sono stati scelti in base alle caratteristiche di emissione delle sorgenti, con particolare attenzione alla valutazione delle ricadute di NO_x, Polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}), SO₂, CO, NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F.

Per il calcolo previsionale sono stati definiti due scenari di cui il primo necessario per la valutazione delle massime ricadute orarie e giornaliere, mentre il secondo destinato alla valutazione del rispetto dei limiti annuali. L'obiettivo di entrambi gli scenari è quello di simulare le condizioni di esercizio del progetto con un approccio conservativo, al fine di consentire una valutazione dell'entità delle ricadute di inquinanti associate alle emissioni progettuali con riferimento ai valori limite stabiliti dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria.

È stato inoltre fornito il dettaglio delle ricadute attese in corrispondenza di specifici ricettori discreti ubicati nell'area costiera del Comune di Ravenna (strutture scolastiche, asili nido, strutture per anziani e centraline di monitoraggio della qualità dell'aria).

Dai risultati illustrati nel precedente Capitolo 5 per NO_x, Polveri (PM₁₀ e PM_{2,5}) e SO₂, si evince che:

- ✓ per quanto concerne le ricadute medie annue di NO_x ed SO₂ e le ricadute medie annue e giornaliere di Polveri (90,4° percentile e 99° percentile per il PM₁₀, 99° percentile per il PM_{2,5}) le attività previste in fase di esercizio avranno degli impatti minimi / trascurabili;
- ✓ le ricadute medie giornaliere di NO_x e SO₂ (valutare con riferimento allo scenario massimo) in corrispondenza dei potenziali ricettori sulla terraferma saranno molto contenute, con concentrazioni nel punto di massima ricaduta al suolo inferiori a 4 µg/m³ in tutti gli scenari simulati e in particolare:
 - pari a circa 1/6 del valore di 25 µg/m³ suggerito dall'OMS per il 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di NO₂,
 - pari a circa 1/10 del valore di 40 µg/m³ suggerito dall'OMS per il 99° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO₂,

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22178	UNITÀ
	LOCALITÀ RAVENNA (RA)	REL-AMB-E-09002	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 79 di 79	Rev. 0

Rif. RINA: P0031312-2-H7 – Studio Ricadute Atmosfera

- pari a circa 1/30 del valore limite ex D.Lgs. 155/2010 di 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con riferimento al 99,2° percentile delle ricadute medie giornaliere di SO_2 ;
- ✓ le massime ricadute orarie di NO_x (99,8° percentile) e di SO_2 (valutate con riferimento allo scenario massimo) in corrispondenza dei potenziali ricettori sulla terraferma saranno modeste, con ricadute leggermente superiori a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1/10 del valore limite di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per gli NO_x e circa 1/20 del valore limite di 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l' SO_2) in corrispondenza di una porzione di costa a ovest della piattaforma Petra, con i valori in corrispondenza dei ricettori discreti e delle centraline di qualità dell'aria che risultano ulteriormente inferiori.

Quanto discusso nel Paragrafo 5.5 porta, inoltre, a ritenere sostanzialmente trascurabile il contributo dell'iniziativa per NMVOC, Metalli, IPA e PCDD/F, sia in termini di concentrazioni in atmosfera che per quanto relativo alle deposizioni al suolo, con valori sempre pari a diversi ordini di grandezza inferiori ai diversi valori limite, obiettivo e di riferimento desumibili dalla normativa vigente e da altre fonti di letteratura come discusso nel suddetto paragrafo.

Si ricorda comunque che lo scenario massimo simulato è estremamente conservativo e non corrisponde a uno scenario reale di funzionamento, bensì è stato ottenuto considerando il verificarsi della condizione emissiva più impattante (sovrapposizione delle emissioni generate dai motori della FSRU alle attività della metaniera e dei 4 rimorchiatori) per 365 giorni l'anno, al fine di simulare lo svolgimento delle operazioni delle metaniere in concomitanza con le condizioni meteorologiche più gravose dal punto di vista della dispersione degli inquinanti emessi.

Nella realtà dei fatti, è previsto indicativamente l'approdo di una metaniera circa ogni 5/7 giorni, con relativo supporto dei rimorchiatori, con i rimorchiatori che opereranno solo per 4 ore al giorno in concomitanza con la presenza delle metaniere. È quindi lecito ritenere estremamente improbabile che tali attività avvengano esattamente in concomitanza col verificarsi delle 18 ore peggiori dal punto di vista della dispersione degli inquinanti (i.e. le condizioni meteorologiche associate al concetto di 99,8° percentile) o comunque in orari tali da determinare una reale interferenza con i ricettori potenzialmente esposti.

Si ricorda inoltre che un'altra ipotesi cautelativa, adottata esclusivamente ai fini delle valutazioni modellistiche, è l'adozione di un rapporto pari a 1 tra i quantitativi di NO_x emessi e le relative ricadute al suolo di NO_2 .