

	CUSTOMER:	api nòva energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	<i>PROGETTO LNG – Falconara M.ma</i>	Rev. A01	Pag. 1
		<b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO

# PROGETTO LNG Falconara M.ma

## STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

### Allegato 4

#### MODELLO DI SIMULAZIONE IMPATTI GENERATI DALLA POSA E INTERRO DELLA CONDOTTA

**MAGGIO 2008**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	<i>PROGETTO LNG – Falconara M.ma</i>	Rev. A01	Pag. 2
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		

## INDICE

<b>1</b>	<b>IMPATTO GENERATO DALLA POSA ED INTERRO DELLA CONDOTTA</b>	<b>3</b>
1.1	Definizione delle modalità di dragaggio	3
1.2	Effetti ambientali del dragaggio	5
1.3	Definizione dei parametri meteo-oceanografici	5
1.4	Definizione dei parametri sedimentologici del fondale	12
1.5	Risultati delle simulazioni dispersive	14
1.6	<b>Concentrazione Del solido sospeso</b>	<b>14</b>
1.6.1	Effetti del solido sospeso sulla torbidità	15
1.6.2	Concentrazione del solido sospeso – Profondità di 10 m	15
1.6.3	Concentrazione del solido sospeso – Profondità di 15 m	21
1.6.4	Concentrazione del solido sospeso – Profondità di 25 m	27
1.7	<b>Durata della perturbazione</b>	<b>34</b>
1.8	<b>Rilascio di sostanze da parte dei solidi sospesi</b>	<b>35</b>
1.9	<b>Accumulo sul fondale</b>	<b>41</b>

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 3
	 		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

## 1 IMPATTO GENERATO DALLA POSA ED INTERRO DELLA CONDOTTA

Come precedentemente indicato, la condotta da 28” tra la boa SPM e la terraferma verrà interrata dalla SPM fino circa alla isobata dei 5 m. L’interro avverrà con la tecnica del *post-trenching*, ovvero successivamente alla posa della condotta, con una macchina di scavo le cui caratteristiche sono brevemente descritte nella sezione seguente.

Quindi, di seguito, si fornisce una breve descrizione dei parametri geotecnici e meteo-oceanografici rilevanti per l’analisi dell’impatto delle attività di interro e una analisi con modello di simulazione numerica delle possibili ricadute di tale operazione sull’ambiente marino.

### 1.1 DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ DI DRAGAGGIO

L’interro della condotta in modalità post-trenching verrà effettuato con l’impiego di una macchina PTM (Post Trenching Marchine) del tipo schematizzato in Figura 1.1/1, controllato in forma remota da una nave.

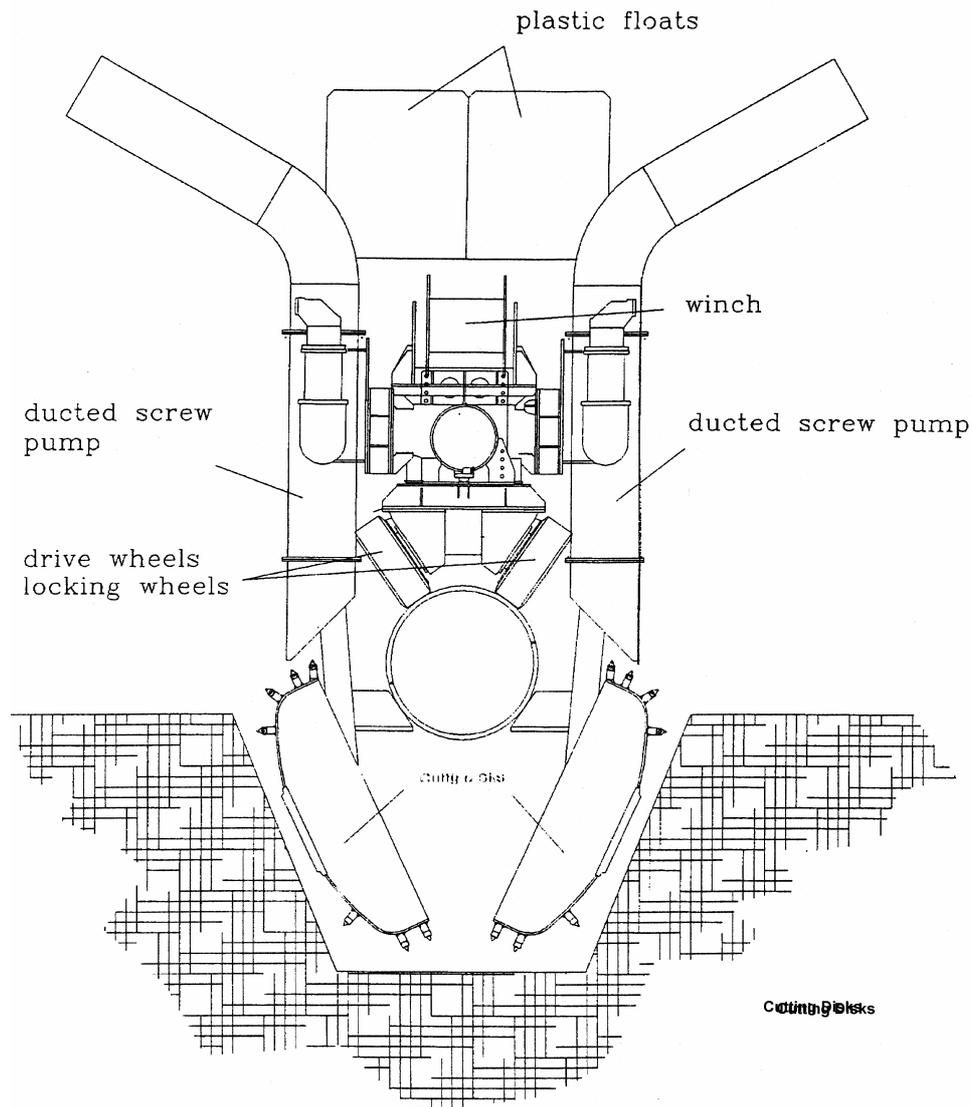
Le caratteristiche della PTM, rilevanti ai fini della presente analisi, sono riassunte nella tabella seguente (Tabella 1.1/A).

Caratteristiche della PTM	
N° delle pompe	2
Capacità delle pompe (per pompa)	1000 m <sup>3</sup> /h
Contenuto solido (per pompa)	150 m <sup>3</sup> /h
Diametro del tubo di emissione	0.3 m
Inclinazione sull'orizzontale del tubo di emissione	30°
Quota del tubo di emissione sul fondale	3 m.

**Tabella 1.1/A - Caratteristiche di dragaggio della macchina PTM**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 4
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

Il fondo della trincea è previsto a -2.0, con pendenza delle spalle stimata in 30°, e larghezza della trincea di 4.5 m. Quindi, l'entità dello scavo risulta di ca. 4.5 m<sup>3</sup>/m. Con i parametri indicati nella Tabella 1.1/A, si ottiene una velocità di avanzamento della PTM stimabile in ca. 67 m/h.



**Figura 1.1/1 - Schema di funzionamento della macchina per il post-trenching (PTM) di condotte**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	<i>PROGETTO LNG – Falconara M.ma</i>	Rev. A01	Pag. 5
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		

## 1.2 EFFETTI AMBIENTALI DEL DRAGAGGIO

Una serie di simulazioni numeriche è stata effettuata per valutare:

- Lo strato della colonna d'acqua in cui - a seguito delle attività di post-trenching della condotta - si registra una variazione significativa della concentrazione di solido sospeso;
- L'estensione e lo spessore dello strato di rideposizione del sedimento dragato;
- La durata della perturbazione, ovvero il tempo necessario per tornare a valori di concentrazione del solido sospeso assimilabili al fondo naturale.
- la distribuzione di sostanze inquinanti e tossiche solubilizzate in acqua di mare a seguito della sospensione del sedimento.

Le simulazioni numeriche sono state condotte con il codice di calcolo DISP3D [1], che si compone di un modulo a jet per la simulazione della dispersione primaria dagli ugelli della PTM e di un modulo idrodinamico dispersivo tri-dimensionale - operante su un dominio rettangolare a fondo piatto - per la simulazione della dispersione secondaria del solido sospeso sotto l'azione correnti marine e della sua rideposizione sul fondale. Le simulazioni sono state effettuate considerando le profondità di riferimento di 10, 15 e 25 m.

## 1.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI METEO-OCEANOGRAFICI

Per le presenti analisi non sono disponibili misure correntometriche locali: per una valutazione di massima delle condizioni del sito si è quindi fatto riferimento a dati misurati in prossimità della superficie alle coordinate 12°43'E e 44° 10'm, in ca. 20 m di acqua.

La seguente Tabella 1.3/A riporta la distribuzione della corrente totale in funzione della direzione di propagazione: le direzioni prevalenti si collocano lungo la direttrice Sud - Nord, coerentemente con l'orientamento locale delle isobate, il che indica l'effetto sulle correnti del confinamento topografico, come atteso in prossimità della costa. Si osserva che per oltre il 90% del tempo, le correnti risultano inferiori ai 0.2 m/s.

La Tabella 1.3/B riporta la distribuzione direzionale della corrente dovuta alla marea astronomica. L'asse della marea risulta elongato lungo la direttrice NO-SE, ma i valori della corrente sono notevolmente ridotti, con velocità quasi sempre inferiori ai 0.1 m/s, per cui - Tabella 1.3/C - le correnti locali sono essenzialmente determinate dalle componenti residue stocastiche: correnti di deriva indotte dall'azione del vento sulla superficie del mare e correnti indotte dalla circolazione

	CUSTOMER:	api nòva energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	<i>PROGETTO LNG – Falconara M.ma</i>	Rev. A01	Pag. 6
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		

generale di bacino, che lungo la costa italiana ha una componente dominante in direzione meridionale.

Va peraltro osservato che la circolazione generale di bacino induce correnti di limitata entità - dell'ordine di 0.1 m/s - quindi la corrente locale sembra essenzialmente determinata dalla forzante atmosferica.

Le simulazioni numeriche sono state effettuate considerando velocità di corrente di 0.05; 0.10 e 0.20 m/s. Va osservato che per velocità maggiori la dispersione è incrementata, quindi si riduce la criticità delle ricadute. Comunque, in base alle considerazioni precedenti, elevate velocità di corrente dovrebbero essere associate a vento sostenuto e presenza di moto ondoso, condizioni quindi non favorevoli per l'esecuzione delle attività di dragaggio.

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 7
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

DIR (°N)	V [m/s]								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	TOTAL
0	7.00	5.12	1.02	0.17	0.03	0.02	-	0.01	13.37
30	4.06	2.63	0.99	0.30	0.11	0.04	0.01	-	8.13
60	3.50	1.32	0.28	0.07	0.03	0.02	-	-	5.23
90	3.57	1.00	0.10	-	-	-	-	-	4.67
120	3.27	1.86	0.64	0.13	-	0.01	-	-	5.91
150	3.46	3.52	1.24	0.29	0.05	0.02	-	0.01	8.60
180	4.68	4.39	1.43	0.28	0.08	0.01	-	-	10.87
210	4.37	2.59	0.63	0.18	0.07	0.01	-	-	7.85
240	4.79	1.69	0.40	0.13	0.02	-	-	-	7.04
270	5.12	1.21	0.11	0.02	-	-	-	-	6.46
300	7.75	0.78	0.02	0.01	-	-	-	-	8.57
330	9.05	3.90	0.33	0.03	-	-	-	-	13.31
TOTAL	60.62	30.01	7.21	1.61	0.40	0.12	0.02	0.02	100.0

**Tabella 1.3/A - Distribuzione annuale della corrente superficiale totale (%) in funzione della direzione di propagazione**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 8
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

DIR (°N)	V [m/s]				
	0.1	0.15	0.2	0.25	TOTAL
0	2.95	-	-	-	2.95
30	2.26	-	-	-	2.26
60	3.85	-	-	-	3.85
90	8.83	-	-	-	8.83
120	10.11	-	-	-	10.11
150	20.25	0.33	-	-	20.57
180	3.64	-	-	-	3.64
210	2.69	-	-	-	2.69
240	3.85	-	-	-	3.85
270	9.24	-	-	-	9.24
300	10.84	-	-	-	10.84
330	21.02	0.15	-	-	21.17
TOTAL	99.52	0.48	-	-	100.0

**Tabella 1.3/B - Distribuzione annuale della corrente superficiale di marea (%) in funzione della direzione di propagazione**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 9
	 <b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

DIR (°N)	V [m/s]								TOTAL
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
0	7.88	5.34	0.92	0.16	0.03	0.01	-	-	14.35
30	4.98	2.82	0.90	0.34	0.10	0.05	0.01	-	9.20
60	3.74	1.36	0.33	0.07	0.02	0.02	-	-	5.55
90	3.20	0.91	0.08	0.01	-	-	-	-	4.19
120	3.15	1.44	0.48	0.07	-	0.01	-	-	5.16
150	4.05	3.06	0.97	0.19	0.04	0.01	0.01	-	8.33
180	5.52	4.66	1.35	0.25	0.08	0.01	0.01	-	11.88
210	5.71	2.77	0.66	0.19	0.07	0.01	-	-	9.41
240	4.69	1.51	0.42	0.08	0.02	-	-	-	6.72
270	4.63	0.96	0.08	0.02	0.01	-	-	-	5.70
300	6.83	0.68	0.03	0.01	-	-	-	-	7.56
330	8.86	2.93	0.17	-	-	-	-	-	11.96
TOTAL	63.25	28.43	6.38	1.38	0.38	0.11	0.03	0.04	100.0

**Tabella 1.3/C - Distribuzione annuale della corrente superficiale residua (%) in funzione della direzione di propagazione**

In generale l'accentuata turbolenza associata al moto ondoso ha effetti significativi nei fenomeni di sollevamento e dispersione dei sedimenti. Tuttavia, le attività di dragaggio richiedono condizioni di mare quasi calmo, quindi il moto ondoso è stato trascurato nelle presenti analisi.

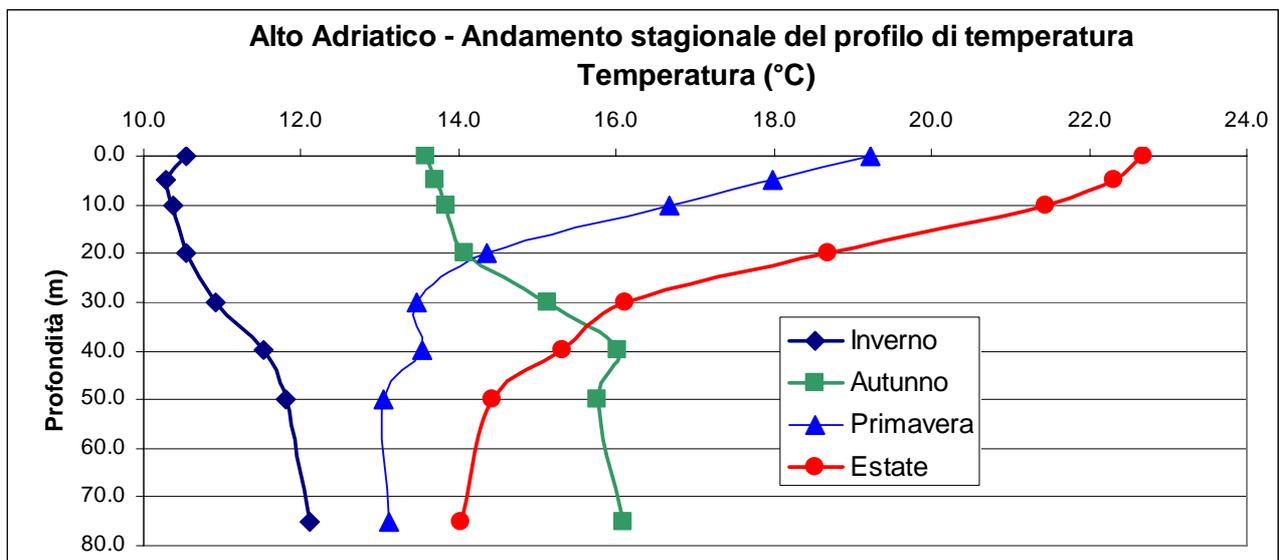
Per la definizione delle condizioni di stratificazione della colonna d'acqua si è fatto riferimento ai dati climatici riportati da Artegiani et al., 1997. L'andamento stagionale della temperatura mostra condizioni di sostanziale isotermità sulla colonna d'acqua in inverno e – con qualche apprezzabile traccia della transizione stagionale - in autunno, mentre in Primavera ed estate si assiste allo sviluppo del termoclino stagionale, che si colloca a profondità di 30-40m (Figura 1.3/).

Il profilo di salinità mostra un'oscillazione stagionale del valore superficiale da ca. 35.5 PSU in primavera ed estate e ca. 37 PSU in Autunno ed Inverno. A profondità dell'ordine dei 30-40 m il segnale stagionale si attenua ed il valore si stabilizza all'ordine di ca. 38 PSU (Figura 1.3/).

I dati di temperatura e salinità danno origine ai profili di densità indicati in Figura 1.3., con un picnoclino stagionale ben visibile in Primavera ed Estate, a profondità dell'ordine di 30-40 m e

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 10
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

condizioni di sostanziale omogeneità nel periodo autunnale e invernale. Va osservato che le attività di dragaggio dovranno essere effettuate al di fuori della stagione estiva ed in ogni caso – come evidenziato nelle seguenti simulazioni – gli effetti rimangono essenzialmente confinati in prossimità del fondale. Quindi, nelle simulazioni numeriche, sono stati trascurati gli effetti della possibile stratificazione della colonna d’acqua.



**Figura 1.3/1 - Alto Adriatico – Andamento stagionale del profilo di temperatura – Valori climatici (adattato da Artegiani et al. 1997)**

	CUSTOMER:	api nòva energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 11
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

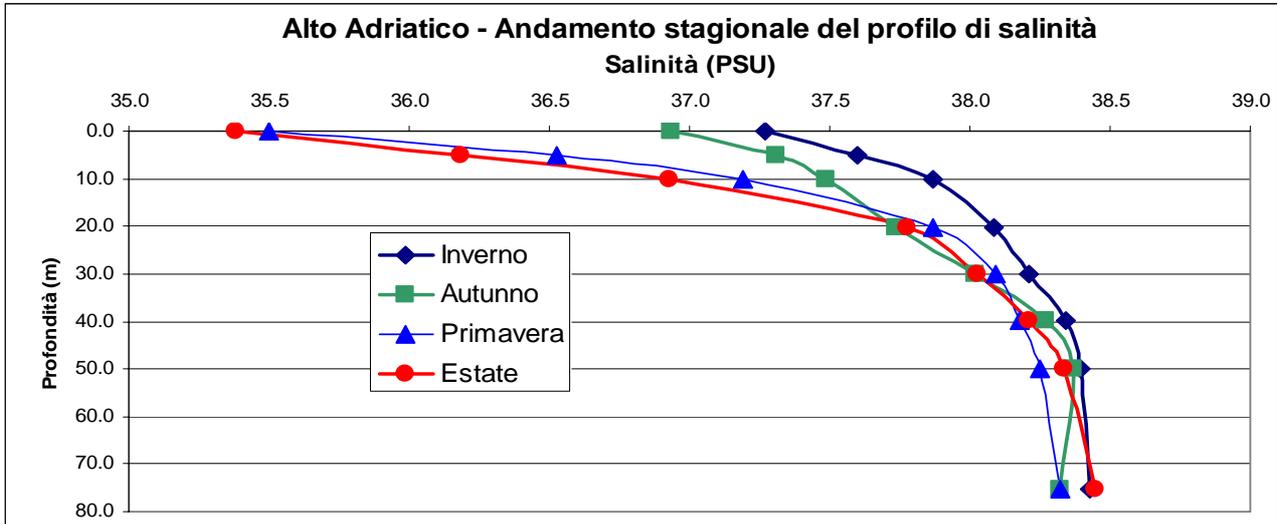


Figura 1.3/2 - Alto Adriatico – Andamento stagionale del profilo di Salinità – Valori climatici (adattato da Artegiani et al. 1997)

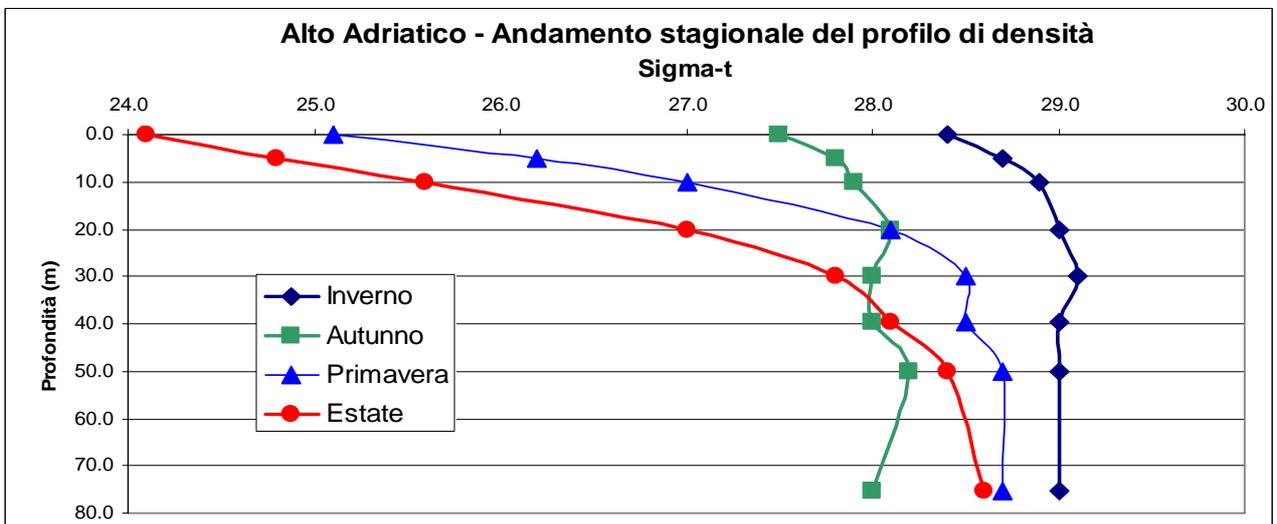


Figura 1.3.3 - Alto Adriatico – Andamento stagionale del profilo di densità

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	<b>PROGETTO LNG – Falconara M.ma</b>	Rev. A01	Pag. 12
	 <b>Salpem Energy Services</b>	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		

#### 1.4 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SEDIMENTOLOGICI DEL FONDALE

I dati sulle caratteristiche chimico-fisiche-biologiche del fondale lungo il corridoio di posa della condotta sono disponibili dalla survey effettuata dalla ditta Gas nel Gennaio 2008, che comprendeva:

- Campionamento della fauna bentonica tramite Benna tipo Van Veen, con superficie campionabile di 15X15 cm<sup>2</sup> per tutte le stazioni.
- Campionamento con box corer con superficie campionabile di 15x18x20 cm per le analisi granulometriche e per le analisi chimiche, fisiche e microbiologiche dei sedimenti.

I campionamenti sono stati effettuati in 12 stazioni, tra i 4 e i 23 m di profondità (vedi Figura 1.4/)

La analisi dei sedimenti superficiali indicano una prevalenza della componente sabbiosa fino a ca. 10 m di profondità, e di quella limo-argillosa a profondità superiori. Va sottolineata la elevata percentuale delle argille, che costituiscono ca. il 15% del sedimento superficiale a profondità di 10-15 m, e si attestano a ca. il 30%b oltre i 15 m.

	CUSTOMER:	api nòva energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 13
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

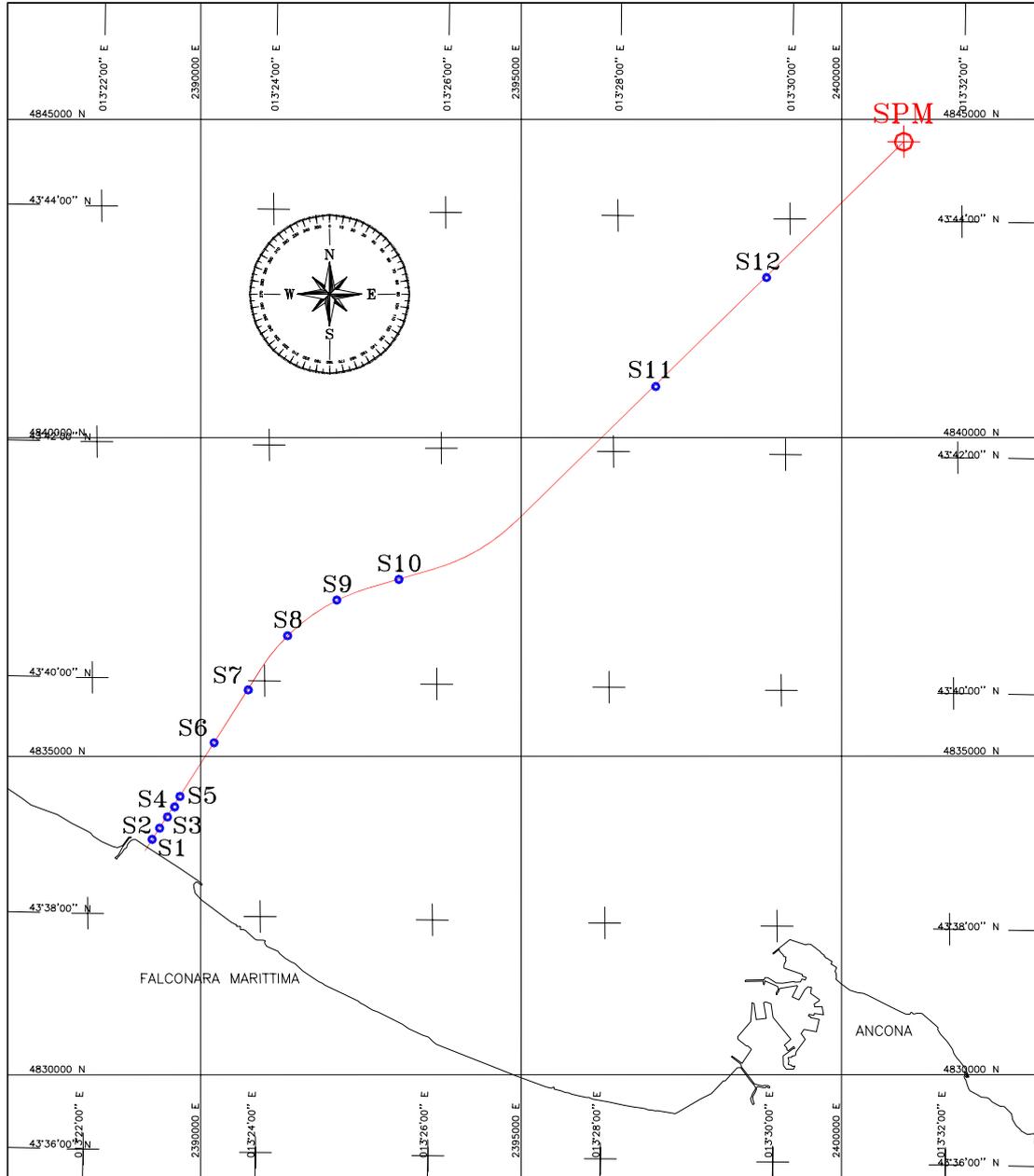


Figura 1.4/1 - Posizione dei punti di campionamento lungo il corridoio di posa

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 14
	 <b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

Sulla base delle indagini di laboratorio disponibili, nelle seguenti simulazioni si è adottata la seguente dimensione media dei sedimenti:

Profondità (m)	D50 (m)
10 m	120 x 10 <sup>-6</sup>
15 m	60 x 10 <sup>-6</sup>
25 m	4 x 10 <sup>-6</sup>

## 1.5 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DISPERSIVE

I principali bersagli potenziali del processo considerato sono il fitoplancton, in quanto l'eventuale attenuazione della luce nella zona fotica potrebbe ridurre la produzione primaria, il fitobentos ed il bentos in generale, sia a causa del ricoprimento da parte dei solidi sospesi risedimentati sia per la perdita temporanea di habitat dovuta allo scavo stesso, limitata alla fascia di posa della condotta, che, nelle ipotesi fatte, può essere stimata su una estensione di ca. 5 m trasversalmente alla condotta.

Le seguenti simulazioni dispersive sono state effettuate considerando valori della corrente stazionaria pari rispettivamente a 0.05, 0.10 e 0.20 m/s, corrispondenti a probabilità di superamento dell'ordine rispettivamente del 60%, 40% e 10%.

Sulla base dei dati geo-tecnici indicati nella sezione 0, la porosità del sedimento è stata stimata nell'ordine del 60%, per cui la densità del materiale in efflusso dagli ugelli della macchina di scavo è stata stimata in 1170 kg/m<sup>3</sup>.

## 1.6 CONCENTRAZIONE DEL SOLIDO SOSPESO

Le simulazioni numeriche della dispersione del materiale di efflusso e della concentrazione del solido sospeso nella colonna d'acqua sono state effettuate alle profondità di riferimento di 10, 15 e 25 m. Il modello ha una risoluzione verticale di 2 m, mentre nella definizione del passo di griglia orizzontale si è cercato un compromesso tra la risoluzione e la copertura dell'area potenzialmente affetta dalle ricadute.

Quindi, si è adottato un reticolo di calcolo di 400x200 m, con un passo di griglia di 10x5 m, per le simulazioni a 10 m di profondità e per quelle a 15 m con velocità di corrente di 0.05 e 0.10 m/s. Per la simulazione a 15 m con velocità di 0.2 m/s il reticolo scelto ha dimensione 800x400 m, con

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 15
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

risoluzione 20x10 m. Infine le simulazioni a 25 m di profondità, dove le ridotte dimensioni del sedimento implicano una dispersione su vasta area, sono state effettuate con reticolo di 1600x800 m, con risoluzione 40x20 m.

### 1.6.1 Effetti del solido sospeso sulla torbidità

Per avere una stima dell'effetto della concentrazione dei solidi sospesi sull'attenuazione dell'energia luminosa e, conseguentemente, sulla rata fotosintetica è opportuno ricordare che, secondo molti Autori l'effetto sulla produzione primaria dell'energia luminosa può essere rappresentato dalla seguente formula:

$$P = P_{\max} \frac{e}{K_z} \left[ \exp(I_z / I_0) \exp(-K_z) - \exp(I_z / I_0) \right]$$

$$\text{dove } I_z = I_0 \exp(-K_z)$$

$$K_z = \alpha + \beta [SS] + \gamma F$$

$I_0$  = intensità luminosa incidente

$I_z$  = intensità luminosa alla profondità Z

$K_z$  = coefficiente di estinzione della luce

$\alpha$  = coefficiente di estinzione della luce in acqua, in assenza di SS e F

$\beta$  = coefficiente di estinzione dovuto ai solidi sospesi (SS)

$\gamma$  = coefficiente di estinzione dovuto al fitoplancton (F)

P = rata fotosintetica per unità di biomassa

Ad esempio: se la trasparenza fosse di 4 m e  $[SS] = 4$  mg/l, l'incremento di tale concentrazione di 1 mg/l ridurrebbe la trasparenza a 3.67 m e la produzione primaria dell'8% circa. Da tali considerazioni si può dedurre che sono trascurabili incrementi della concentrazione di solido sospeso dell'ordine di 0.5÷1 mg/l.

### 1.6.2 Concentrazione del solido sospeso – Profondità di 10 m

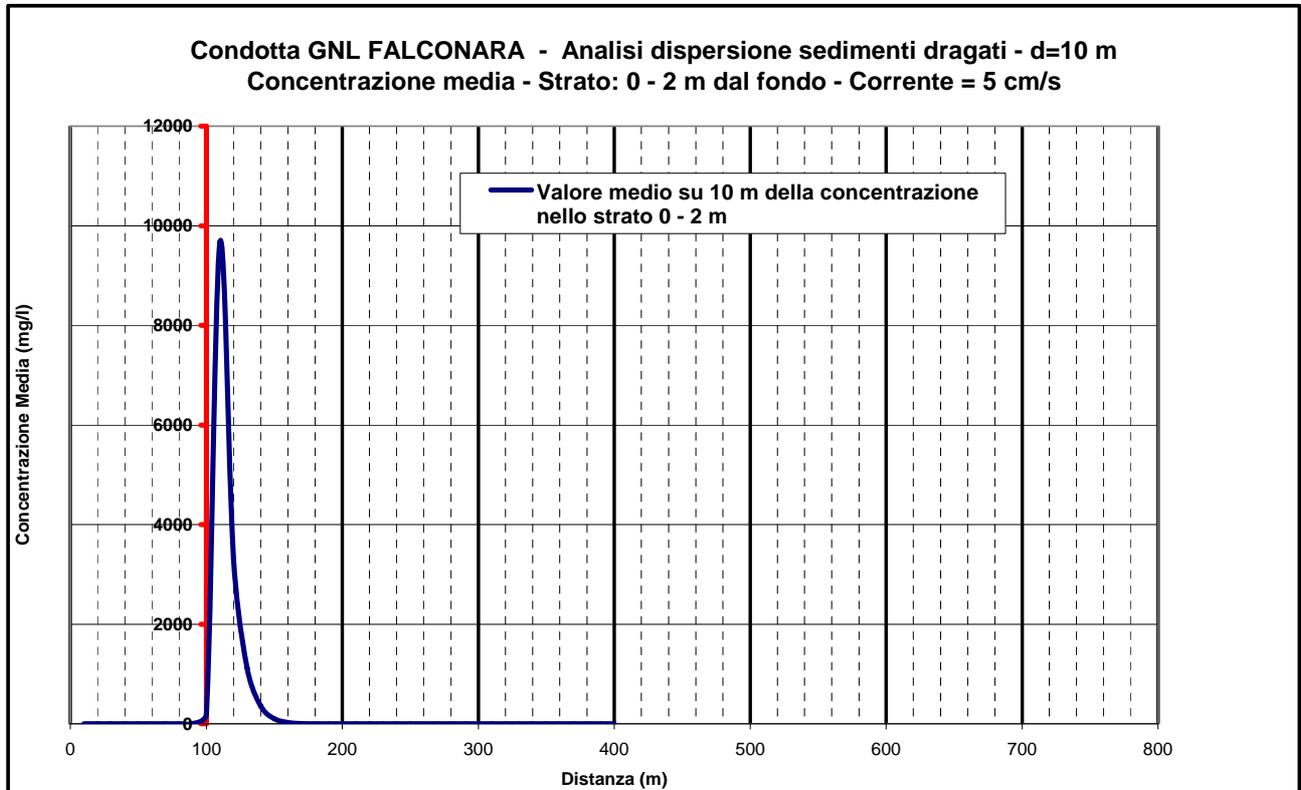
Le figure da Figura 1.6/ a Figura 1.6/ mostrano l'andamento della concentrazione del solido sospeso a valle della trincea nei primi due livelli di calcolo, per le simulazione con le tre velocità di corrente considerate.

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 16
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		

Nella figure l'asse verticale è stato posto nella posizione della trincea e le distanze sono nel verso di propagazione della corrente. Va osservato che i valori di concentrazione in figura non sono puntuali, ma medi sulla maglia di integrazione del modello, pari a 10x5 m.

Le figure mostrano chiaramente come – esaurita la fase iniziale a jet dell'emissione, che si esplica su distanze inferiori ai 10 m dalla condotta - la massima concentrazione di solido sospeso risulti significativa nel primo strato, per poi diminuire notevolmente con la quota rispetto al fondo: il livello tra 4 e 6 m, non riportato in figura, presenta concentrazioni di picco inferiori al mg/l, quindi al di sopra di tale quota può essere considerato assolutamente trascurabile l'effetto del dragaggio sulla concentrazione di solido sospeso.

All'aumentare della velocità di corrente, i massimi di concentrazione si stabiliscono su valori inferiori, mentre si estende l'area interessata dal fenomeno: prendendo il valore di 1 mg/l come soglia per l'apprezzabilità della perturbazione, l'effetto delle attività di dragaggio sulla concentrazione di solido sospeso si esaurisce entro distanze dell'ordine 60 m con velocità di 0.05 m/s, 100 m con velocità di 0.10 m/s e 120 m con velocità di 0.2 m/s.



**Figura 1.6/1 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 5 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 17
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

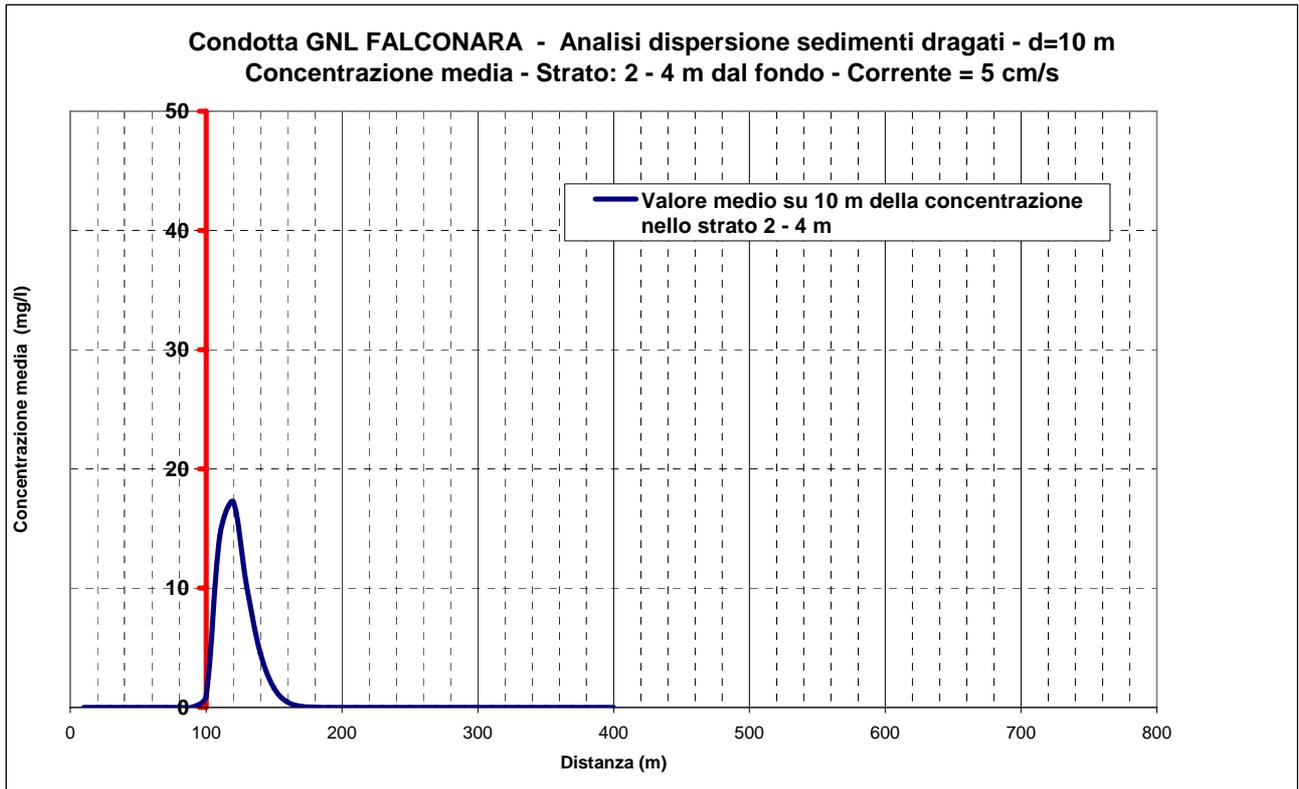
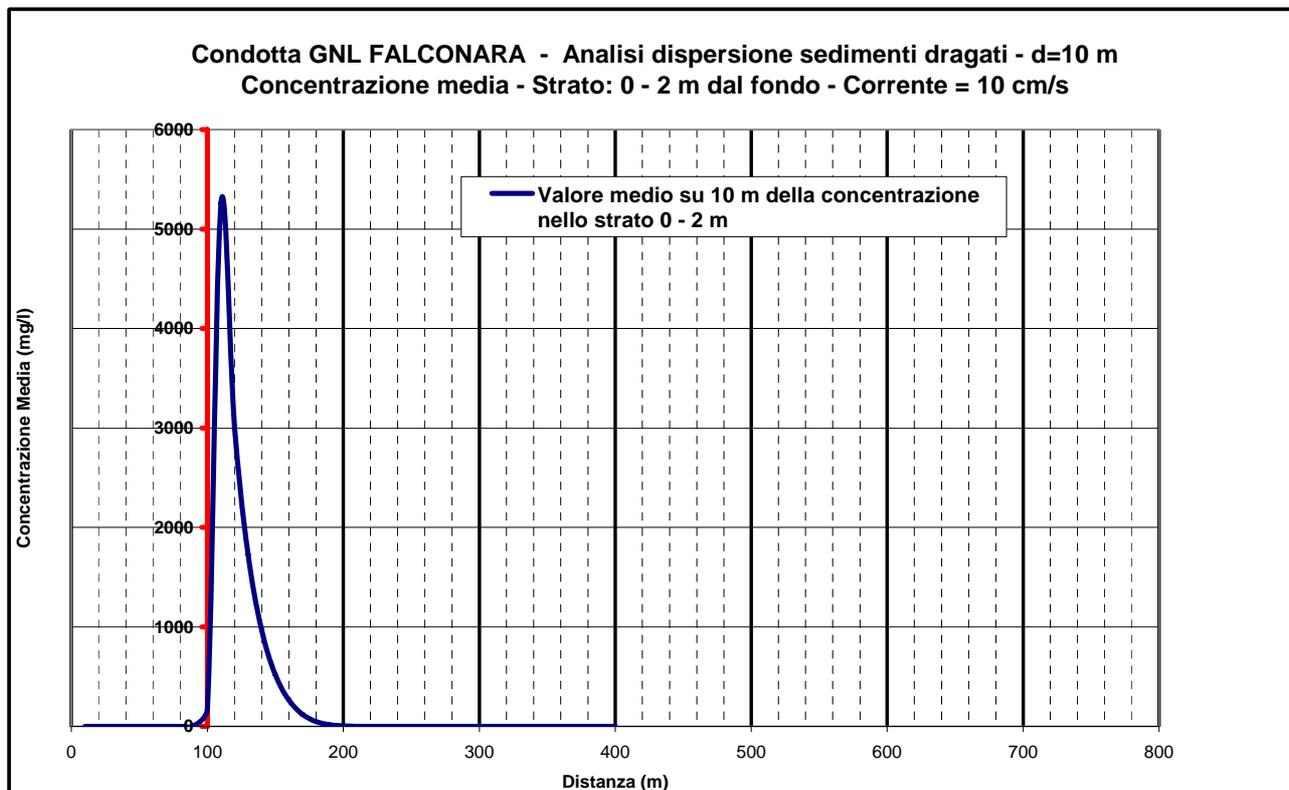


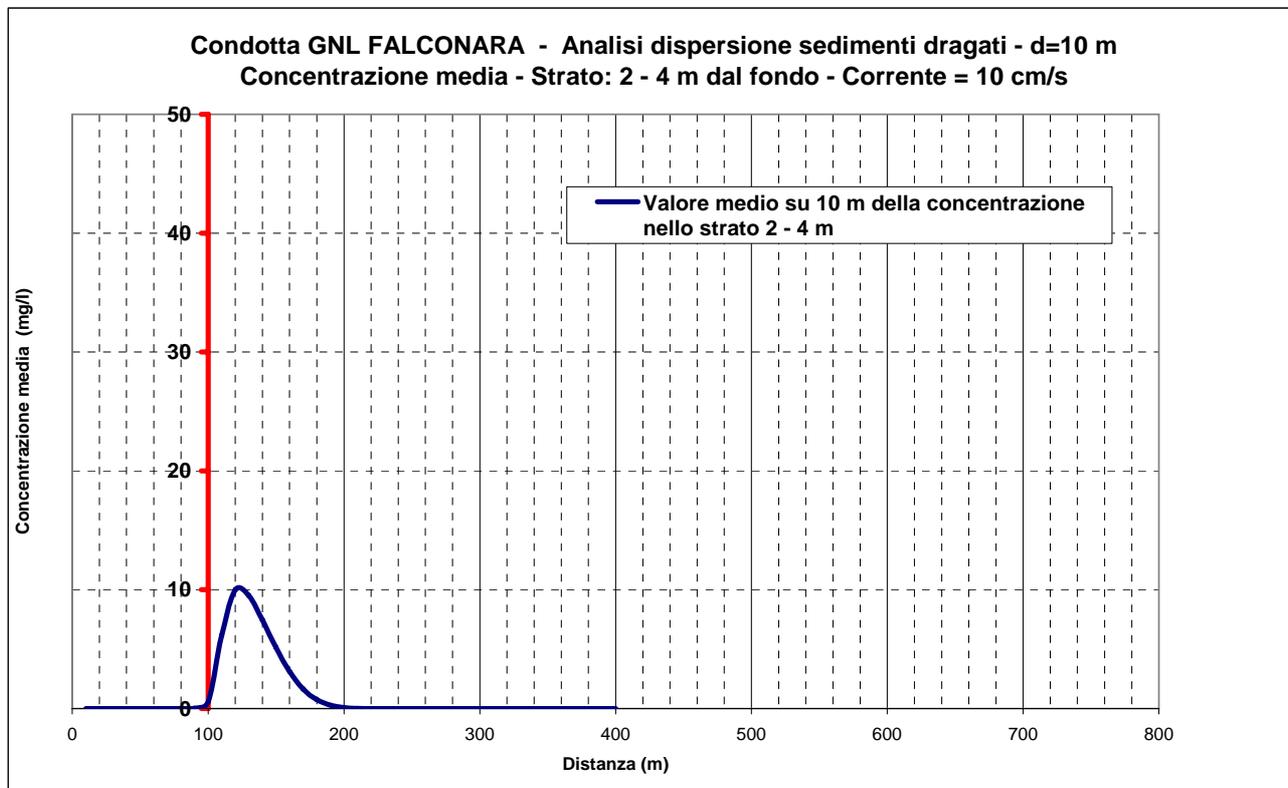
Figura 1.6/2 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 5 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 18
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



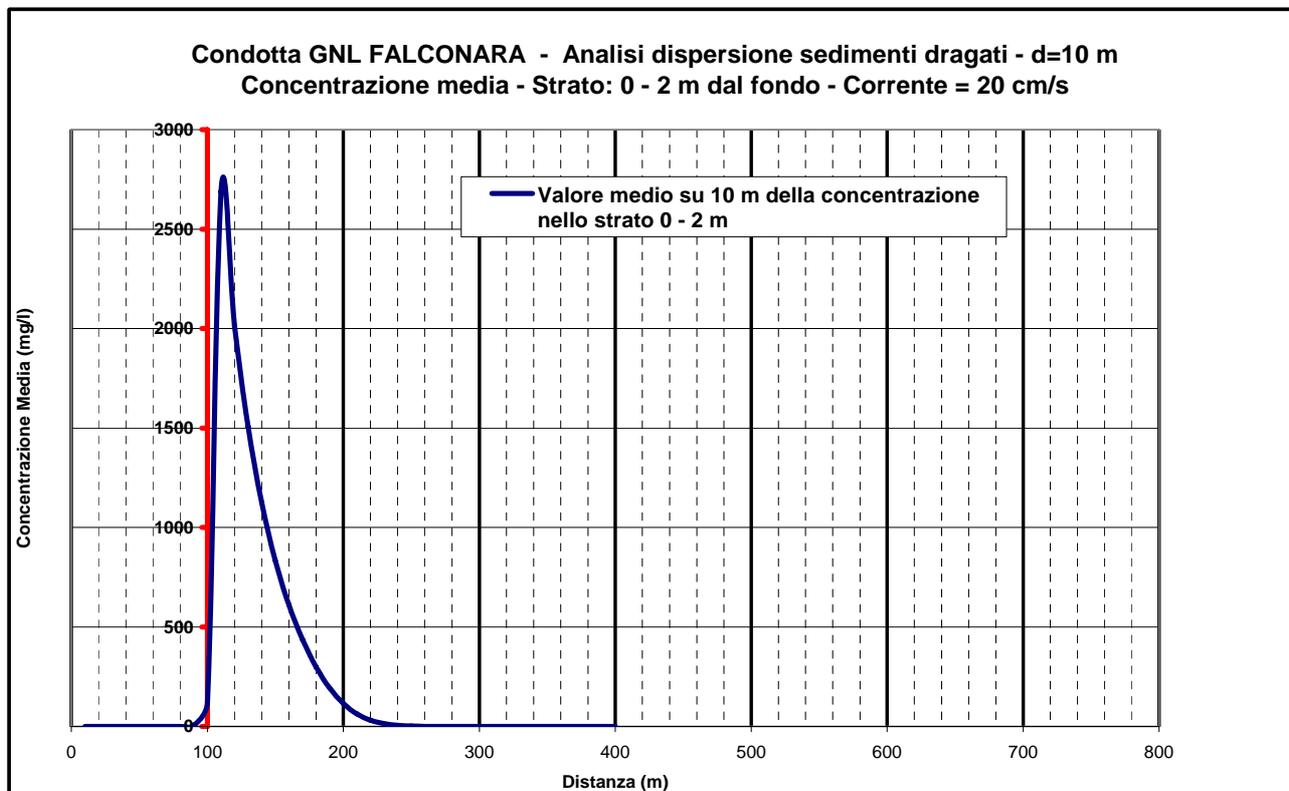
**Figura 1.6/3 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 10 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 19
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



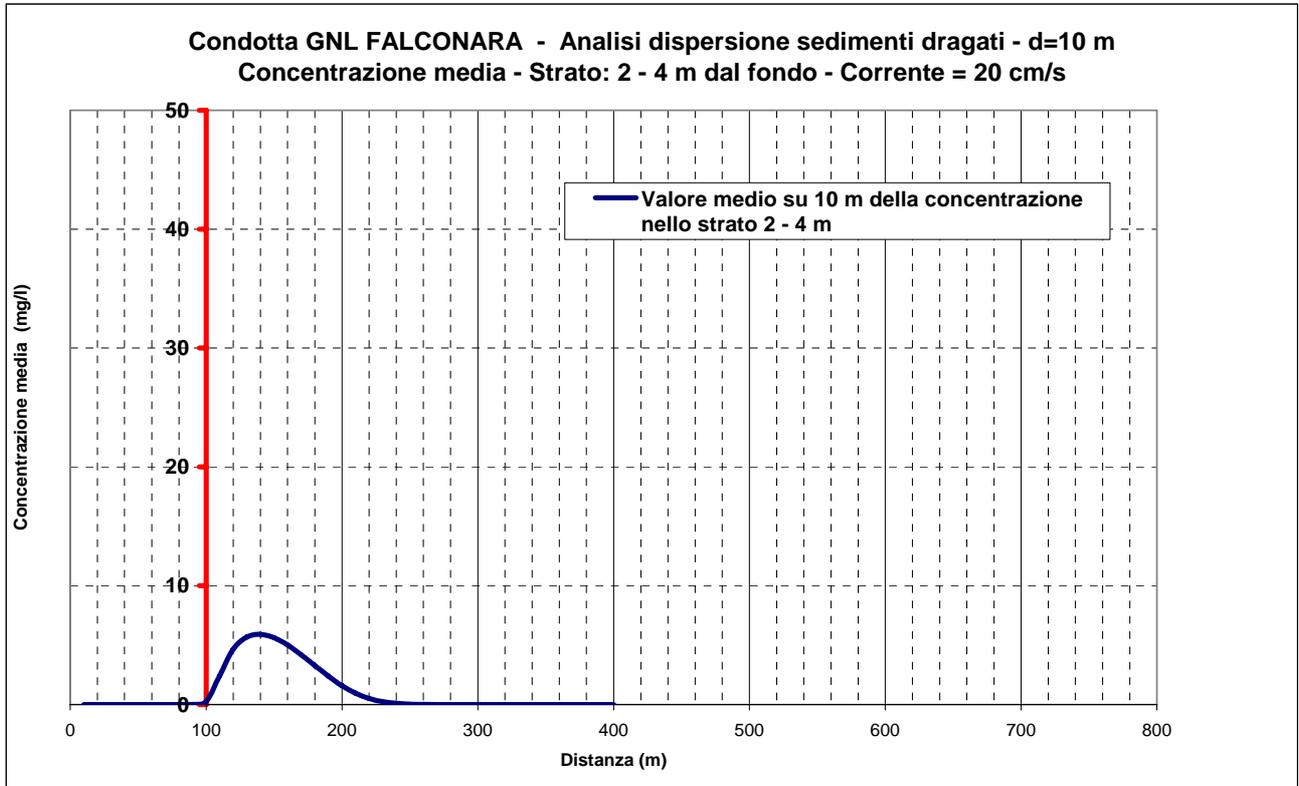
**Figura 1.6/4 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 10 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 20
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.6/5 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 20 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 21
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		



**Figura 1.6/6 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 20 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

### 1.6.3 Concentrazione del solido sospeso – Profondità di 15 m

Le figure da Figura 1.6/7 a Figura 1.6/32 mostrano l'andamento della concentrazione del solido sospeso a valle della trincea nei primi due livelli di calcolo, per le simulazioni con le tre velocità di corrente considerate.

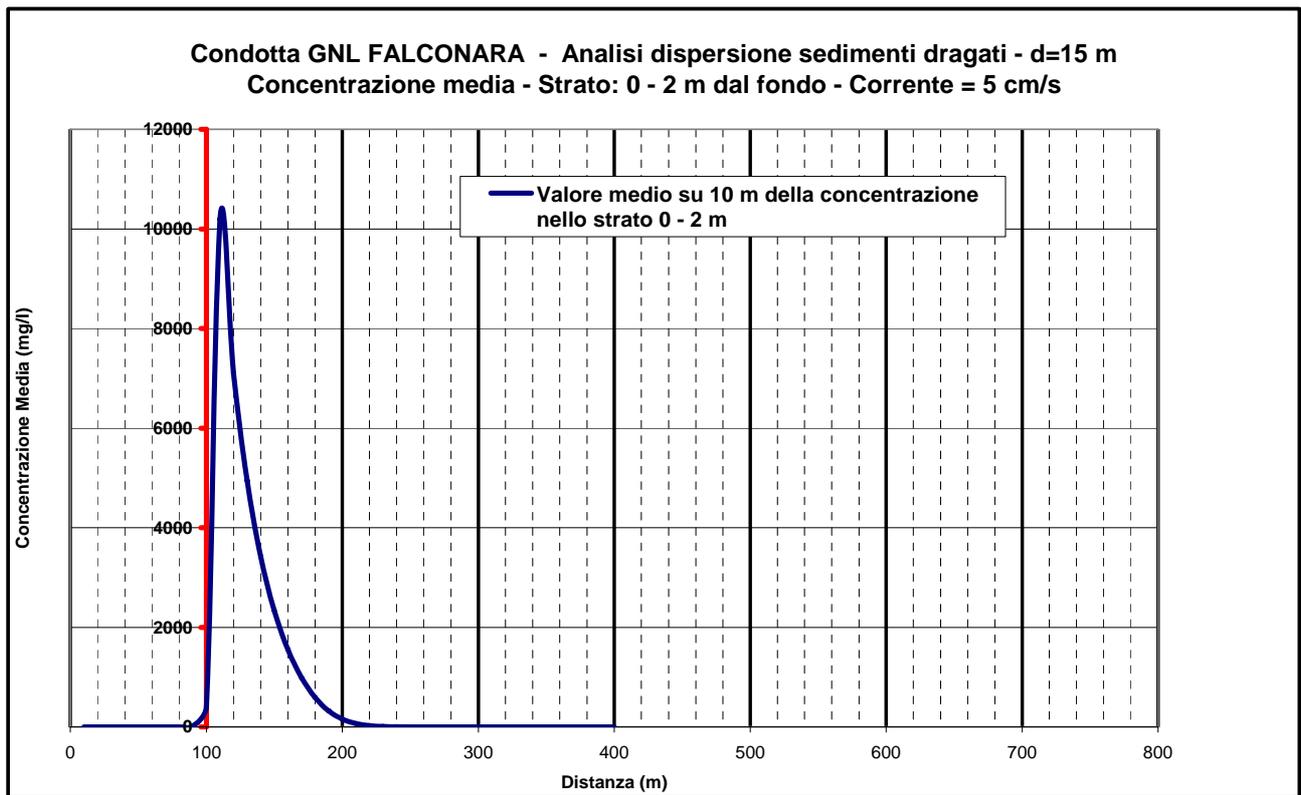
Nelle figure l'asse verticale è stato posto nella posizione della trincea e le distanze sono nel verso di propagazione della corrente. Va osservato che i valori di concentrazione in figura non sono puntuali, ma medi sulla maglia di integrazione del modello, pari a 10x5 m nelle simulazioni con 0.05 m/s e 0.10 m/s e a 20x10 m nelle simulazioni con 0.20 m/s.

Rispetto alle simulazioni effettuate a 10 m di profondità, le dimensioni dei granuli del sedimento dragato risultano molto più ridotte, il che si traduce in una minore velocità di caduta del sedimento. L'incremento della permanenza del solido dragato sulla colonna d'acqua determina una estensione della zona con concentrazione superiore al valore di 1 mg/l scelto come soglia di apprezzabilità

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 22
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

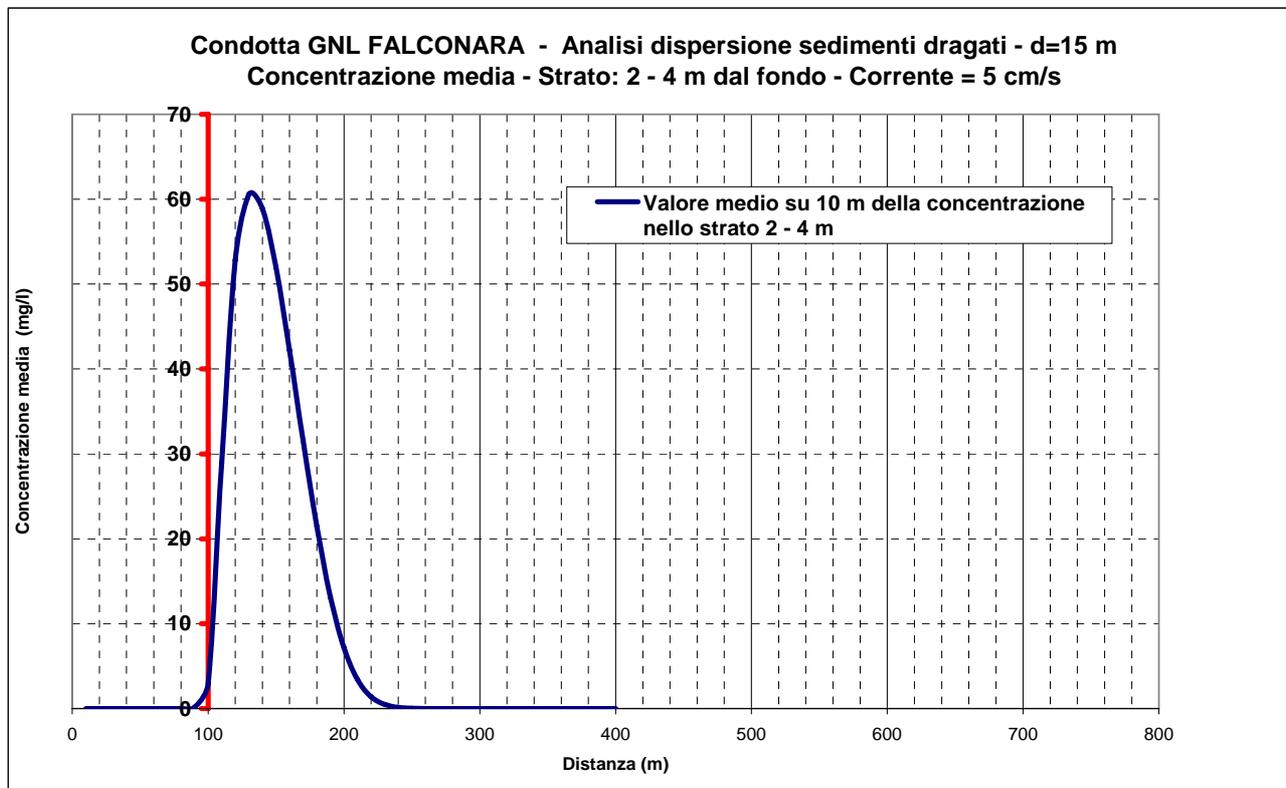
della perturbazione, che risulta pari a ca. 120 m con corrente di 0.05 m/s, 160 m con corrente di 0.10 m/s e 300m m con corrente di 0.2 m/s.

Come nelle simulazioni a 10 m, la concentrazione di solido diminuisce con la quota e può essere considerata trascurabile a quote superiori ai 4 m.



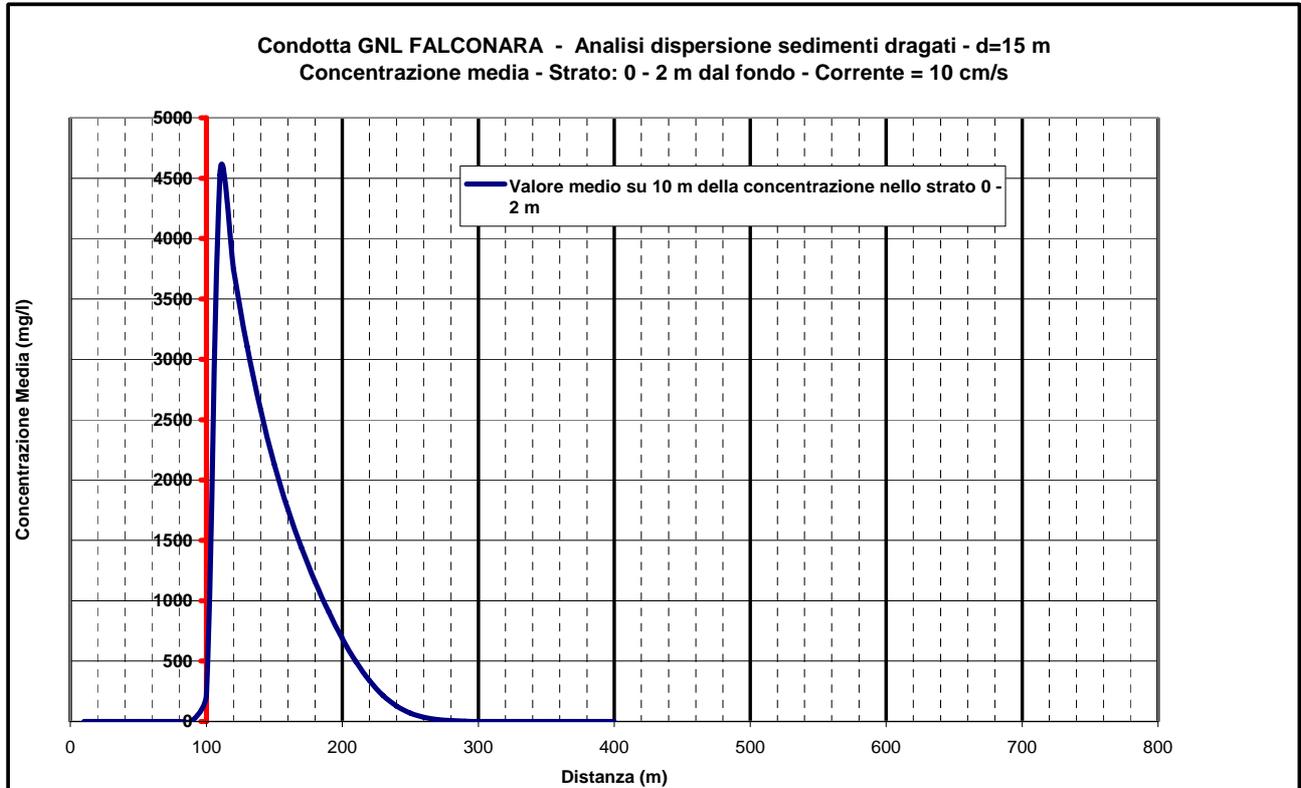
**Figura 1.6/7 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 5 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 23
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



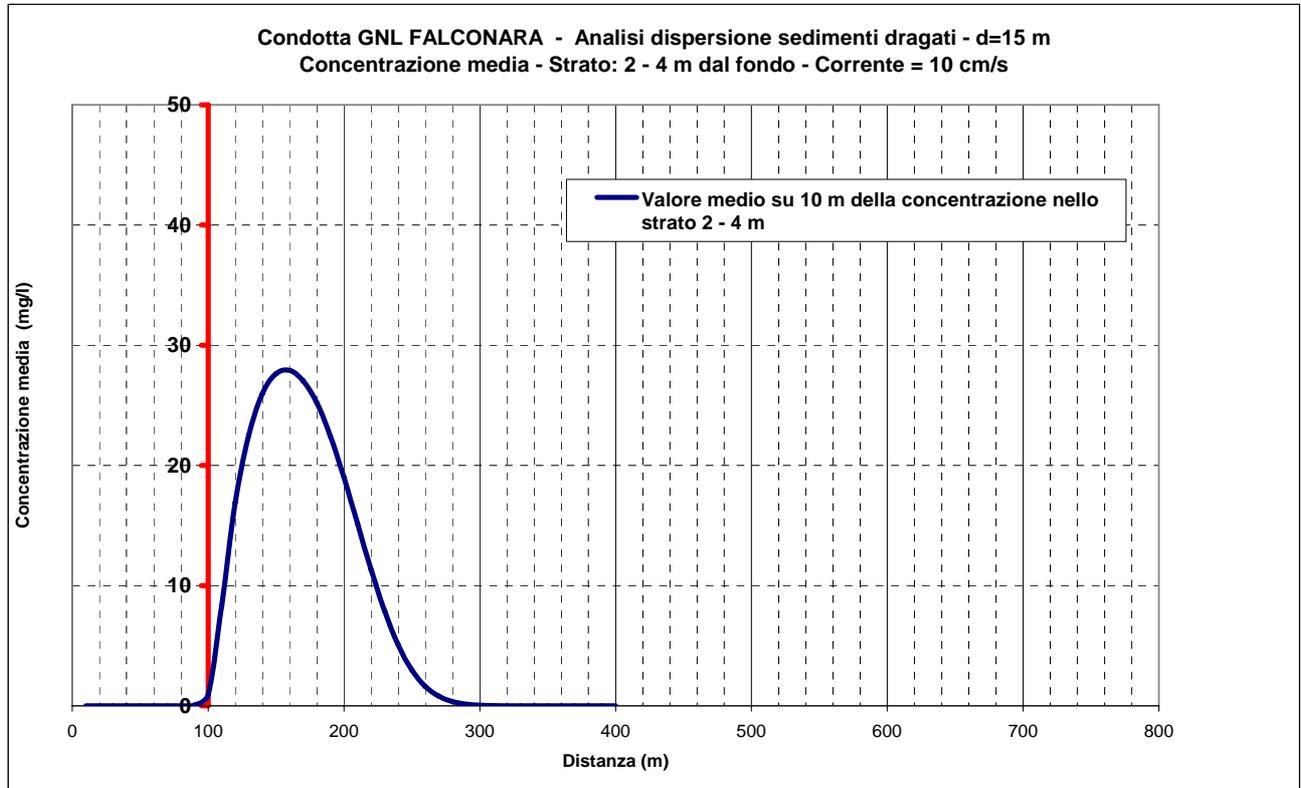
**Figura 1.6/8 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 5 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 24
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



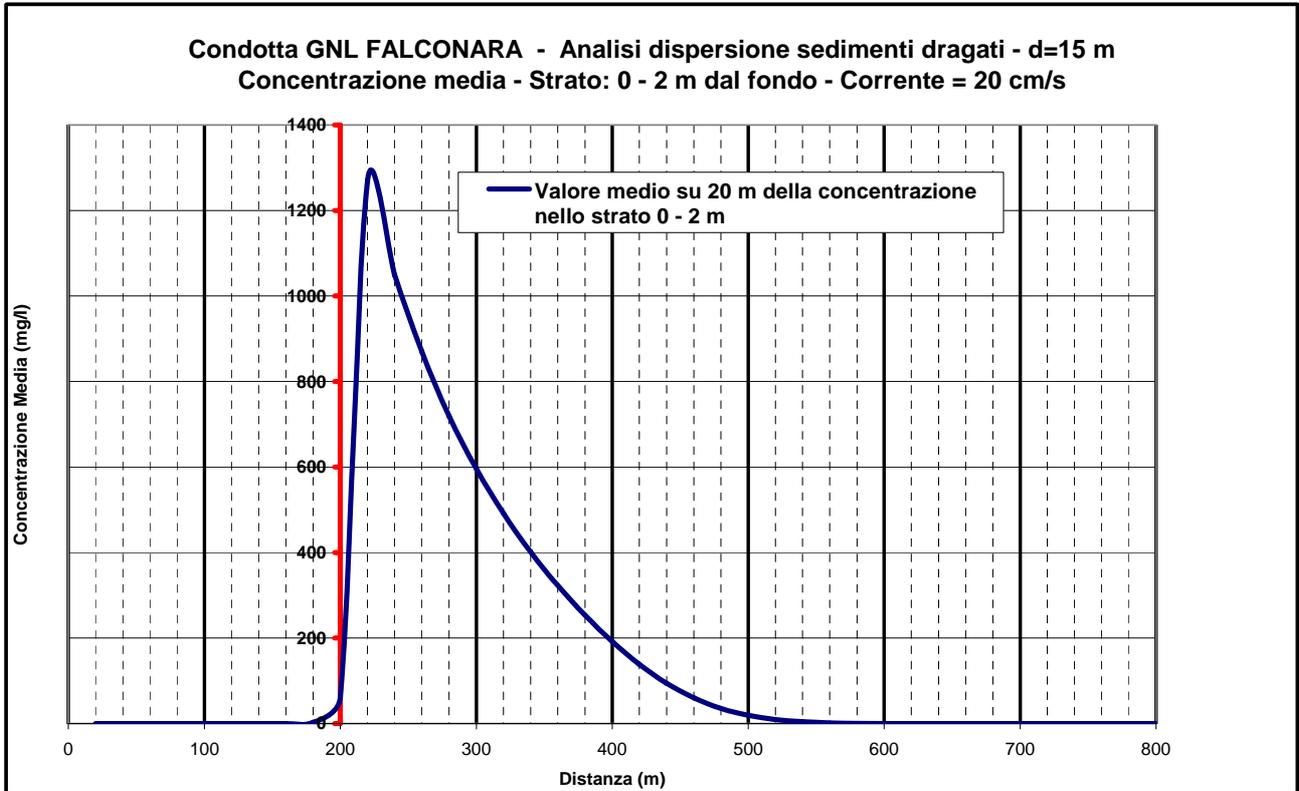
**Figura 1.6/9 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 10 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 25
	 <b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



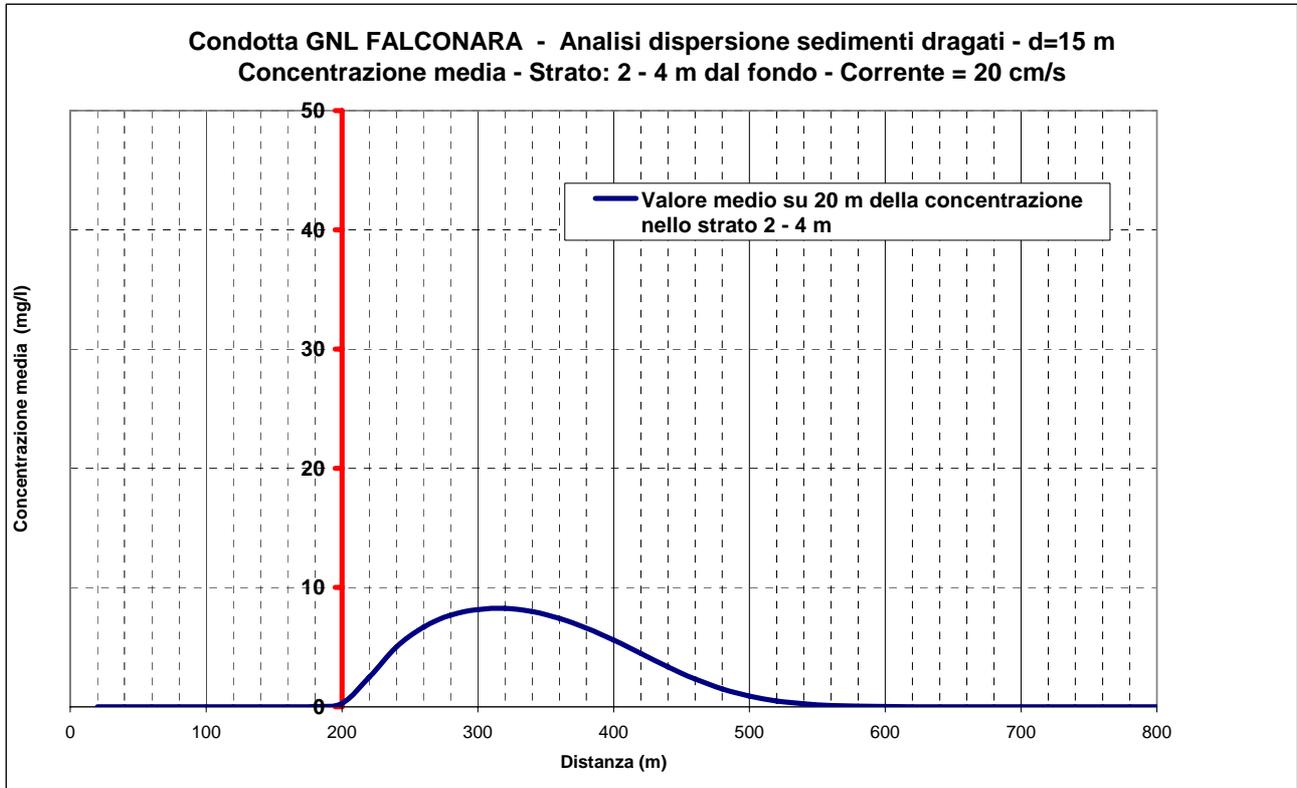
**Figura 1.6/10 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 10 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 26
	 <b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.6/21 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 20 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 27
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		



**Figura 1.6/32 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 20 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

#### 1.6.4 Concentrazione del solido sospeso – Profondità di 25 m

Le figure da Figura 1.6/3 a 1.6/18 mostrano l'andamento della concentrazione del solido sospeso per le simulazioni a 25 m di profondità.

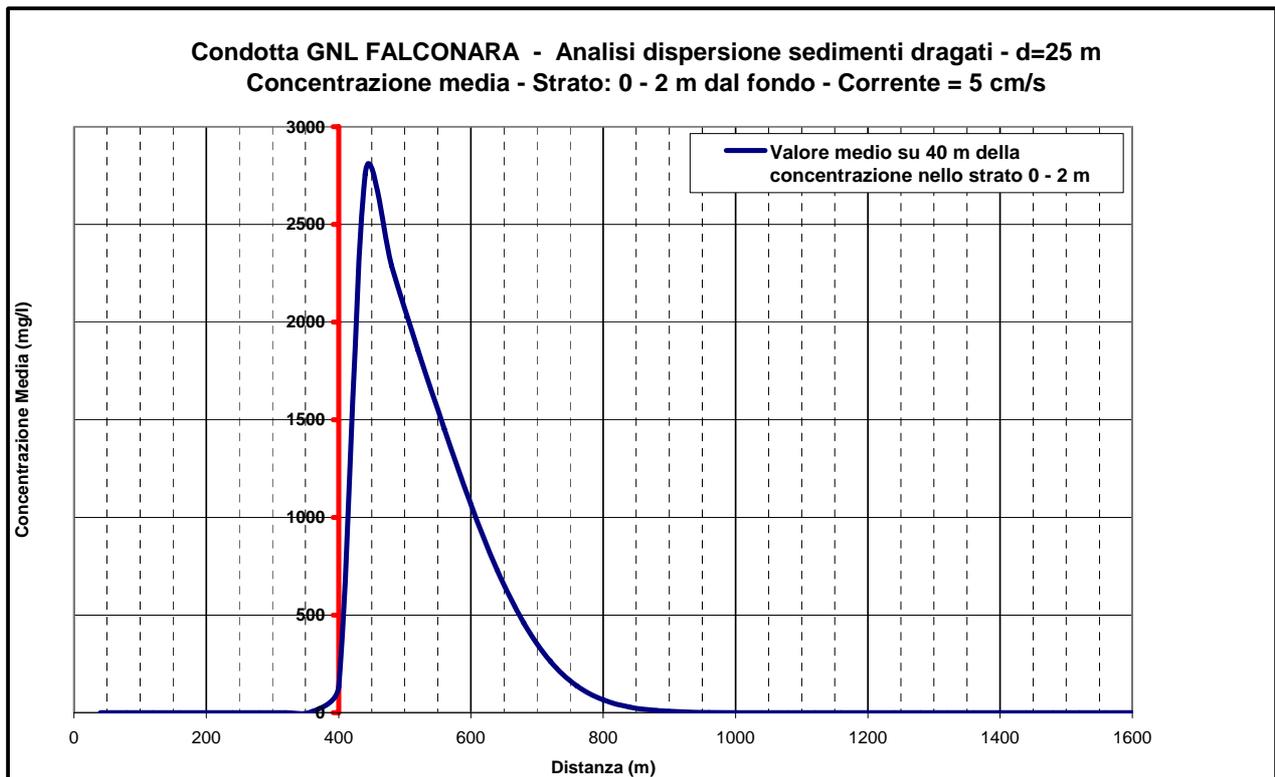
Nella figure l'asse verticale è stato posto nella posizione della trincea e le distanze sono nel verso di propagazione della corrente. Va osservato che i valori di concentrazione in figura non sono puntuali, ma medi sulla maglia di integrazione del modello, pari in tutti casi a 40x20 m.

Il materiale dell'area è di tipo limo-argilloso: in elevate concentrazioni, quali quelle presenti all'efflusso, tale materiale dà origine a fenomeni di flocculazione, cioè la formazione di agglomerati di particelle coesi da forze elettro-chimiche. Tali flocculi hanno velocità di caduta notevolmente superiori a quelli delle singole particelle componenti.

Tuttavia, conservativamente, tale aspetto non è stato considerato nelle presenti simulazioni. Quindi, la ridotta velocità di caduta del sedimento determina una estensione dell'area con

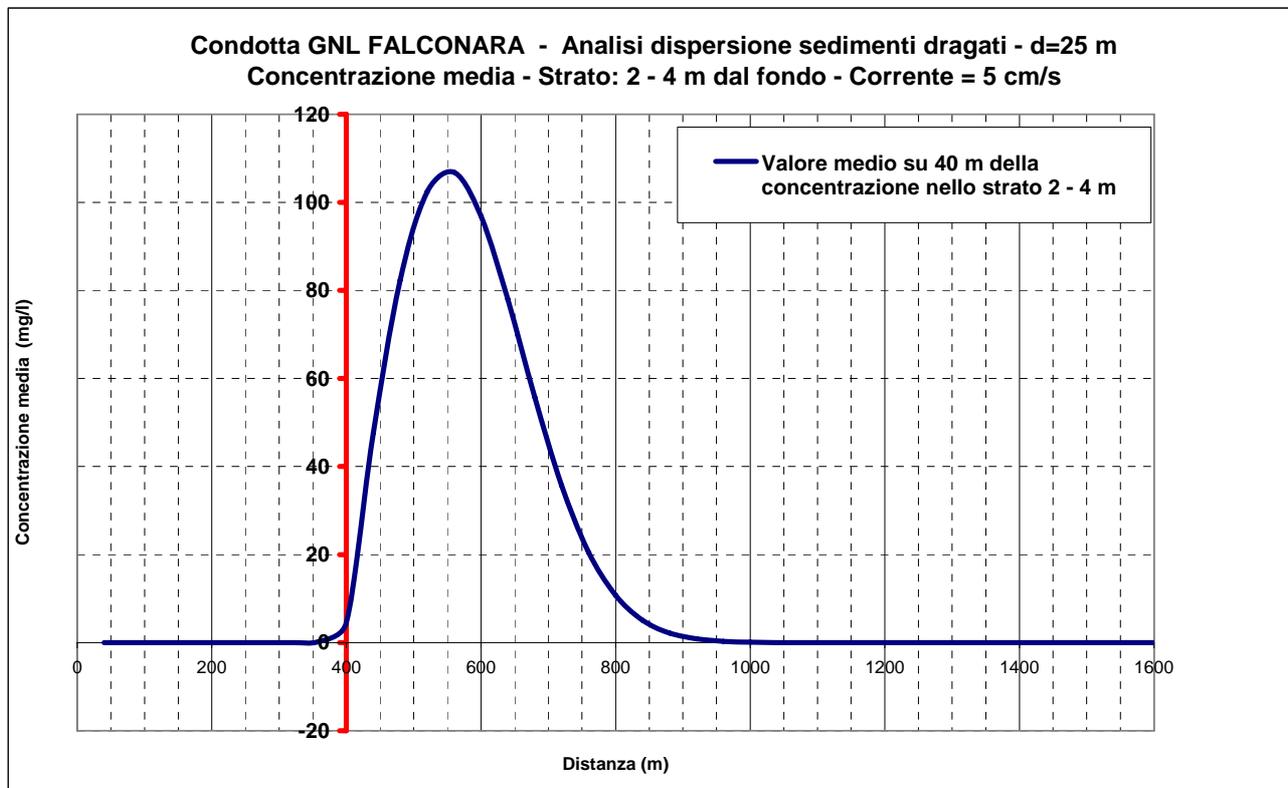
	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 28
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

concentrazioni superiori ad 1 mg/l, che risulta dell'ordine dei 500 m con velocità di 0.05 m/s, 750 m con velocità di 0.10 m/s e ca. 1500 m con 0.2 m/s. Va osservato che in questi casi si hanno concentrazioni apprezzabili, ma con picchi limitati all'ordine di 1 mg/l, anche nel livello da 4 a 6 m rispetto al fondo (non mostrato nelle figure).



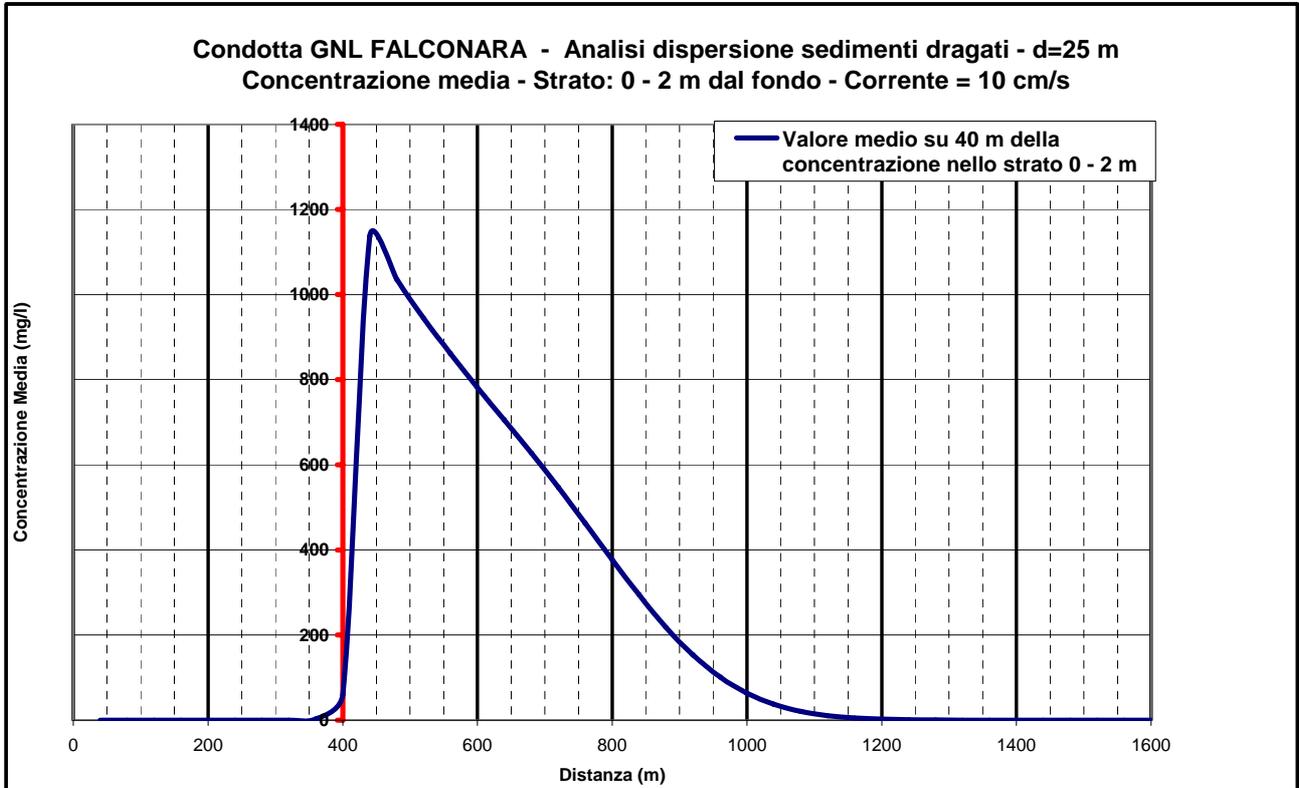
**Figura 1.6/13 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 5 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 29
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



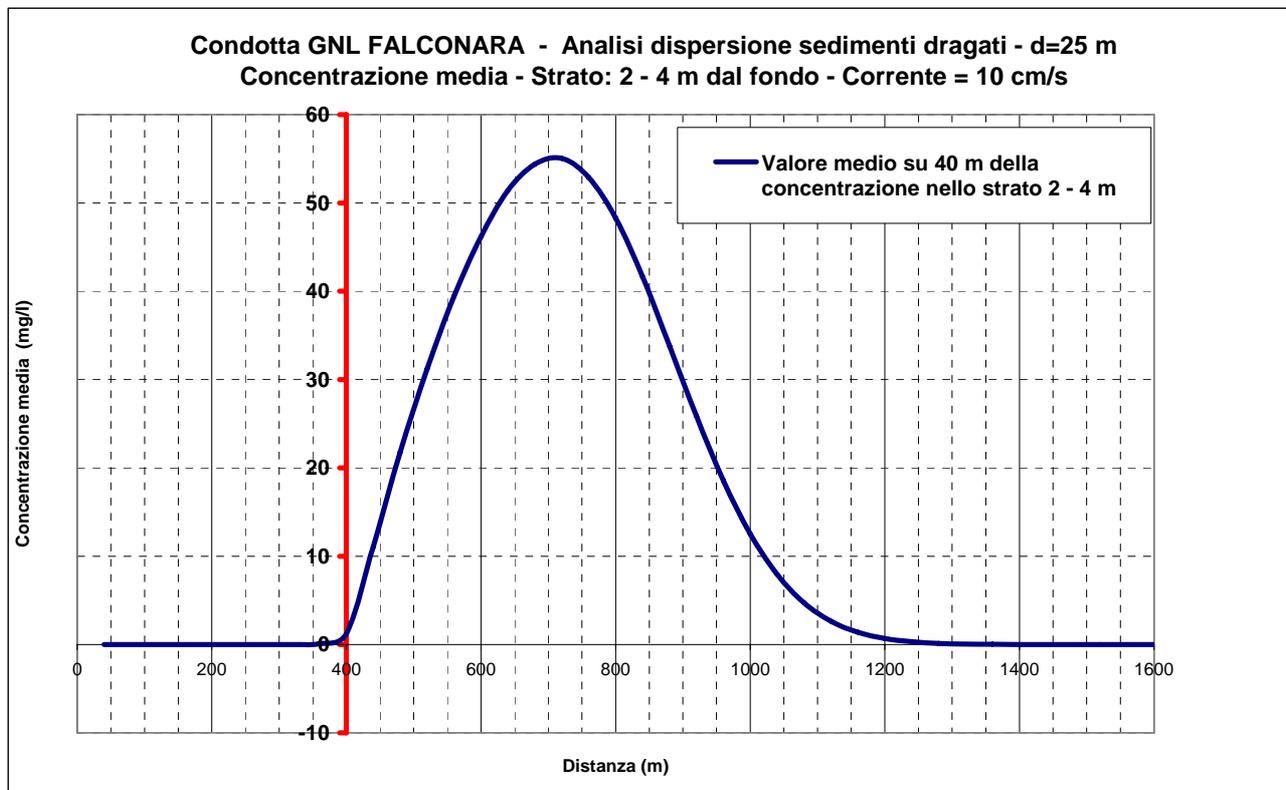
**Figura 1.6/44 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 5 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 30
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



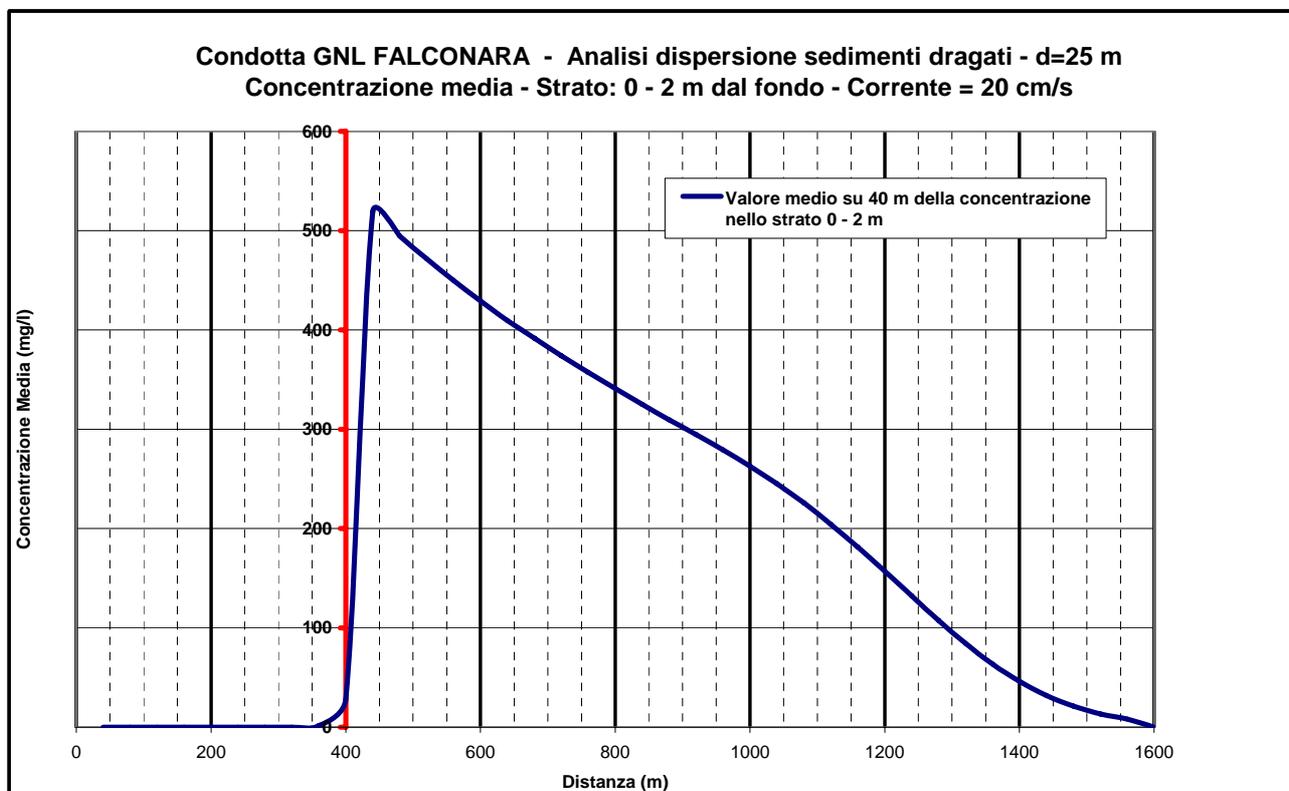
**Figura 1.6/15 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 10 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 31
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



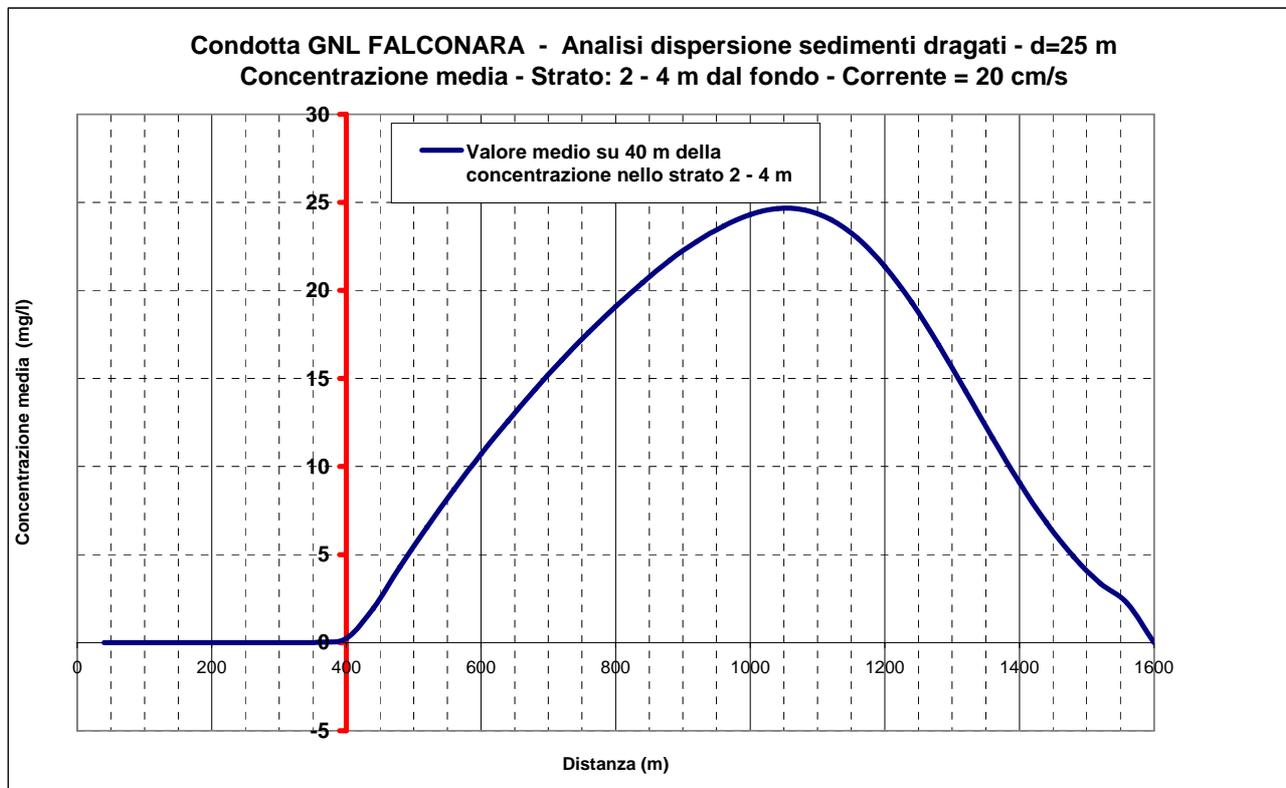
**Figura 1.6/56 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 10 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 32
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.6/17 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 20 cm/s - Strato 0-2 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 33
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.6/18 - Andamento della concentrazione massima di solido sospeso a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 20 cm/s - Strato 2-4 m dal fondo**

	CUSTOMER:	api nòva energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	<i>PROGETTO LNG – Falconara M.ma</i>	Rev. A01	Pag. 34
	 	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO		

## 1.7 DURATA DELLA PERTURBAZIONE

La durata della alterazione della trasparenza delle acque introdotta dalla macchina di scavo è stata valutata prendendo come valore di riferimento la soglia di significatività del solido sospeso sopra definita (0.6 ppm  $\approx$  1.0 mg/l). Quindi si è valutata la massima estensione del plume – indicata nel seguito come d1 - con tale soglia di concentrazione, generato da una sorgente puntuale di intensità pari all'emissione della PTM, nel primo livello verticale di calcolo del modello di simulazione numerica (0.-2 m sul fondo).

Oltre a tale effetto, occorre considerare che, anche dopo l'allontanamento della macchina di scavo, occorre un certo tempo per la dispersione del solido sospeso, che avviene sostanzialmente per due fenomeni: la deposizione dovuta alla velocità di caduta del sedimento e la diluizione dovuta ai fenomeni dispersivi della massa di acqua.

Va osservato che i fenomeni dispersivi sono dominanti rispetto alla deposizione nel caso di sedimento limo-argilloso, tuttavia tale effetto è stato trascurato nelle seguenti valutazioni, che quindi vanno considerate conservative per la profondità di 25 m.

Quindi si è definita la durata della perturbazione come la somma del tempo impiegato dalla PTM per percorrere la distanza d1 e del tempo necessario perché il solido sospeso si depositi sul fondale, una volta cessata l'alimentazione da parte della macchina di scavo. I risultati ottenuti sono sintetizzati nella tabella seguente.

Velocità Di Corrente	Profondità		
	10 m	15 m	25 m
0.05 m/s	1.6 h	2.2 h	68 h
0.10 m/s	1.8 h	2.8 h	68 h
0.20 m/s	2.1 h	4.9 h	68 h

**Tabella 1.7/A – Analisi del Post-trench, stima della durata della perturbazione nella torbidità dell'acqua per le diverse condizioni simulate.**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 35
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

Le durate indicate rappresentano il tempo necessario perchè in ogni punto della zona potenzialmente affetta, la concentrazione di solido dragato nella colonna d'acqua scenda al di sotto del valore di 1 mg/l

## 1.8 RILASCIO DI SOSTANZE DA PARTE DEI SOLIDI SOSPESI

Un ulteriore rischio potenziale per l'ambiente marino può derivare dalla solubilizzazione di sostanze biostimolanti (nutrienti) e tossiche dal sedimento una volta sospeso in acqua di mare. Per consentire una stima di tali effetti le seguenti figure - da Figura 1.8/ a Figura 1.8/6 - riportano i fattori di diluizione rispetto alla concentrazione all'emissione di un inquinante passivo, nell'ipotesi che il rilascio dell'inquinante da parte del solido sospeso avvenga in modo istantaneo. Le figure riportano la sola situazione relativa a 25 m di profondità, in quanto nelle ipotesi fatte di rilascio istantaneo, i risultati si applicano anche alle altre situazioni considerate.

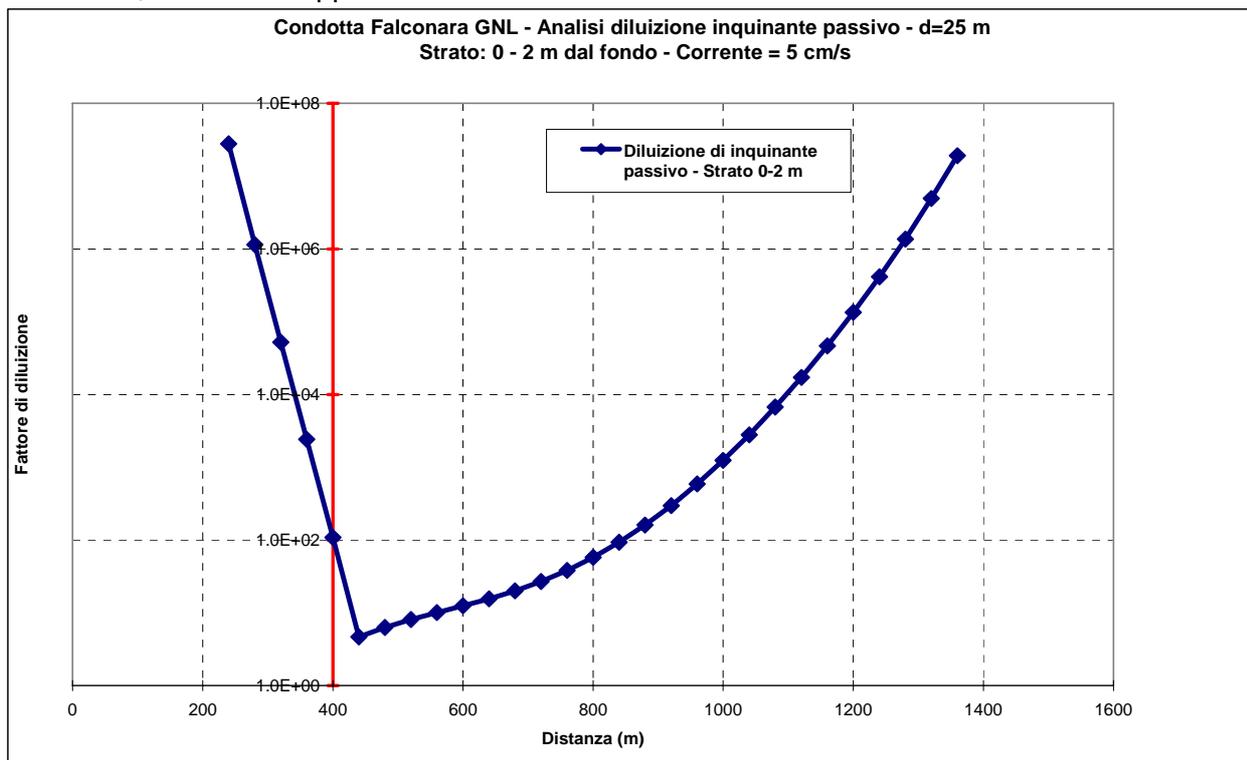
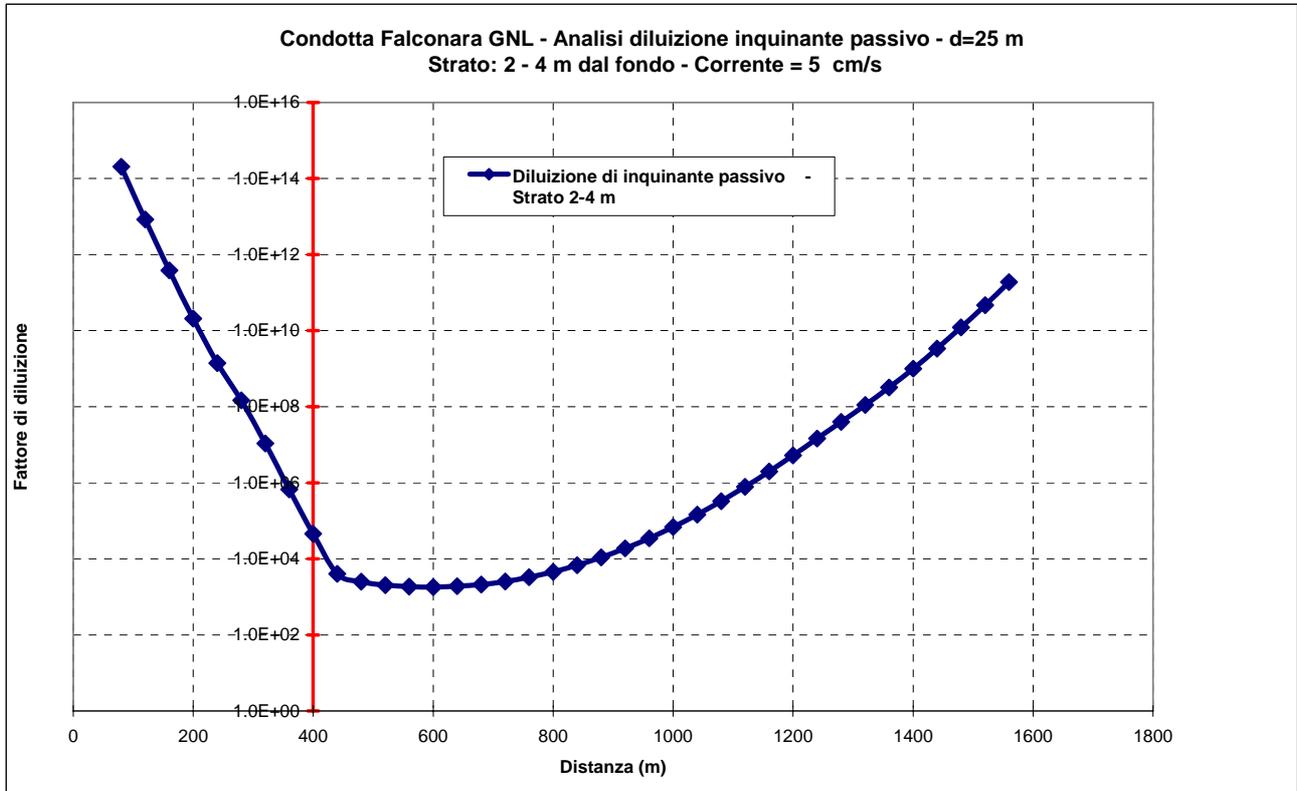


Figura 1.8/1 - Analisi del Post-Trench – Andamento del fattore di diluizione di un inquinante passivo a valle della trincea – Profondità 25 m – Corrente 0.05 m/s – livello: 0-2 m

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 36
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.8/6 - Analisi del Post-Trench – Andamento del fattore di diluizione di un inquinante passivo a valle della trincea – Profondità 25 m – Corrente 0.05 m/s – livello: 2-4 m**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 37
		Salpem Energy Services	ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

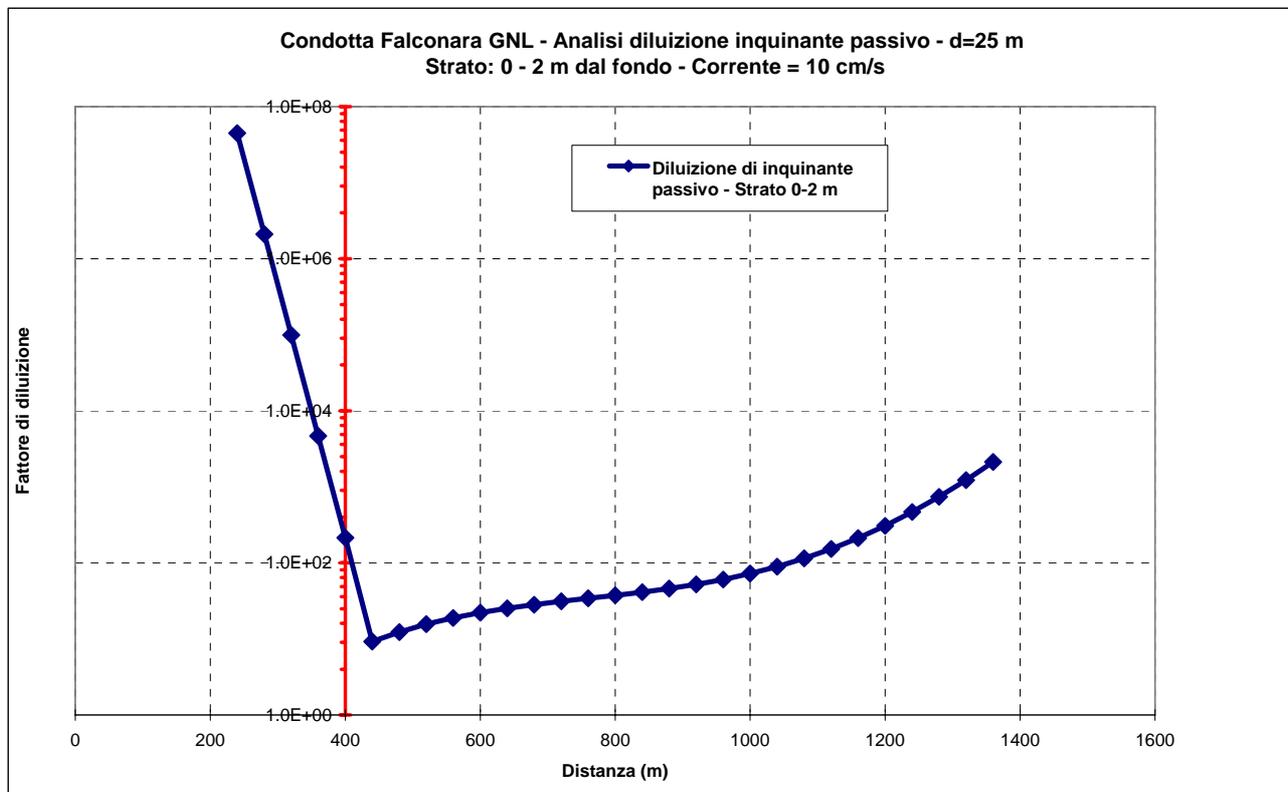
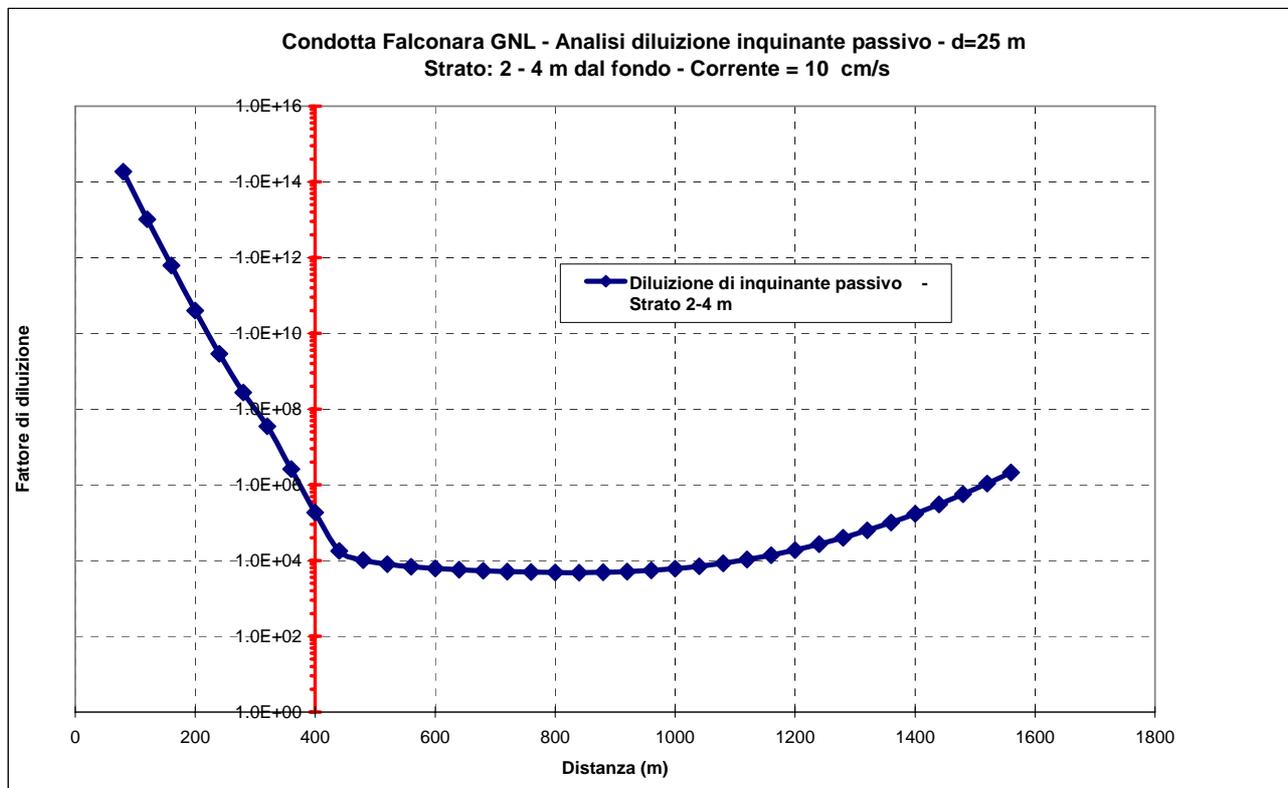


Figura 1.8/3 - Analisi del Post-Trench – Andamento del fattore di diluizione di un inquinante passivo a valle della trincea – Profondità 25 m – Corrente 0.10 m/s – livello: 0-2 m

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 38
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.8/4 - Analisi del Post-Trench – Andamento del fattore di diluizione di un inquinante passivo a valle della trincea – Profondità 25 m – Corrente 0.10 m/s – livello: 2-4 m**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 39
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

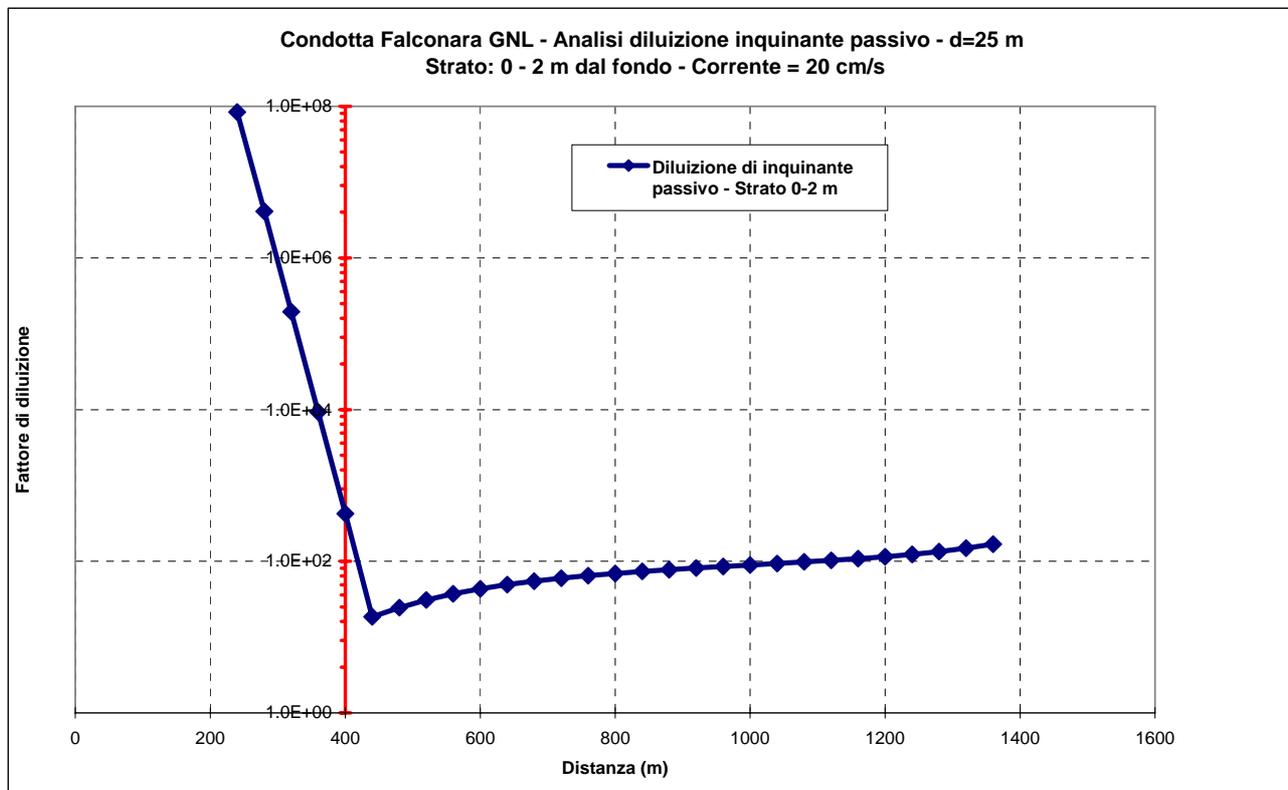


Figura 1.8/5 - Analisi del Post-Trench – Andamento del fattore di diluizione di un inquinante passivo a valle della trincea – Profondità 25 m – Corrente 0.20 m/s – livello: 0-2 m

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 40
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

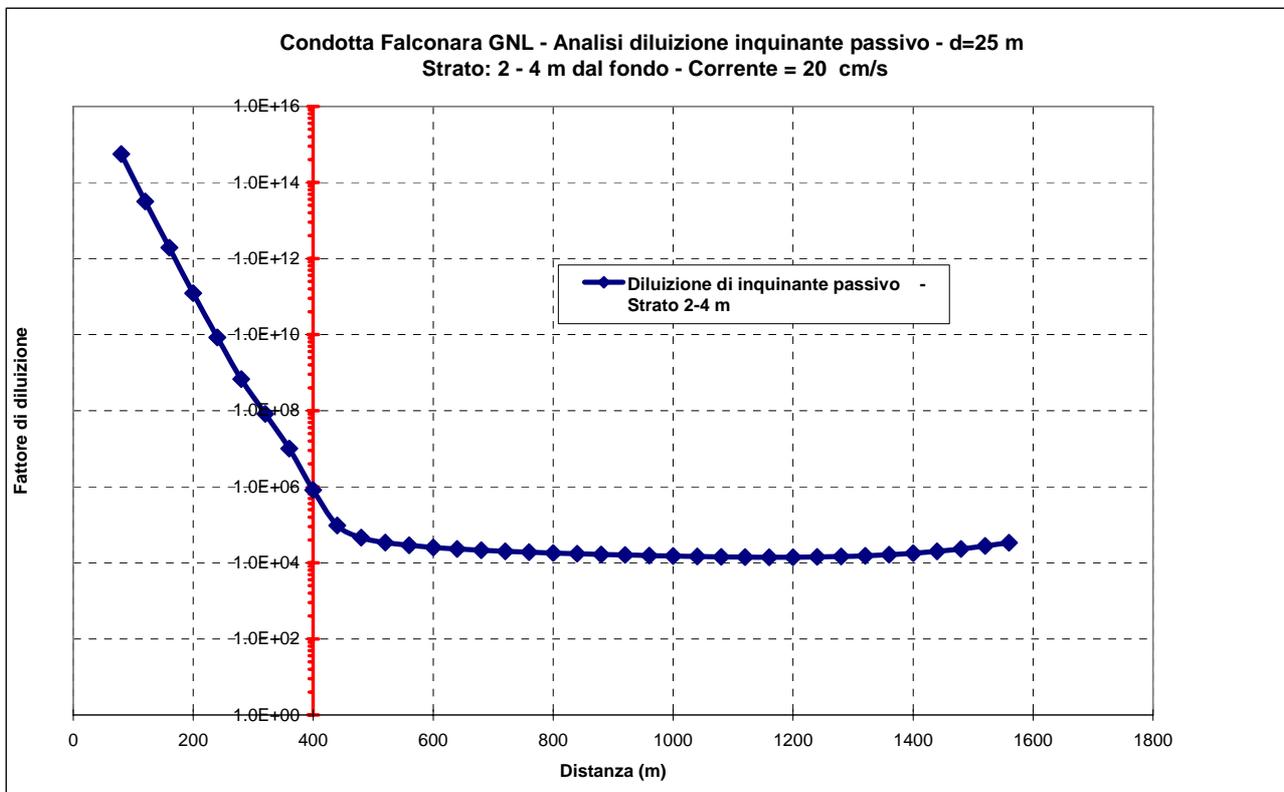


Figura 1.8/6 - Analisi del Post-Trench – Andamento del fattore di diluizione di un inquinante passivo a valle della trincea – Profondità 25 m – Corrente 0.20 m/s – livello: 2-4 m

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.: 539341-A-700-HR-0350	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)		
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 41
	 		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	

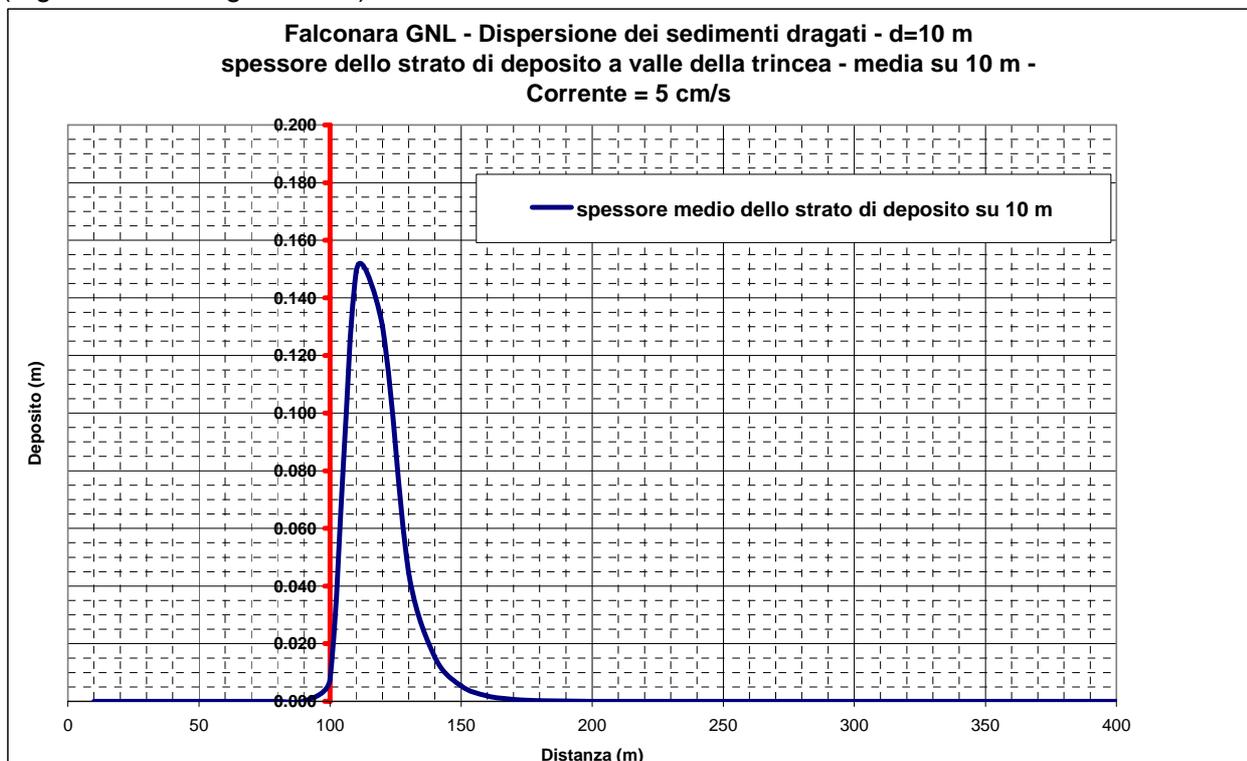
## 1.9 ACCUMULO SUL FONDALE

In base a quanto esposto precedentemente l'ultimo degli effetti direttamente connessi all'apporto di solidi sospesi dovuti al dragaggio è quello relativo alla rideposizione sul fondale delle particelle stesse e la conseguente sottrazione di habitat alle specie bentoniche. Sulla base di precedenti esperienze ([2] Snamprogetti, 1995) viene preso come limite di criticità per le biocenosi bentoniche uno spessore depositato di 2 cm.

Sulla base di tale criterio ed in relazione alla velocità di corrente, la sottrazione di habitat risulta estesa fino a 40-70 m dalla trincea nelle simulazioni a 10 m di profondità(vedi figure da Figura 1.9/1 a Figura 1.9/73):

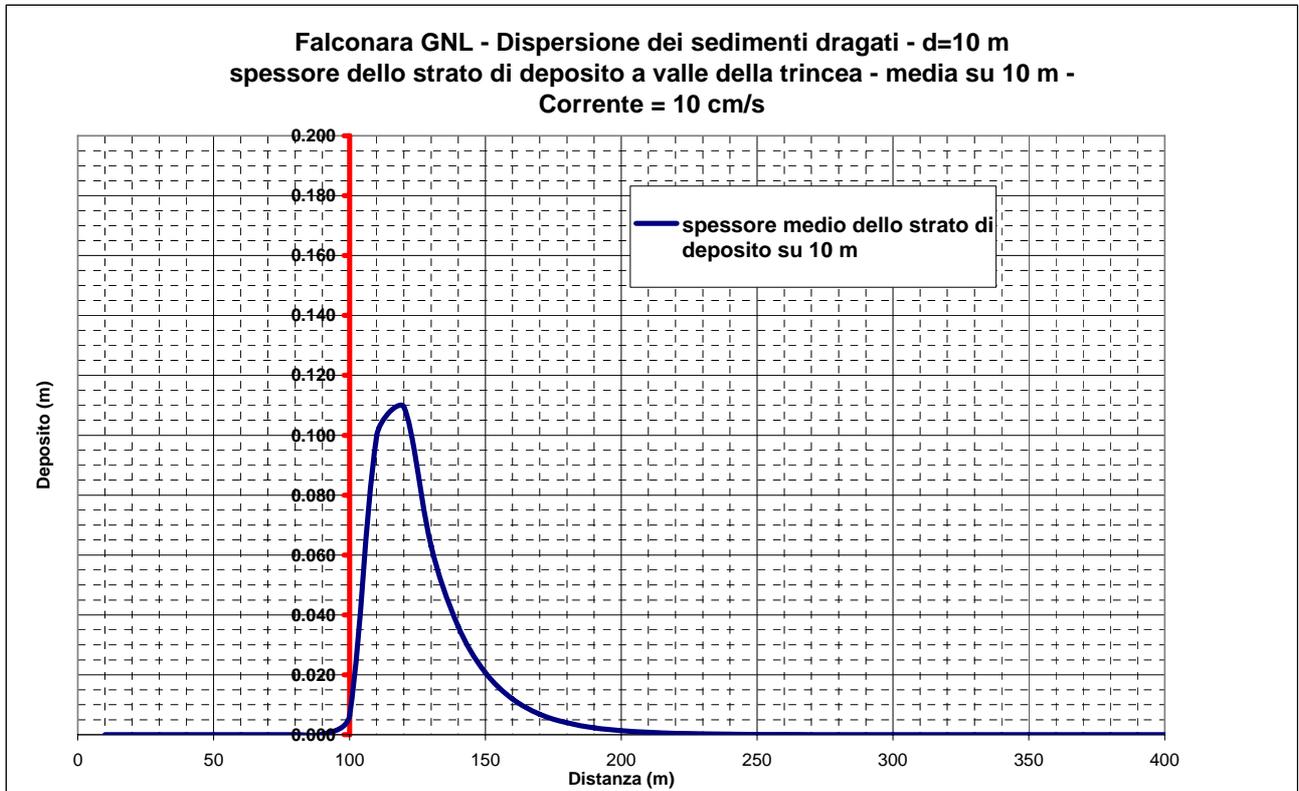
Nel caso della profondità di 15 m, lo strato di deposito superiore a 2 cm si ha fino ad una distanza di ca. 35 m con corrente di 0.05 m/s (Figura 1.9/1), fino a 45 m con 0.10 m/s (Figura 1.9/2), mentre si ha solo un picco di deposito superiore ai 2 cm a ca. 20 m dalla trincea con corrente di 0.2 m/s (Figura 1.9/3).

Nelle simulazioni a 25 m di profondità non si osservano invece mai depositi superiori ai 2 cm (Figura 1.9/4 a Figura 1.9/5).



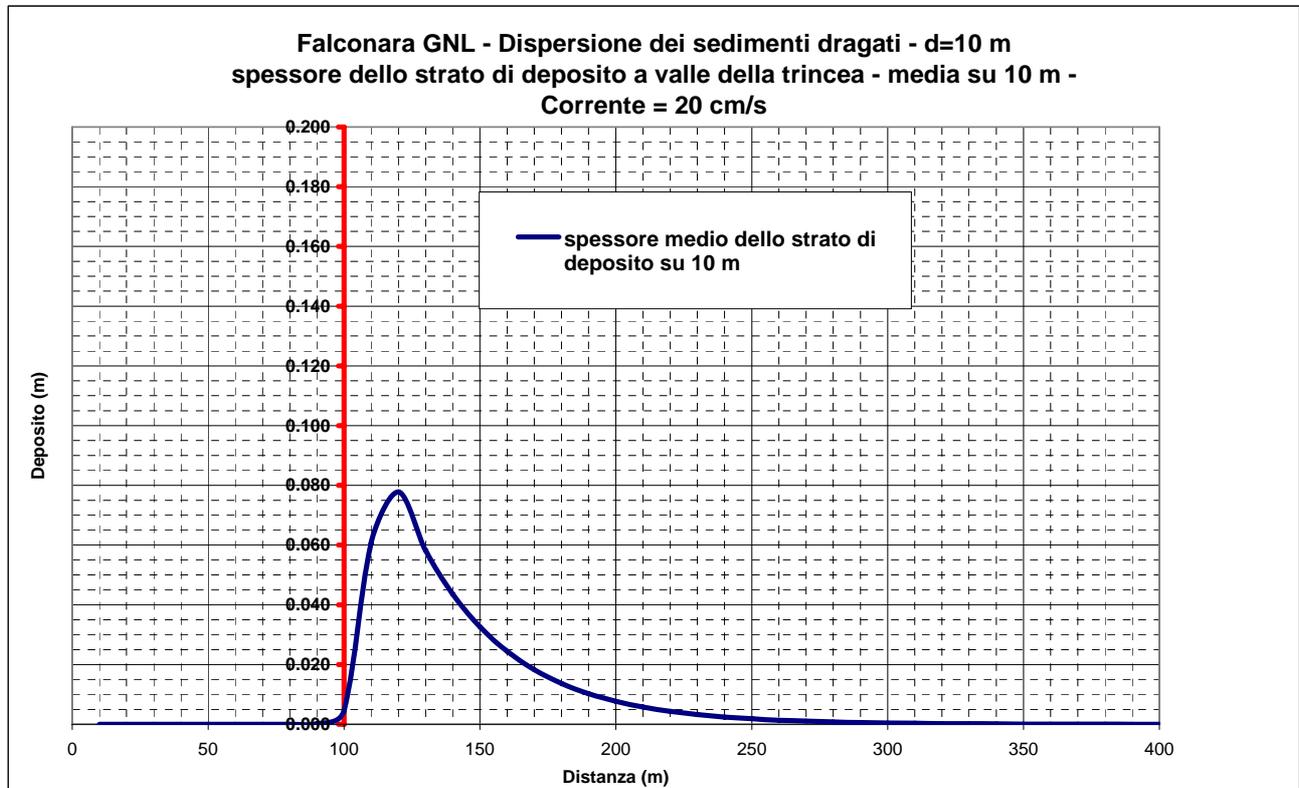
**Figura 1.9/1 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 5 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 42
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



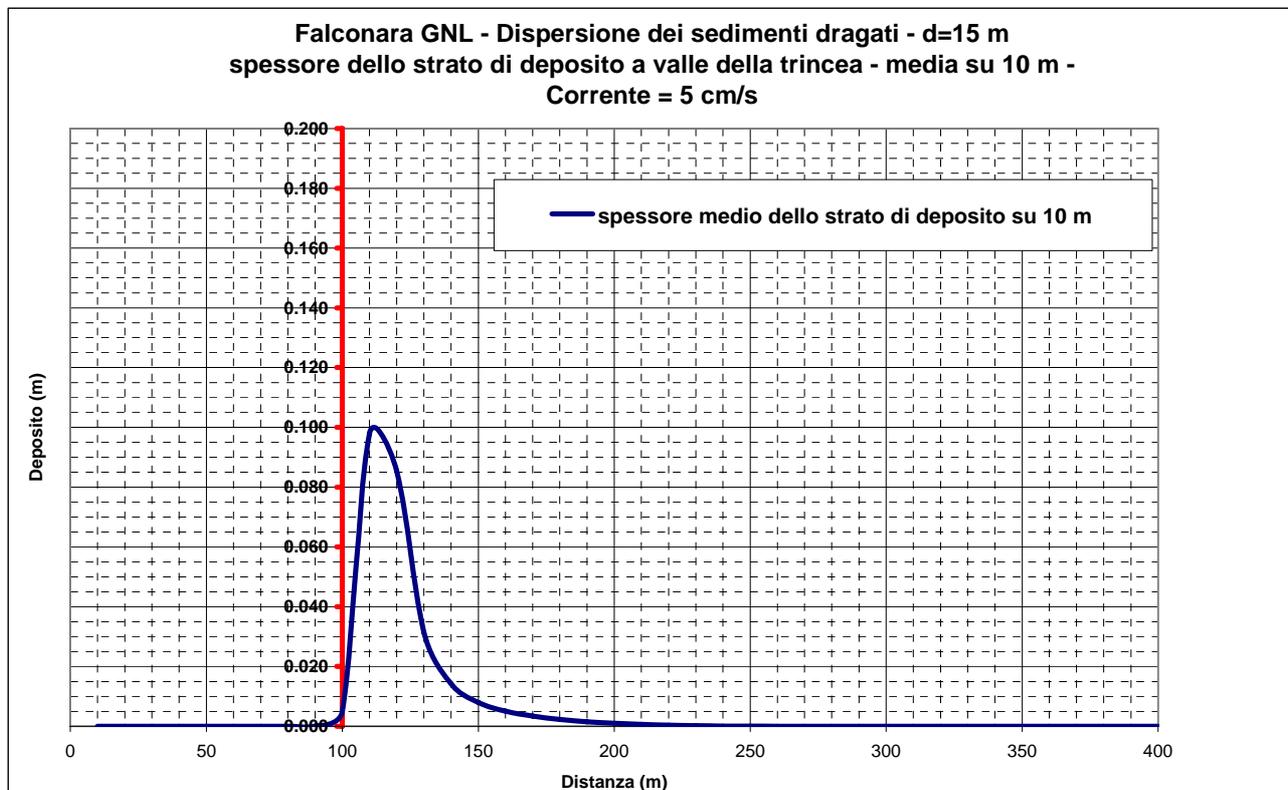
**Figura 1.9/2 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 10 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 43
	 <b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



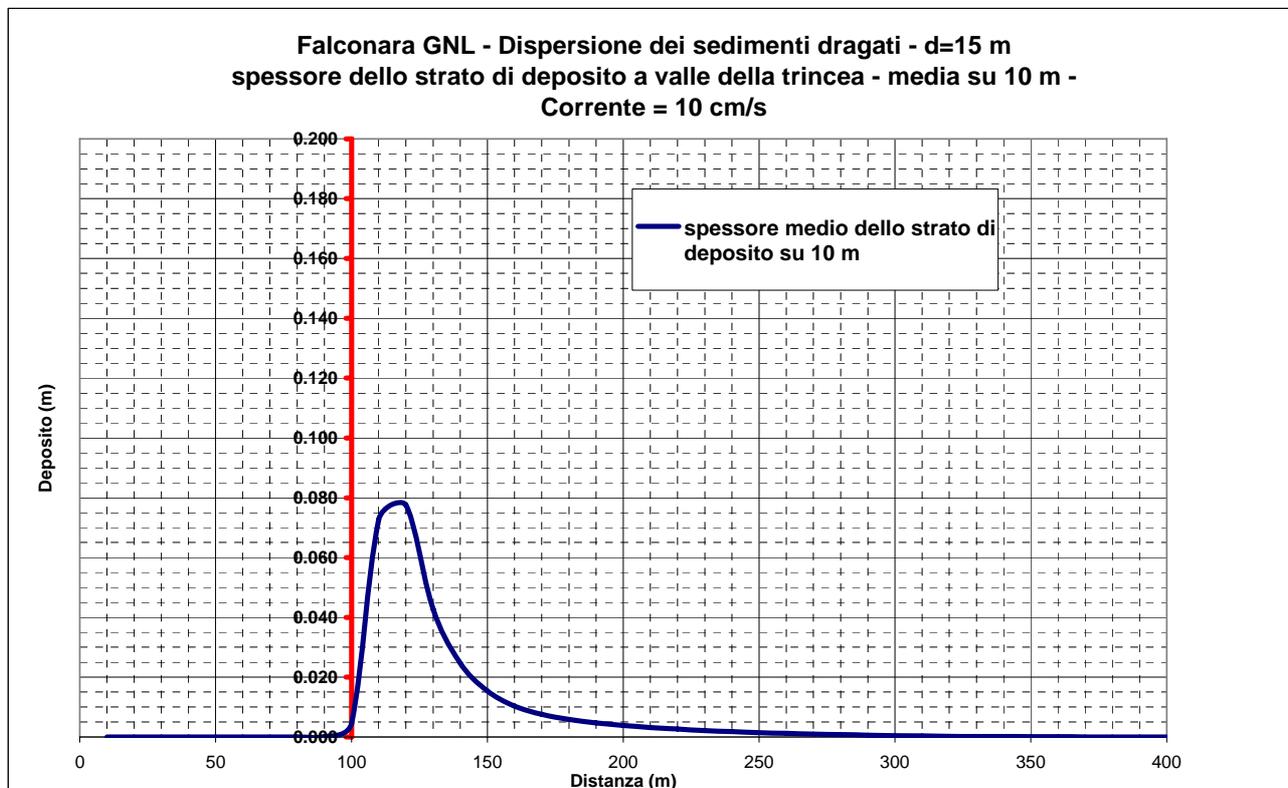
**Figura 1.9/7 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 10 m - corrente = 20 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 44
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



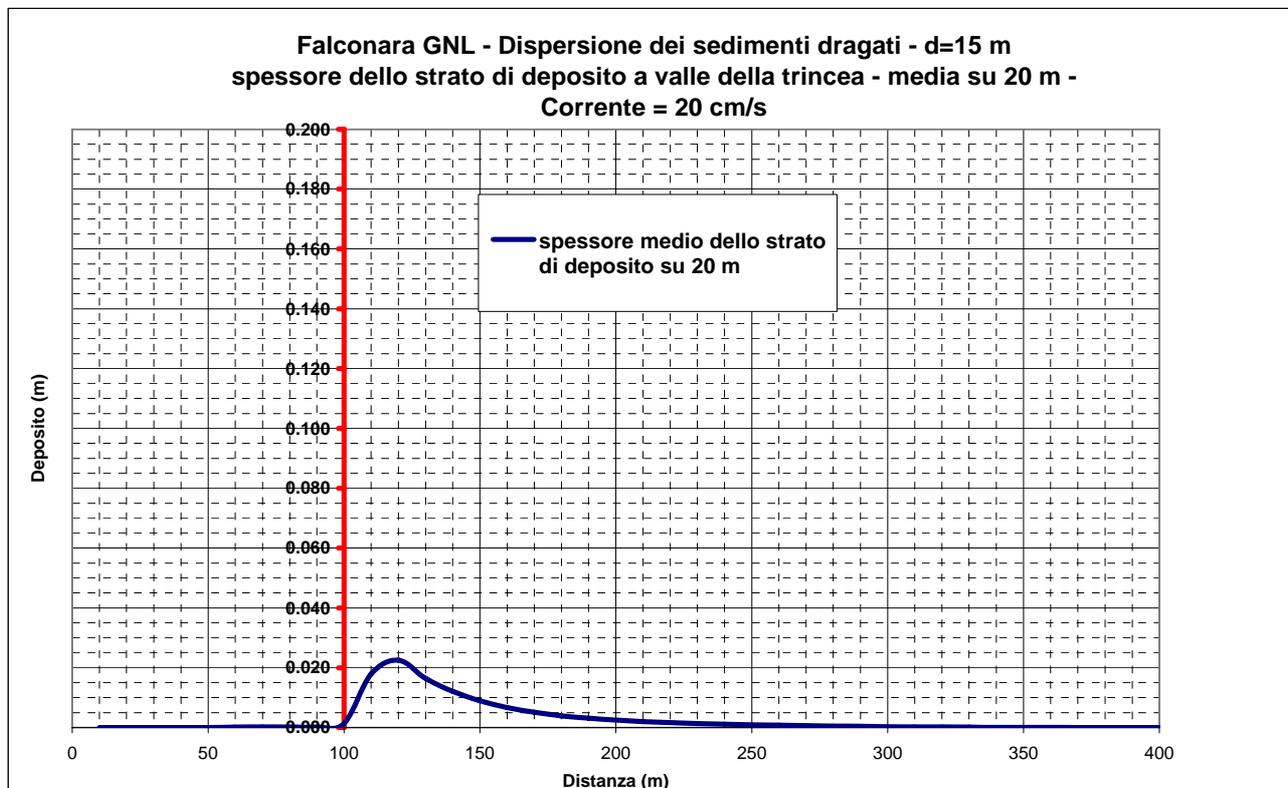
**Figura 1.9/4 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 5 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 45
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



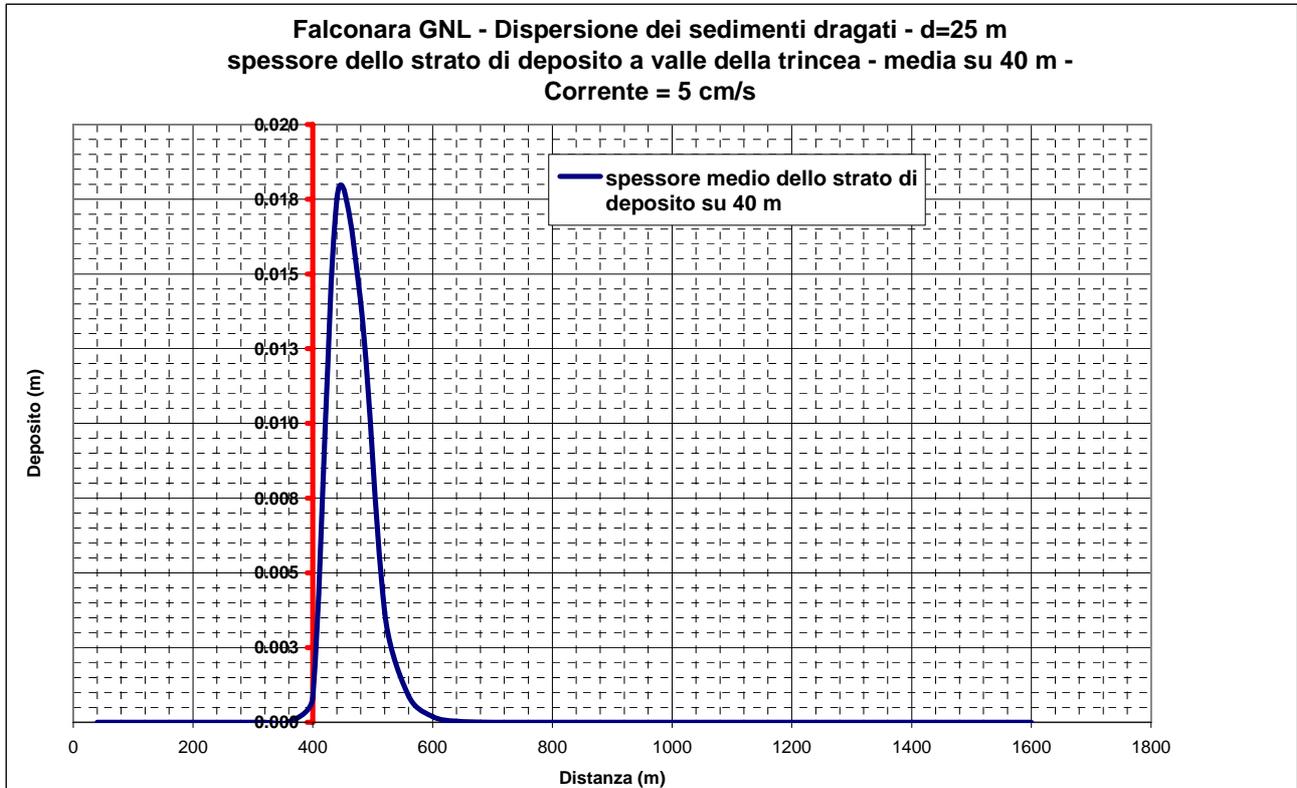
**Figura 1.9/5 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 10 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 46
	 <b>Salpem Energy Services</b>		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



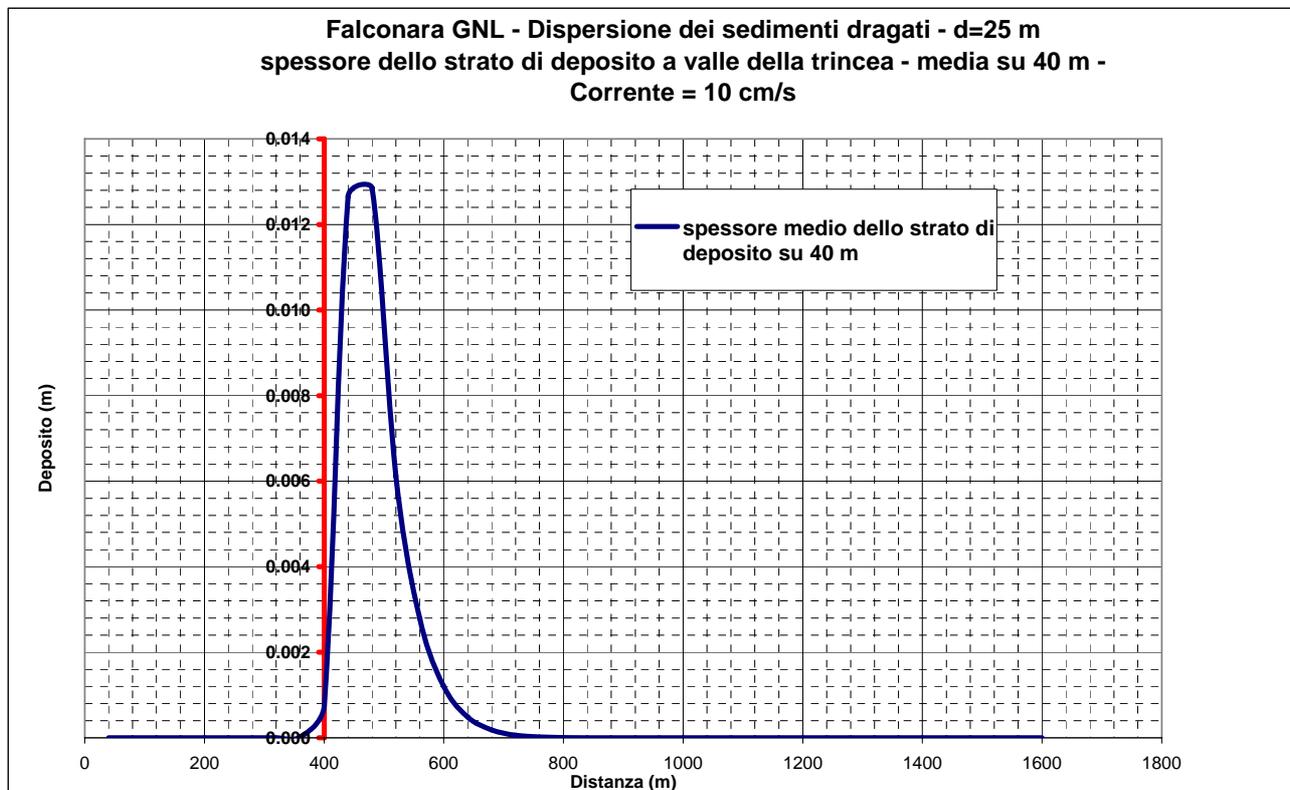
**Figura 1.9/6 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 15 m - corrente = 20 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 47
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



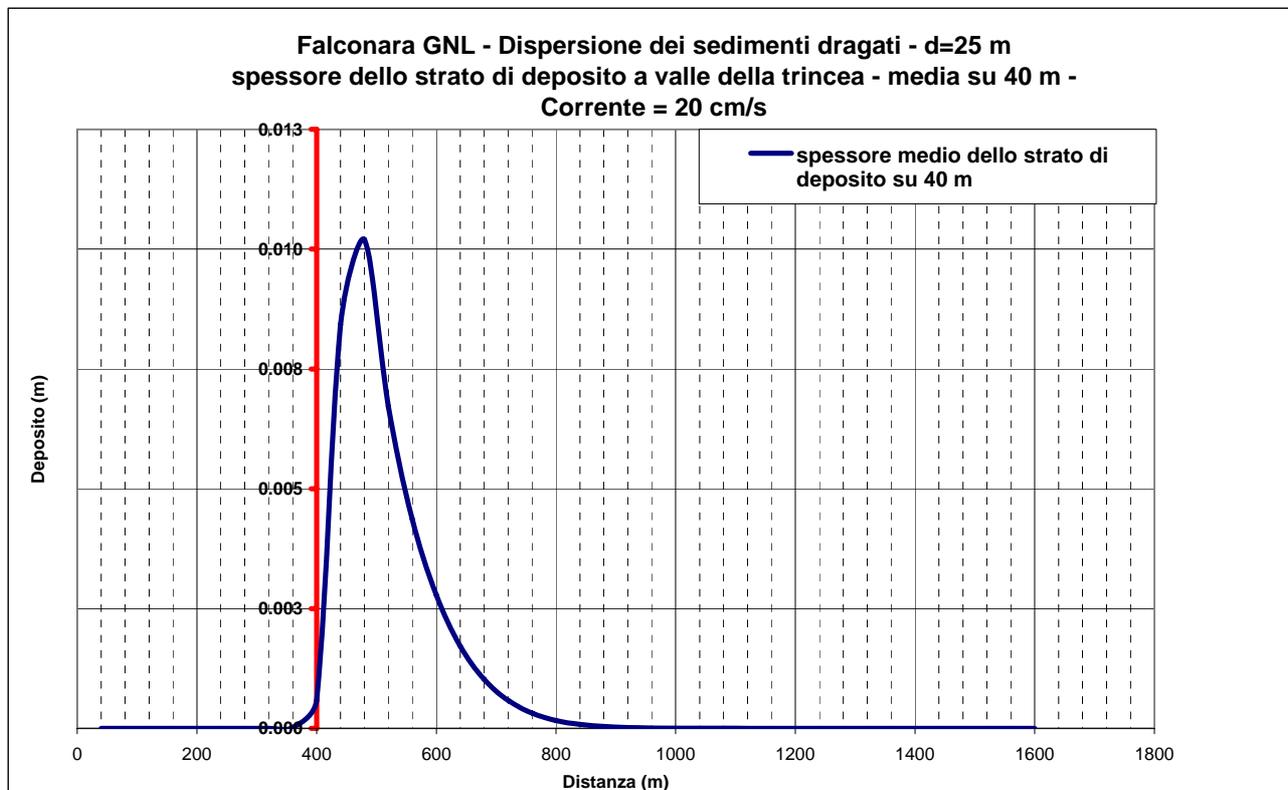
**Figura 1.9/7 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 5 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 48
			ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.9/8 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 10 cm/s**

	CUSTOMER:	api nova energia	Document No.:	
	LOCATION:	FALCONARA (ITALY)	539341-A-700-HR-0350	
	PROJECT:	PROGETTO LNG – Falconara M.ma	Rev. A01	Pag. 49
	 Salpem Energy Services		ALLEGATO 4 POSA E INTERRO	



**Figura 1.9/9 - Deposizione a valle della trincea - Profondità = 25 m - corrente = 20 cm/s**

Riferimenti

- [1] Snamprogetti - DISP3D - Dispersione a mare di scarichi da piattaforma offshore - SPC. LA-E-70301, 1993
- [2] Snamprogetti - Terminale GNL di Monfalcone - Studio di Impatto ambientale, *Rapporto Snamprogetti*, 1995