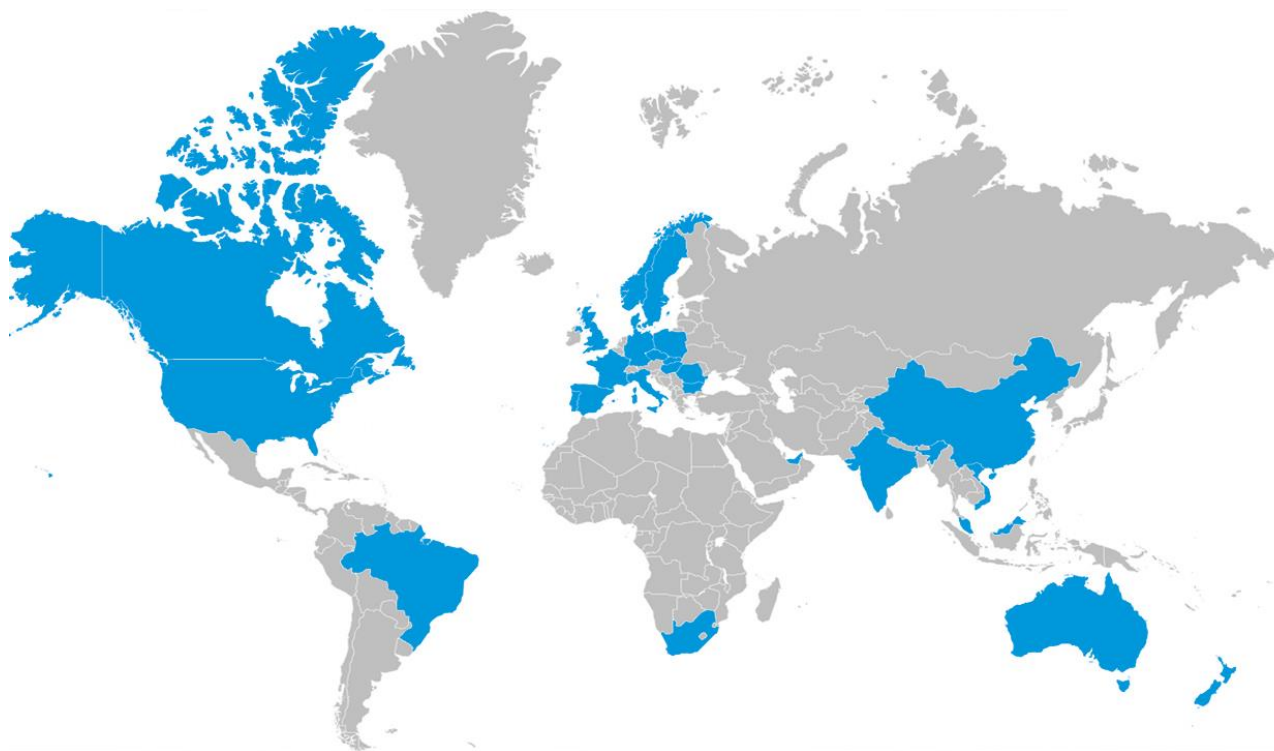


# Modelli numerici per la gestione dei sedimenti in ambito portuale e costiero: esempi applicativi

*Andrea Pedroncini, DHI S.r.l.*

# We are global



## We are **independent**

This gives us the freedom to excel and be unbiased



## We are a **private organisation**

Our business systems ensure our efficiency



## We are **not-for-profit**

This allows us to reinvest in furthering our knowledge



# Our areas of expertise

to help solve the world's toughest challenges in water environments



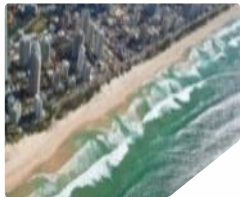
**Aquaculture & agriculture**



**Energy**



**Climate change**



**Coast & marine**



**Surface & ground water**



**Urban water**



**Industry**



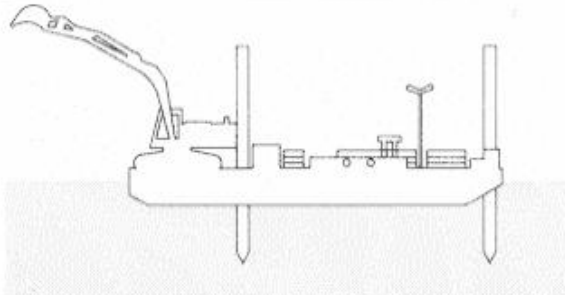
**Environment & ecosystems**



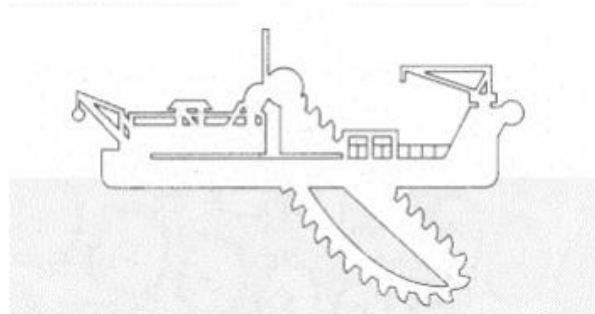
**Product safety & environmental risk**

# Movimentazione dei sedimenti in aree marino costiere: il dragaggio

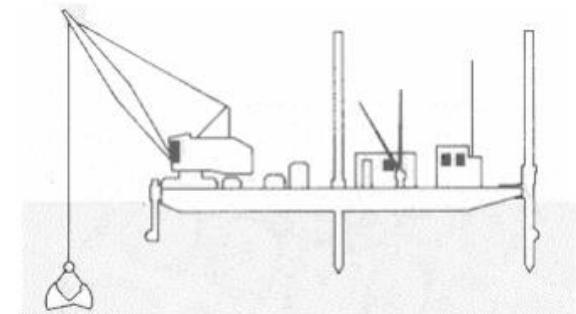
## Dragaggio di tipo meccanico



Draga a cucchiaio (backhoe)



Draga a secchie(bucket ladder)

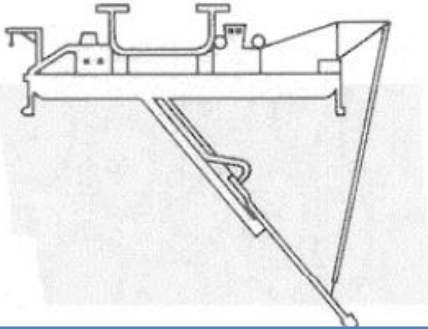


Draga a grappo (grab)

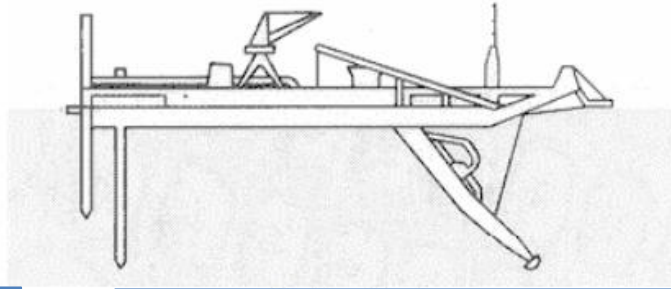
### Meccanismi di rilascio dei sedimenti in colonna d'acqua:

1. Impatto della benna sul fondale e disturbo del fondale durante l'asportazione dei sedimenti
2. Rilascio di sedimento durante la risalita (in genere uniformemente distribuito in colonna)
3. Ulteriore rilascio di sedimento per lavaggio della benna durante la fase di discesa verso il fondale

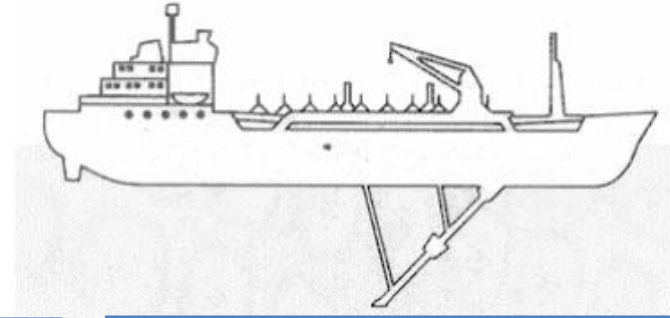
## Dragaggio di tipo idraulico



Draga aspirante (plain suction)



Draga aspirante con disgregatore  
(cutter)



Draga aspirante semovente con  
pozzo di carico (TSHD)

### Meccanismi di rilascio dei sedimenti in colonna d'acqua:

1. Azione di disturbo provocata dal movimento della testa dragante
2. Trascinamento della tubazione sul fondale
3. Fuoriuscita della miscela costituita da acqua e sedimento durante riempimento pozzi di carico (*overflow*).

# Casi applicativi



# Porto di La Spezia

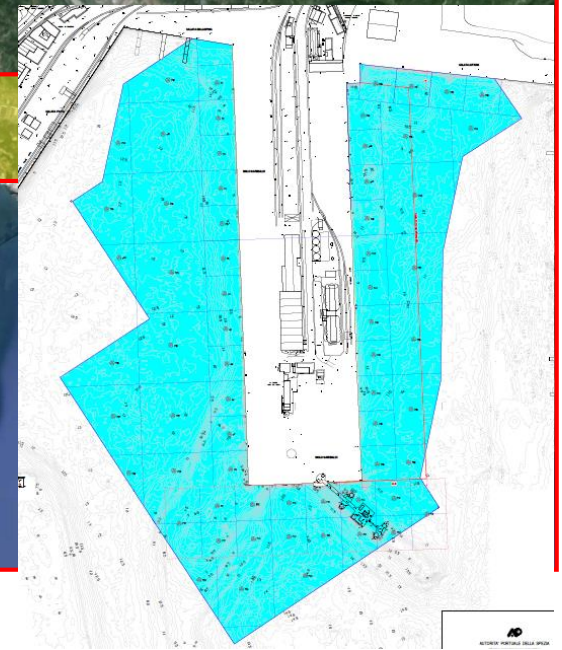
Simulazione della dispersione e del trasporto del sedimento fine rilasciato durante le operazioni di dragaggio del molo Garibaldi (2015)



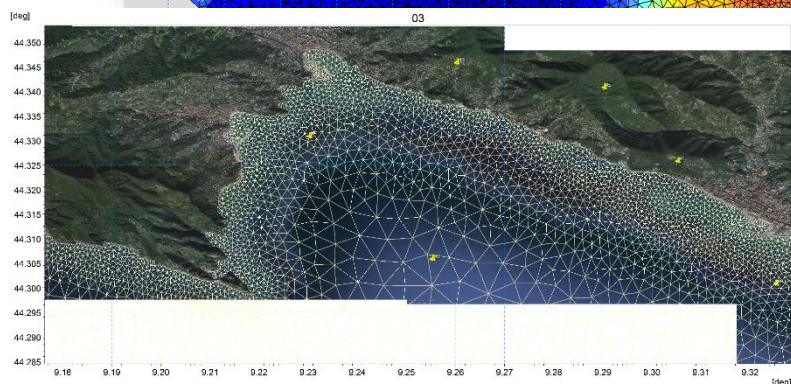
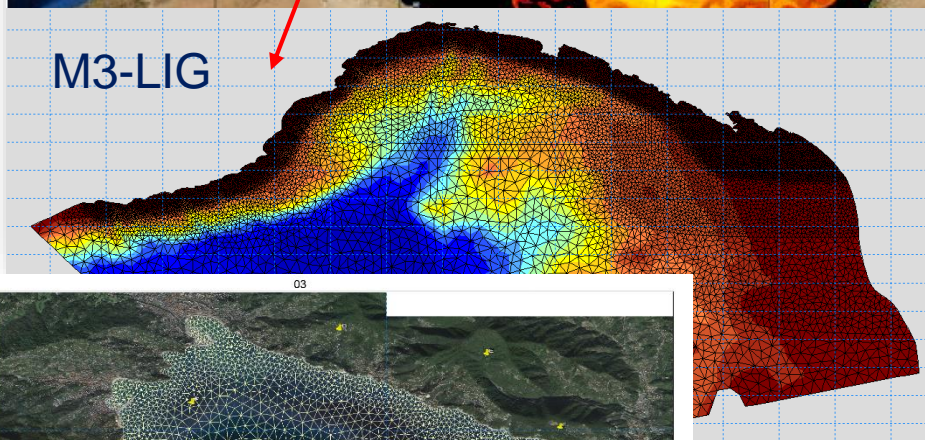
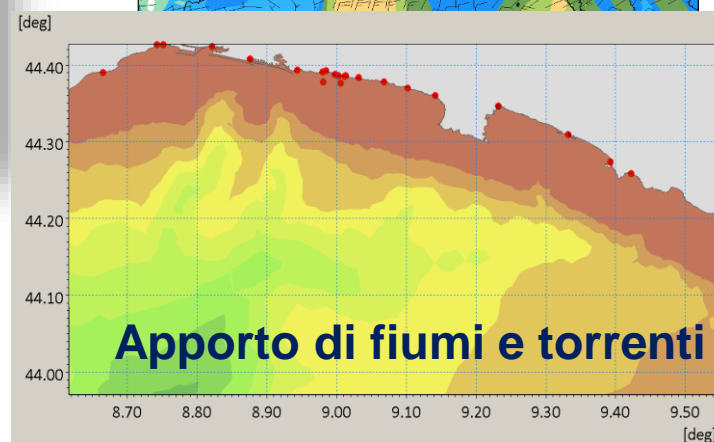
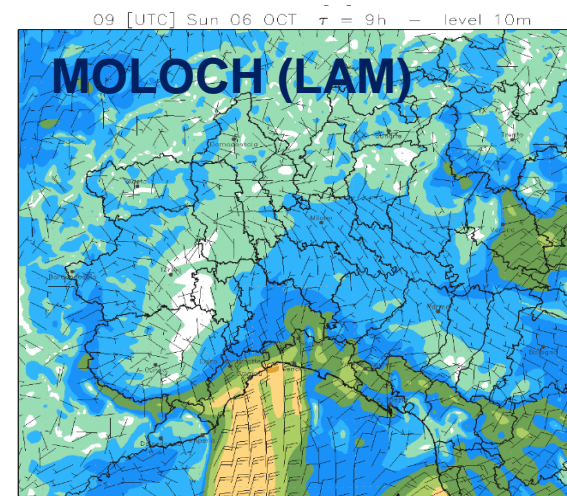
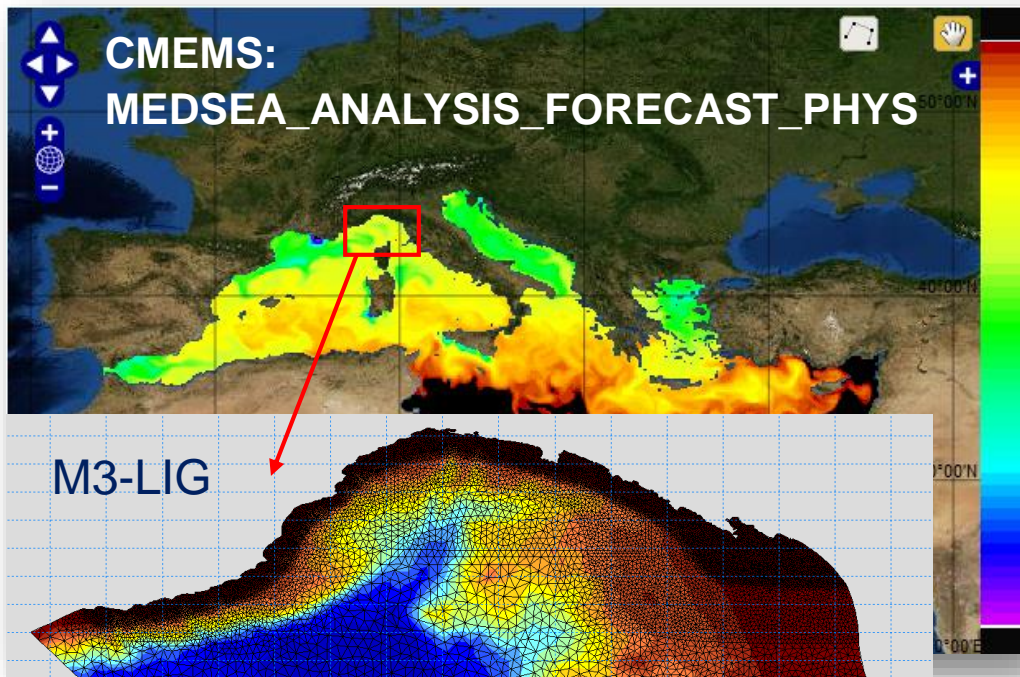
© DHI

# Porto di La Spezia

Simulazione della dispersione e del trasporto del sedimento fine rilasciato durante le operazioni di dragaggio del molo Garibaldi (2015)

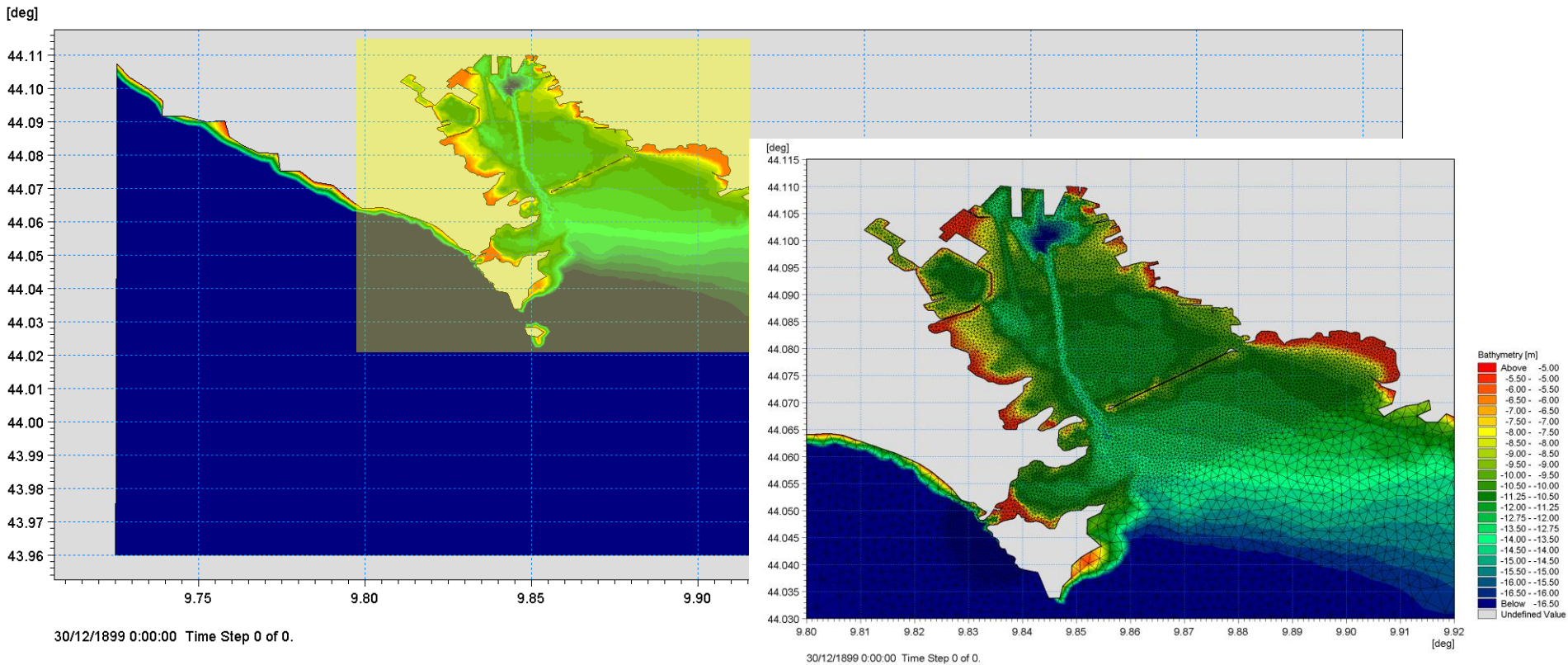


# Porto di La Spezia: Catena operativa previsionale @ARPAL



# Porto di La Spezia

## Downscaling fino alla rada di La Spezia



# Porto di La Spezia

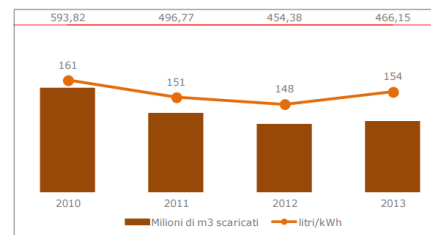
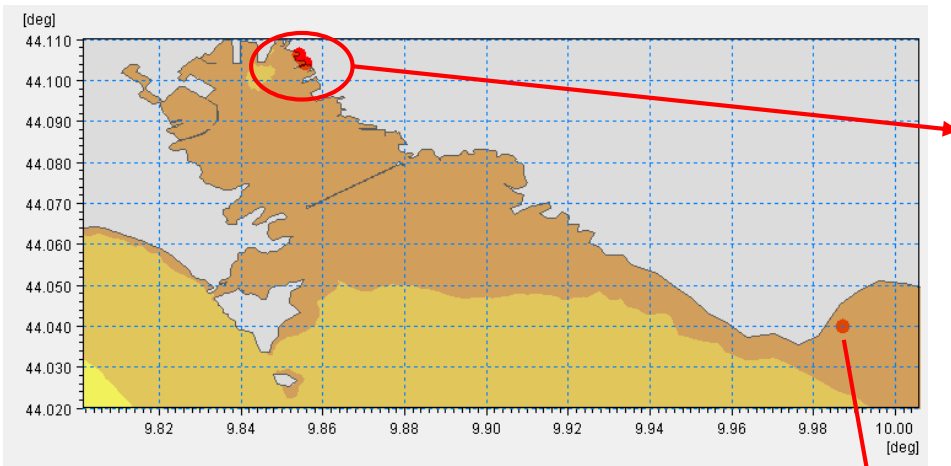


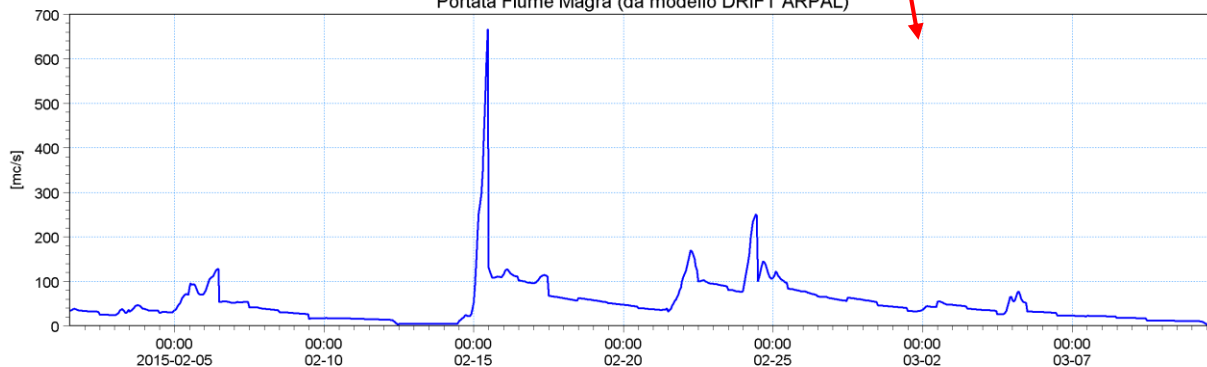
Grafico 9: quantitativi acque di raffreddamento restituite a mare

**Q ~ 15 m<sup>3</sup>/s**  
**ΔT ~ 5°C**

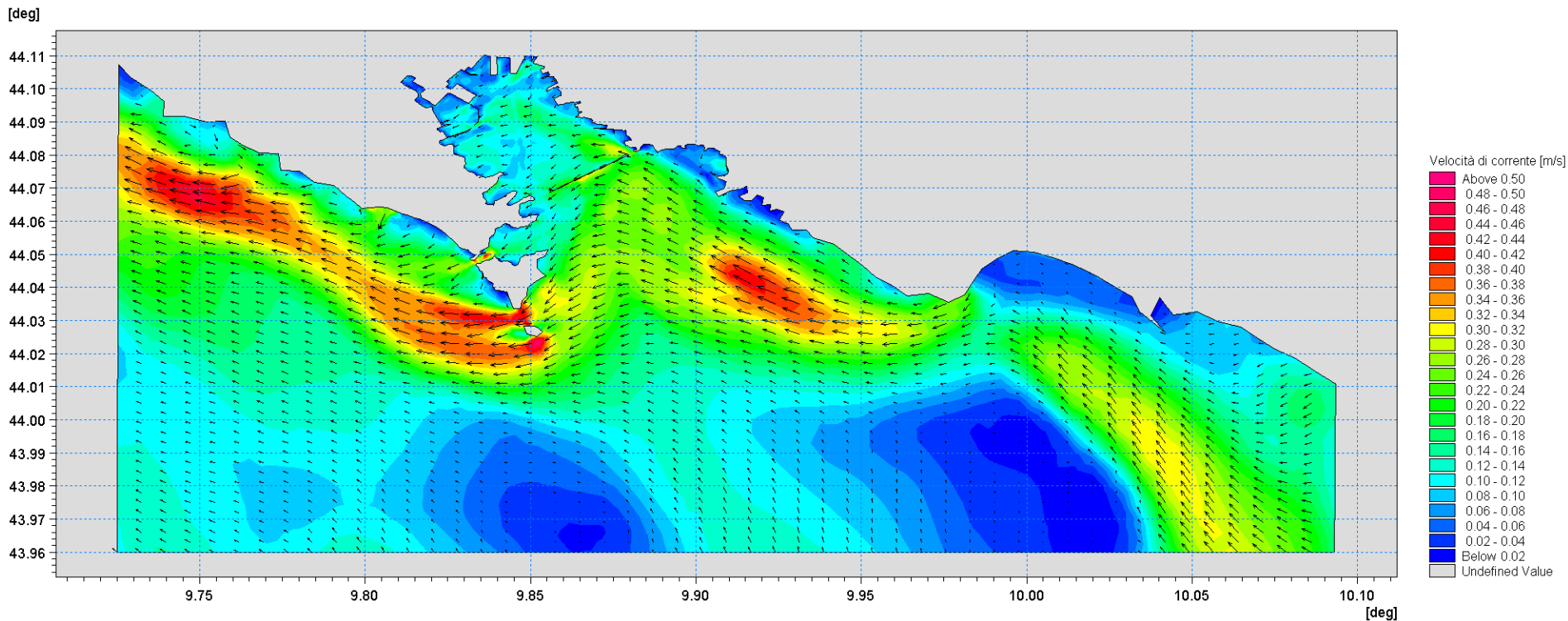
	2009	2010	2011	2012	2013
Temperatura	°C	°C	°C	°C	°C
Gennaio	12	18	17	17	19
Febbraio	13	16	17	14	19
Marzo	16	17	15	18	20
Aprile	22	20	17	20	21
Maggio	23	20	23	22	26
Giugno	27	26	25	24	25
Luglio	28	27	30	27	27
Agosto	27	28	29	25	26
Settembre	29	29	28	28	25
Ottobre	27	25	23	29	25
Novembre	21	21	19	23	23
Dicembre	19	20	20	22	18
Media annuale	22	22	22	22	23

Tabella 8: temperatura allo scarico in °C

Portata Fiume Magra (da modello DRIFT ARPAL)

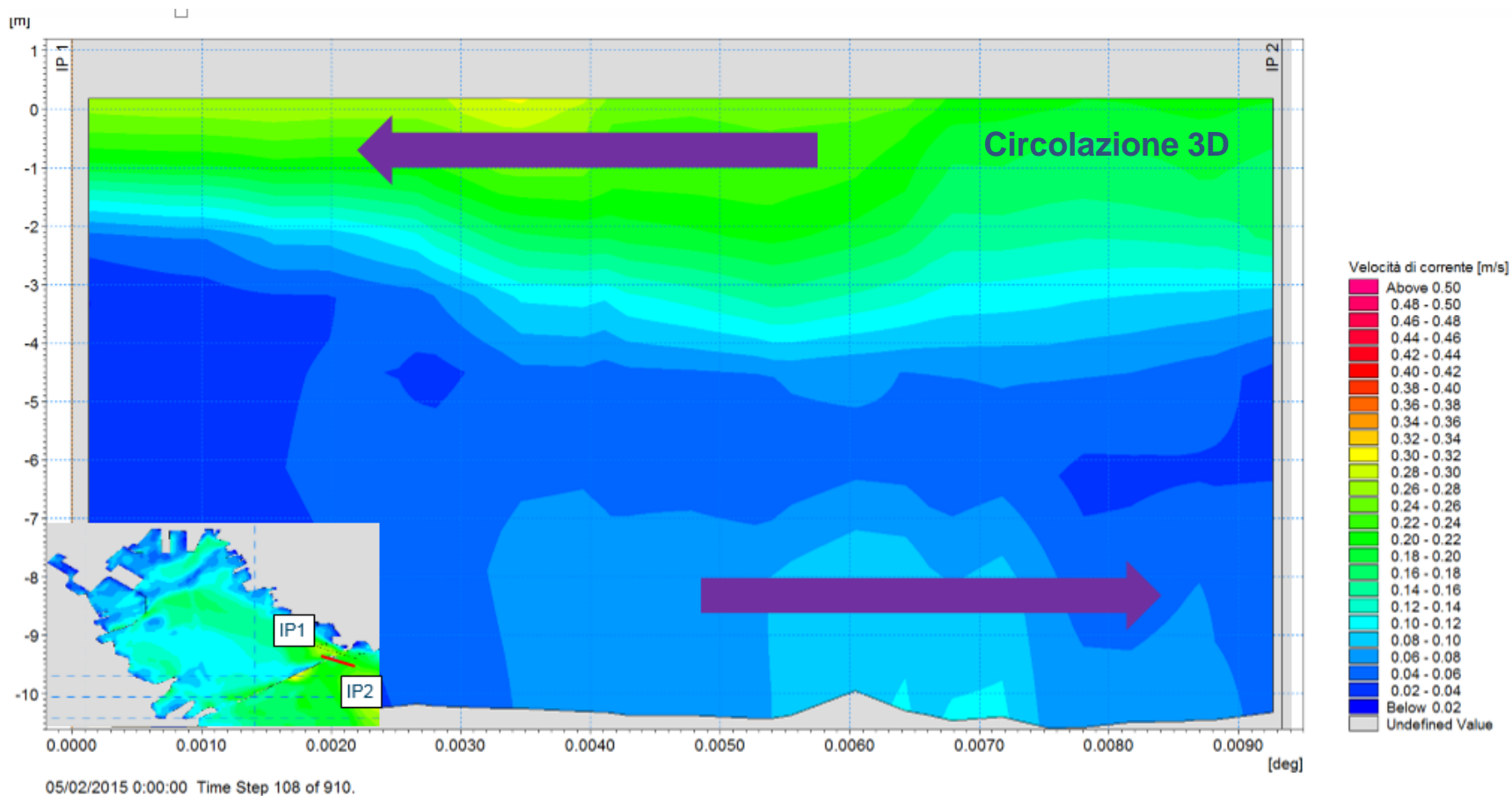


# Porto di La Spezia

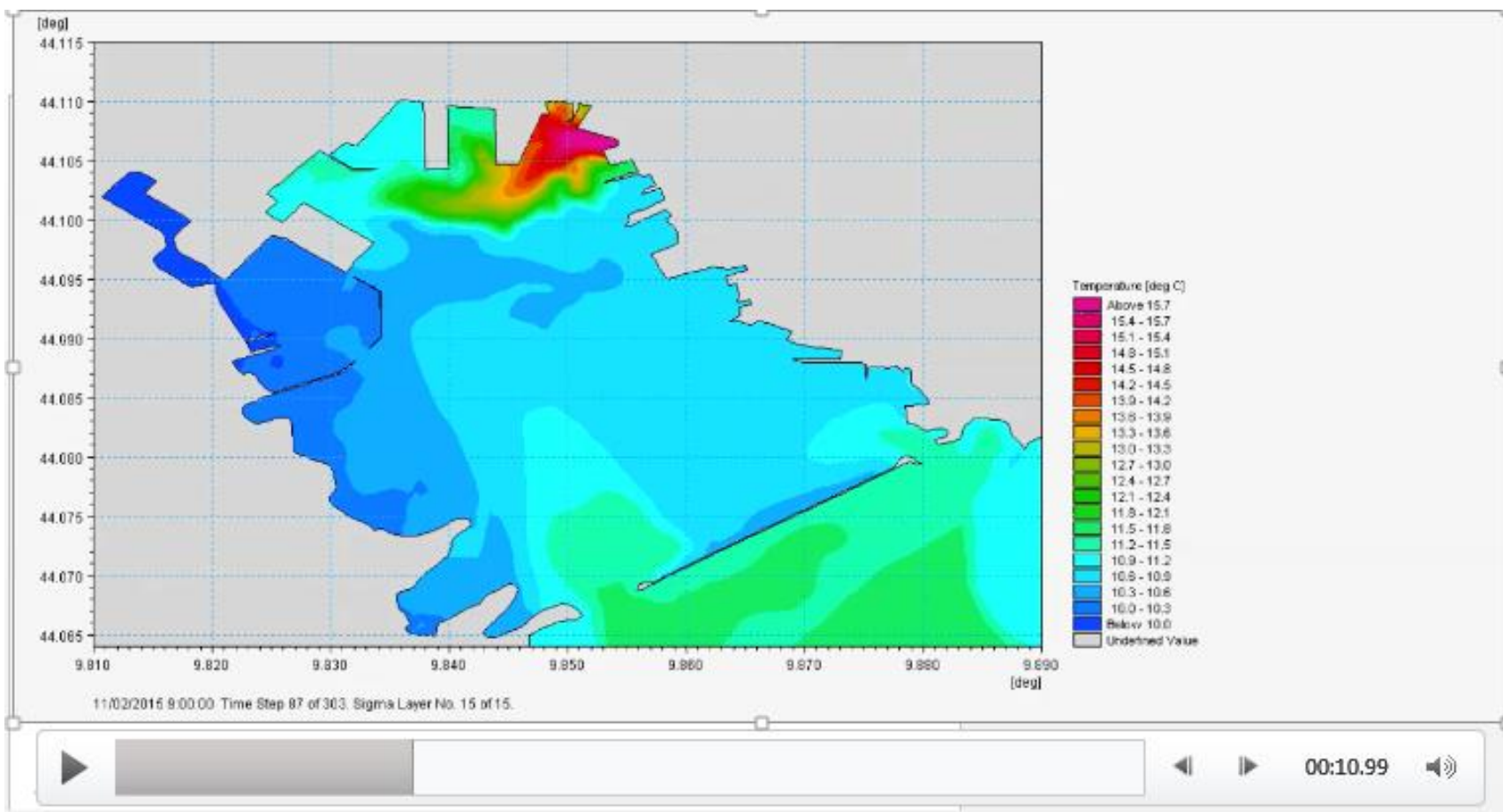


05/02/2015 0:00:00 Time Step 36 of 303. Sigma Layer No. 15 of 15.

# Porto di La Spezia



# Porto di La Spezia: temperatura in superficie





# Porto di La Spezia

## Dettaglio dei volumi dragati, quaderno delle operazioni

Nave	n°	data scavo	settore di scavo	data partenza	ora partenza	data arrivo	ora arrivo	m³	t	Destinazione
Fabio Duò	44	18/02/2015	P24	19/02/2015	0:30	19/02/2015	9:40	1.720	2.500	Piombino
Angelo B.	45	19/02/2015	P10	19/02/2015	18:47	20/02/2015	2:13	950	1.410	Piombino
Fabio Duò	46	20/02/2015	P24	20/02/2015	11:10	20/02/2015	20:10	1.737	2.500	Piombino
Angelo B.	47	20/02/2015	P10	20/02/2015	18:50	21/02/2015	1:58	697	1.100	Piombino
Fabio Duò	48	21/02/2015	P25	22/02/2015	11:10	22/02/2015	20:10	1.732	2.500	Piombino
Angelo B.	49	22/02/2015	P10	22/02/2015	19:31	23/02/2015	2:41	835	1.304	Piombino
Fabio Duò	50	23/02/2015	P24	23/02/2015	10:30	23/02/2015	20:30	1.713	2.500	Piombino
Angelo B.	51	24/02/2015	P8	24/02/2015	2:30	24/02/2015	9:47	931	1.456	Piombino
Fabio Duò	52	24/02/2015	P23	24/02/2015	11:05	24/02/2015	20:05	1.731	2.500	Piombino
Angelo B.	53	25/02/2015	P8	25/02/2015	8:03	25/02/2015	15:12	910	1.422	Piombino
Fabio Duò	54	25/02/2015	P24	25/02/2015	13:30	25/02/2015	23:15	1.755	2.500	Piombino
Angelo B.	55	26/02/2015	P8	26/02/2015	10:48	26/02/2015	17:50	842	1.311	Piombino
Fabio Duò	56	26/02/2015	P23	26/02/2015	17:15	27/02/2015	1:55	1.797	2.550	Piombino
Annamaria Z.	57	26/02/2015	P17 (1-2)	27/02/2015	13:00	27/02/2015	20:50	1.400	2.259	Livorno
Fabio Duò	58	27/02/2015	P24	27/02/2015	20:15	28/02/2015	4:45	1.756	2.500	Piombino
Fabio Duò	59	28/02/2015	P30	28/02/2015	20:10	01/03/2015	4:40	1.679	2.700	Piombino
Angelo B.	60	02/03/2015	P8	02/03/2015	18:00	03/03/2015	1:36	896	1.382	Piombino
Fabio Duò	61	03/03/2015	P33	03/03/2015	22:45	04/03/2015	8:35	1.664	2.700	Piombino
Arkturus	62	03/03/2015	P9 (0-2)	04/03/2015	6:00	04/03/2015	14:20	900	1.375	Livorno
Angelo B.	63	04/03/2015	P8	04/03/2015	18:15	05/03/2015	1:14	942	1.421	Piombino
Fabio Duò	64	04/03/2015	P30	04/03/2015	23:15	05/03/2015	8:45	1.732	2.550	Piombino
Angelo B.	65	05/03/2015	P8	05/03/2015	22:56	06/03/2015	5:45	970	1.462	Piombino
Fabio Duò	66	05/03/2015	P30	05/03/2015	23:50	06/03/2015	8:10	1.672	2.600	Piombino
Angelo B.	67	06/03/2015	P8	06/03/2015	20:25	07/03/2015	3:10	973	1.373	Piombino
Fabio Duò	68	06/03/2015	P33	06/03/2015	21:10	07/03/2015	5:45	1.405	2.500	Piombino
Angelo B.	69	07/03/2015	P8	07/03/2015	18:15	08/03/2015	1:02	956	1.371	Piombino
Fabio Duò	70	07/03/2015	P30	07/03/2015	18:55	08/03/2015	3:20	1.460	2.500	Piombino
Angelo B.	71	08/03/2015	P8	08/03/2015	14:39	08/03/2015	21:39	915	1.336	Piombino
Fabio Duò	72	08/03/2015	P25	08/03/2015	15:15	08/03/2015	23:40	1.756	2.500	Piombino
Angelo B.	73	09/03/2015	P8	09/03/2015	13:10	09/03/2015	20:05	886	1.267	Piombino
Fabio Duò	74	09/03/2015	P30	09/03/2015	16:20	10/03/2015	1:00	1.749	2.500	Piombino
Angelo B.	75	10/03/2015	P8	10/03/2015	11:45	10/03/2015	18:37	800	1.311	Piombino
Fabio Duò	76	10/03/2015	P11 (2-3)	10/03/2015	16:00	11/03/2015	0:20	1.726	2.500	Piombino

### RIEPILOGO FANGHI DRAGATI:

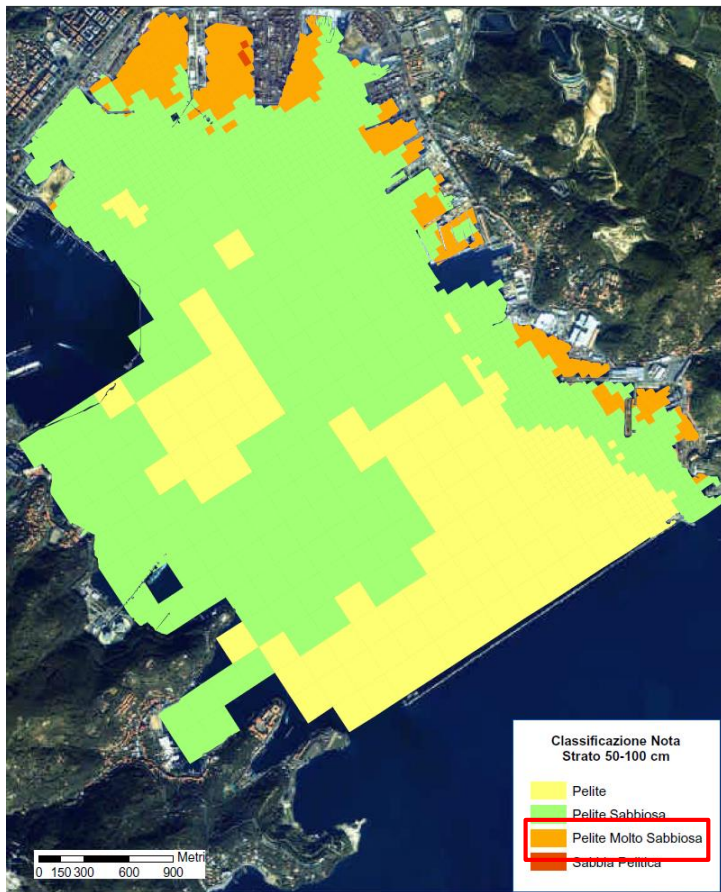
- 19.02.15** Angelo scavo dalle ore 13,30 alle ore 18,30  
AnnaMaria scavo e trasbordo materiale sul Fabio dalle ore 19,30 alle ore 3,30 del 20.2.15
- 20.02.15** Angelo scavo dalle ore 12,30 alle ore 18,30  
AnnaMaria scavo dalle ore 19,30 alle ore 23,30
- 21.02.15** AnnaMaria trasbordato in prima mattina, col telo di protezione, il materiale sul Fabio il quale ha poi tentato di completare il carico senza riuscirci, non si è potuto posizionare le panne causa il forte vento. Sospese tutte le lavorazioni per maltempo alle ore 10,30/11,00.
- 22.02.15** Fabio caricato ore 8,00 – 10,30; Annamaria caricato ore 10,30 – 14,00  
Angelo scavo dalle ore 14,00 alle ore 18,00
- 23.02.15** Annamaria trasbordato sul Fabio + scavo fino alle ore 10,30; Annamaria riprende lo scavo alle ore 11,00 e lo finisce alle 18,00 causa sospensione Capitaneria  
Angelo scava dalle ore 18,30 (dopo l'OK della Capitaneria) alle ore 02,00 del 24.2.15
- 24.02.15** Fabio trasbordo materiale da Annamaria e completa il carico dalle 6,30 alle 10,45  
Annamaria scavo dalle ore 11,00/1,30 alle ore 16,45
- 25.02.15** Angelo scava dalle ore 01,00 alle ore 7,30  
Fabio trasborda da Annamaria e completa il carico dalle ore 7,30/8,00 alle ore 14,30  
Annamaria scavo dalle ore 15,00 alle ore 19,30
- 26.02.15** Angelo scava dalle ore 3,30 alle ore 09,00  
Fabio trasborda materiale da Annamaria e completa il carico dalle ore 9,40 alle ore 17,00  
Annamaria scava dalle ore 17,30 alle ore 22,30
- 27.02.15** Fabio scava dalle ore 12,30 alle ore 20,00
- 28.02.15** Fabio scava dalle ore 14,00 alle ore 20,00.
- 02.03.15** Angelo scava dalle ore 11,30 alle ore 17,30
- 03.03.15** Fabio scavo dalle 16,30 alle ore 22,00  
Angelo scava dalle ore 15,30 alle 16,30, cambia benna e riprende ore 22,00 fino alle ore 04,00 del 04.03.15, trasferisce il materiale sulla M/N Arkturus.
- 04.03.15** Angelo scavo dalle ore 10,00 alle ore 14,30  
Annamaria scavo dalle ore 15,30 alle ore 23,30 compreso trasbordo Fabio
- 05.03.15** Annamaria scavo dalle ore 14,30 alle ore 18,00 poi trasbordo sul Fabio  
Angelo scavo dalle 18,30 alle 23,00
- 06.03.15** Annamaria scavo dalle ore 13,00 alle ore 18,00 poi trasbordo sul Fabio  
Angelo scava dalle ore 16,30 alle ore 20,00
- 07.03.15** Angelo scava dalle ore 13,30 alle 16,30  
Annamaria scavo 12,00 – 14,00 riprende scavo alle 16,30 e finisce compreso il trasbordo al Fabio alle ore 20,00.
- 08.03.15** Angelo scava dalle ore 11,00 alle 14,30  
Annamaria scavo dalle ore 09,00 alle ore 11,30, riprende alle ore 14,30 e finisce col trasbordo al Fabio alle ore 15,30. Dalle ore 15,30 alle ore 20,00 si carica per domani 9.3.15.
- 09.03.15** Angelo scava dalle ore 09,00 alle ore 12,30  
Annamaria trasborda col telo al Fabio ore 12,00 - 14,00 il quale completa il carico 14,30-16,20
- 10.03.15** Annamaria scavo 03,00 – 07,00; trasbordo sul Fabio 11,30 – 13,30; si ricarica 16,30 – 19,30  
Fabio dopo il trasbordo si completa il carico dalle ore 13,30 alle ore 16,00  
Angelo scavo ore 07,00 – 09,30
- 11.03.15** Angelo scavo 04,00 – 08,30; trasbordo Arkturus 08,30 – 12,00; si ricarica 12,15 – 15,15.  
Annamaria trasborda sul Fabio 12,30 – 14,00; si ricarica dalle ore 16,30 alle ore 20,00.  
Fabio dopo il trasbordo completa il carico dalle ore 14,15 alle ore 15,30.
- 12.03.15** Angelo scavo dalle ore 10,00 alle ore 14,30  
Annamaria trasborda sul Fabio 10,30-12,30; si ricarica 14,30-17,30; trasborda al la 2ª volta 17,30-19,00; si ricarica di nuovo 19,00-22,00. Fabio parte per Piombino alle 19,20

# Porto di La Spezia



**Panne anti-torbidità attive  
durante le operazioni**

# Porto di La Spezia



ISPRA – caratterizzazione del fondale

Frazione	Classe	%	D <sub>50</sub> (µm)
1	medium silt	57	16
2	fine silt	10	8
3	medium sand	33	250

**Ipotesi di rilascio di sedimento: 5% / 10%**

Uniformemente distribuito attraverso la colonna d'acqua

**Le panne anti-torbidità non sono state considerate nella modellazione!**



Interreg



UNIONE EUROPEA

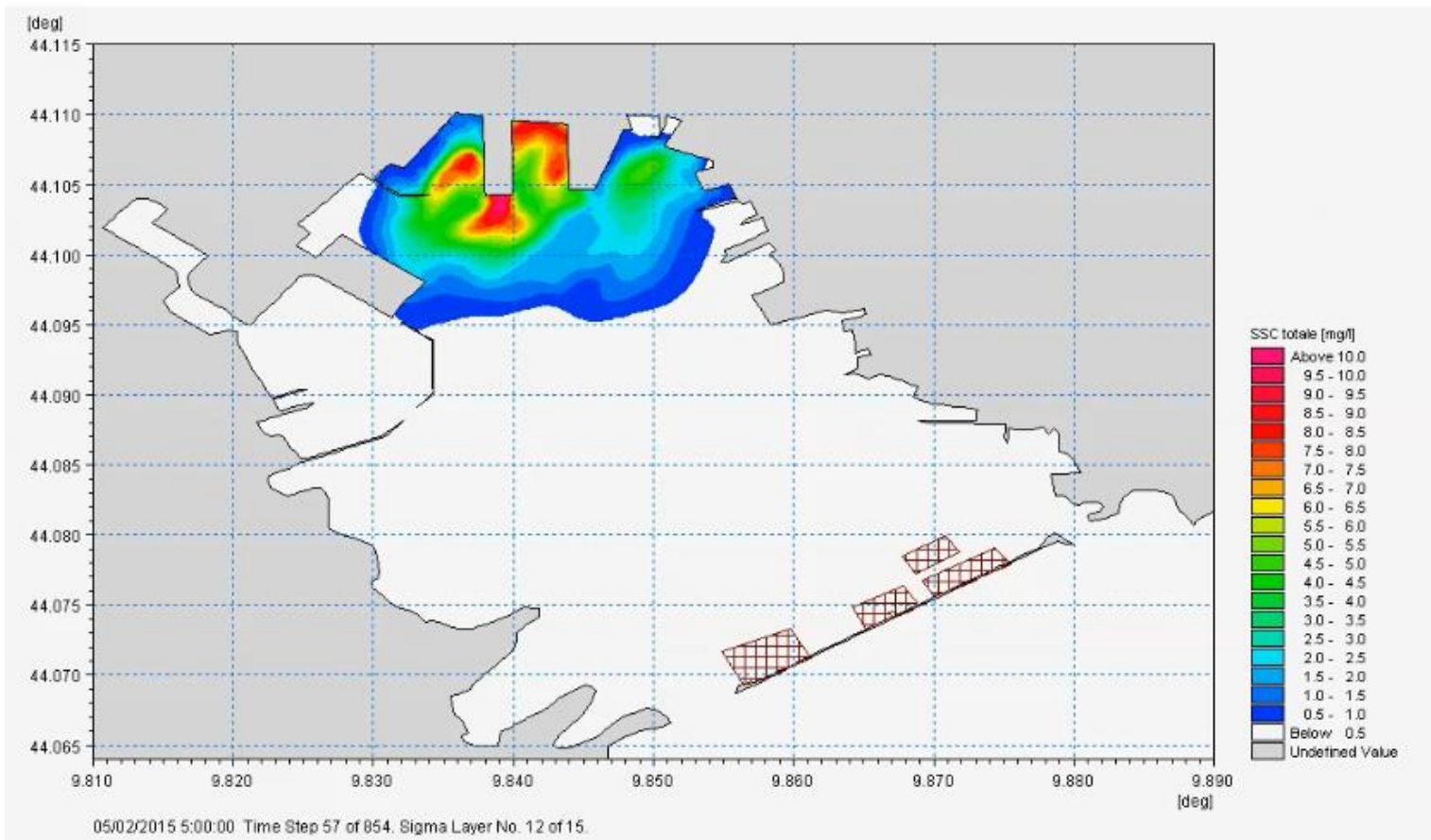
SEDRI  
PORT

LIVORNO  
28-29 NOVEMBRE 2018  
28-29 NOVEMBRE 2018  
LIVOURNE

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# Porto di La Spezia: concentrazione del sedimento sospeso



La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au cœur de la Méditerranée



Interreg



UNIONE EUROPEA

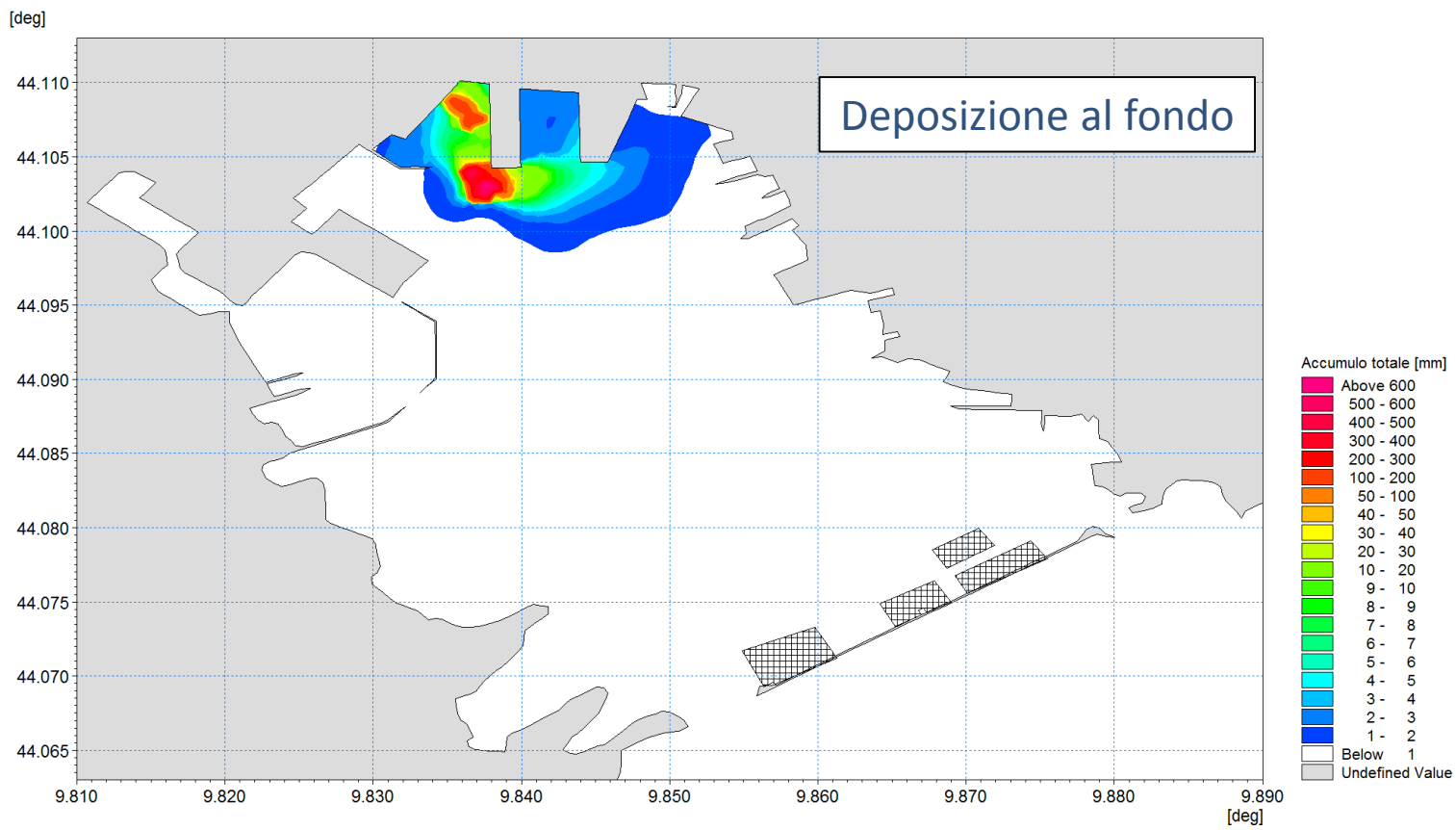
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

SEDRI  
PORT

LIVORNO  
28-29 NOVEMBRE 2018  
28-29 NOVEMBRE 2018  
LIVOURNE

# Porto di La Spezia



La modellistica matematica  
nella valutazione degli aspetti fisici  
legati alla movimentazione  
dei sedimenti in aree marino-costiere



MANUALI E LINEE GUIDA

## Sistematizza i diversi approcci per l'implementazione di modelli matematici a supporto della progettazione e gestione della movimentazione dei sedimenti

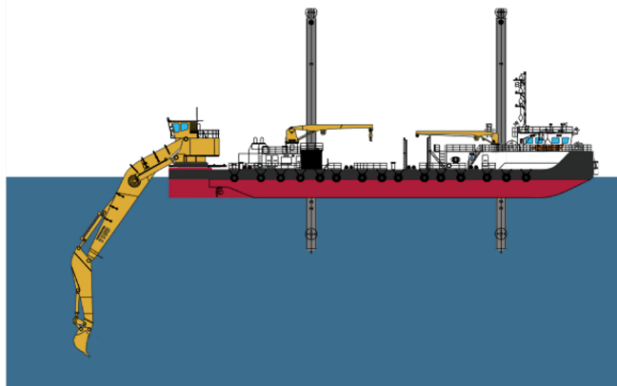
- **Manuale applicativo**, rivolto agli operatori del settore e agli Enti preposti al controllo, risultato della sinergia di ISPRA, DICEAA dell'Università dell'Aquila, DHI
- **Revisione interna** di diverse competenze ISPRA **ed esterna** di ARPAL, Regione Marche, CONISMA/Politecnico di Bari e Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale



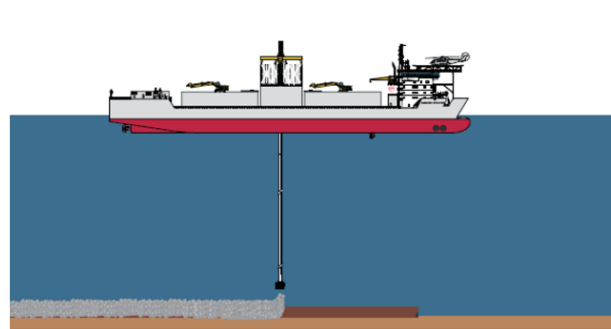
Trans Adriatic Pipeline



**Backhoe Dredger**

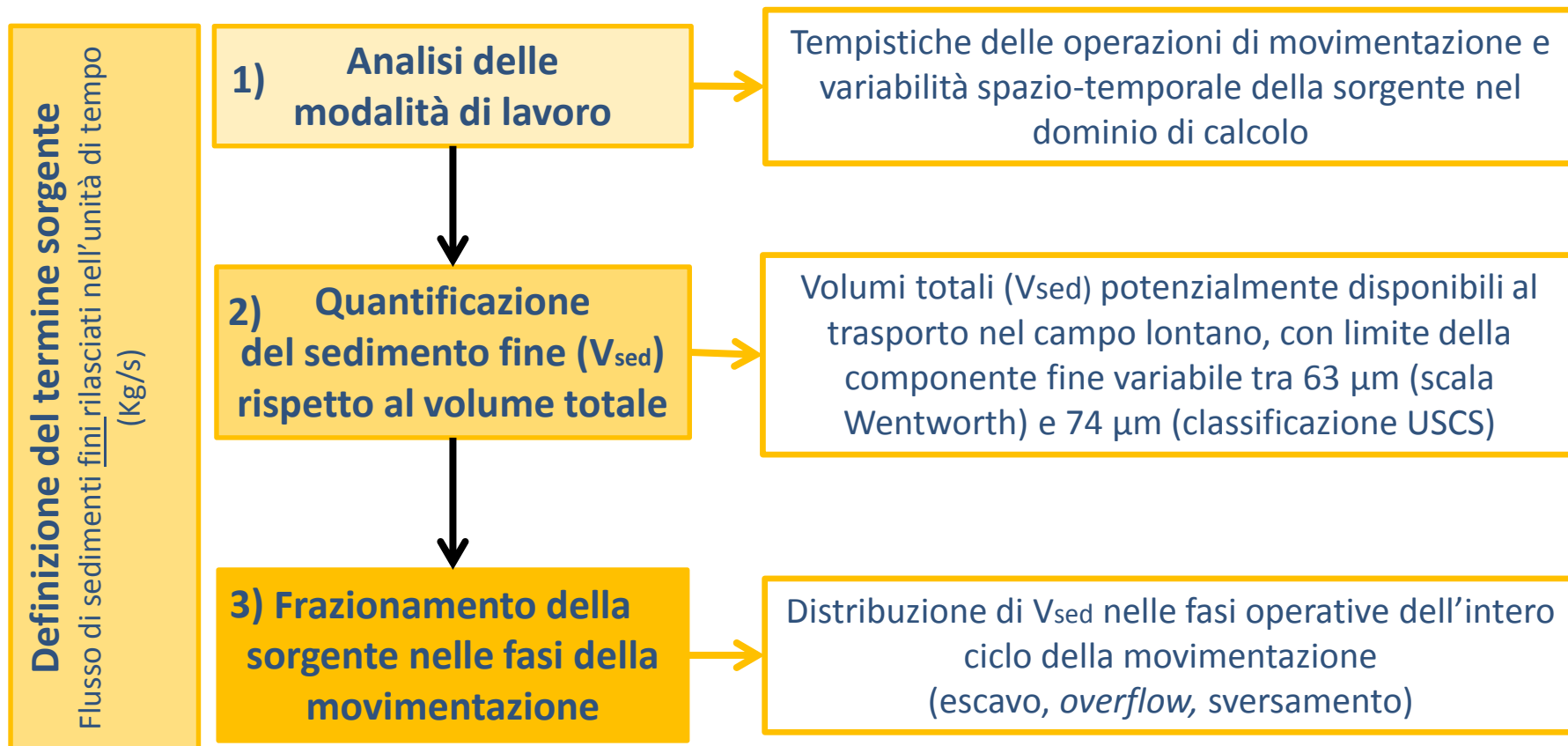


**Fallpipe Vessel**

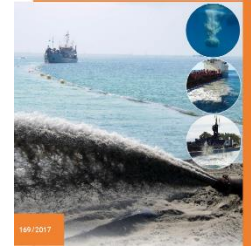




## Procedura per l'introduzione del termine sorgente (Becker et al., 2015)

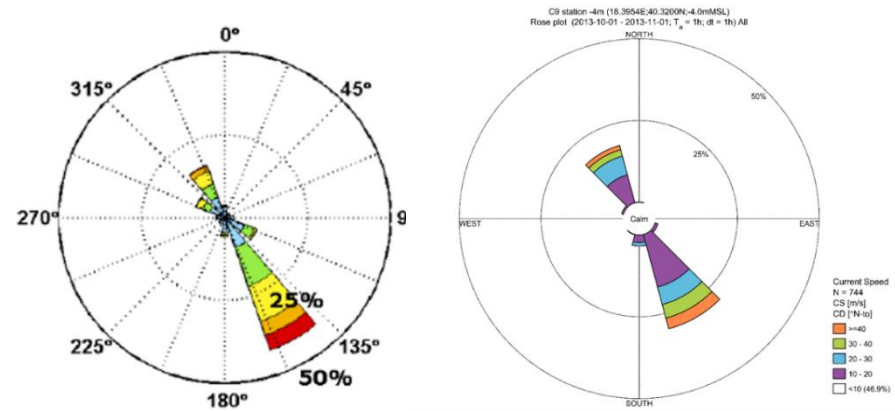
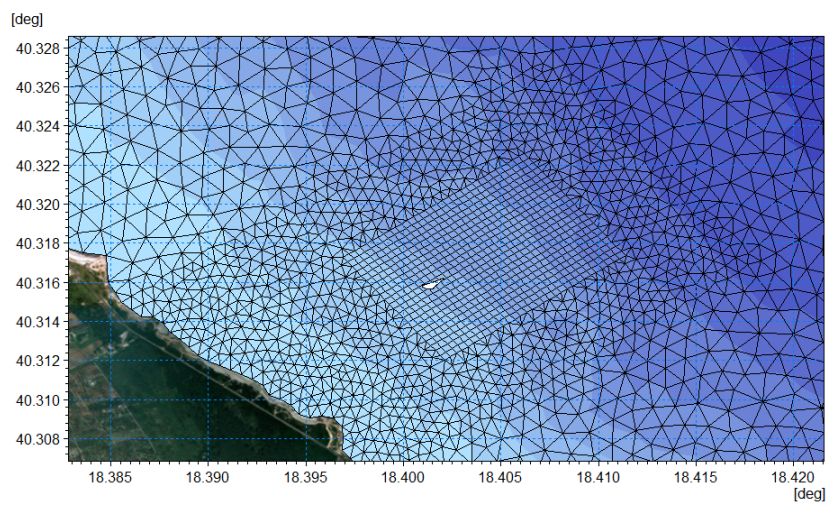






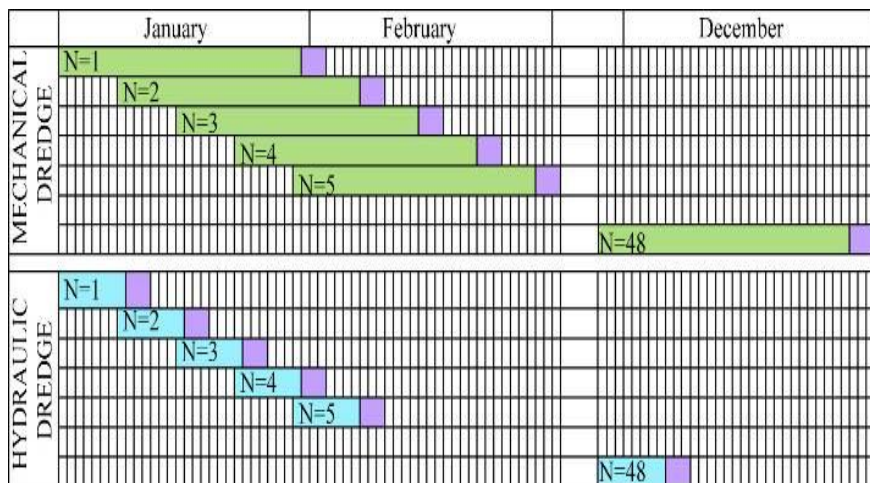
**Predisposizione di un modello di circolazione realistico di lungo periodo (1 anno)**

**Utilizzo dei dati di monitoraggio ai fini di calibrazione / validazione**



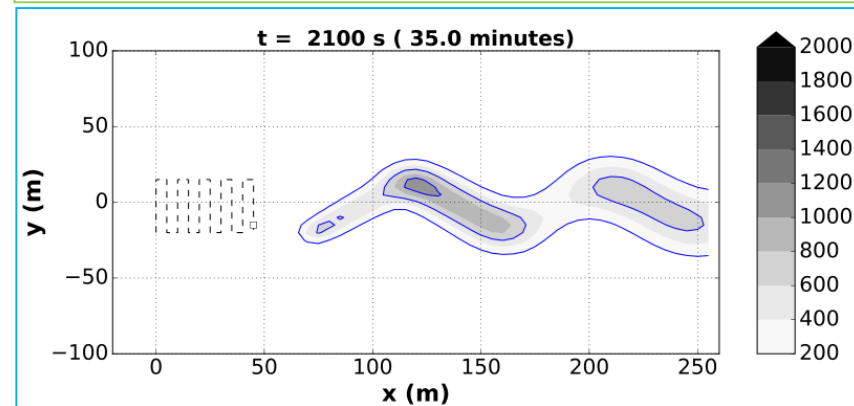
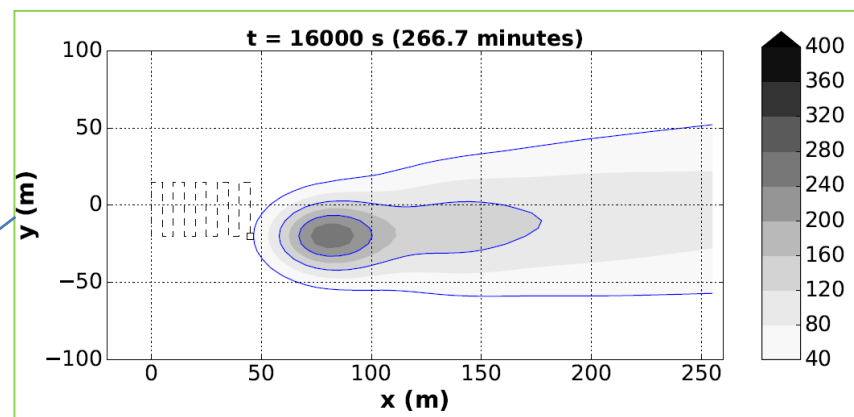
Molteplici scenari per comparare i processi di trasporto del pennacchio di torbida per diverse condizioni ambientali (*definite nell'ambito della selezione degli scenari di simulazione*) e scelte tecnico-operative

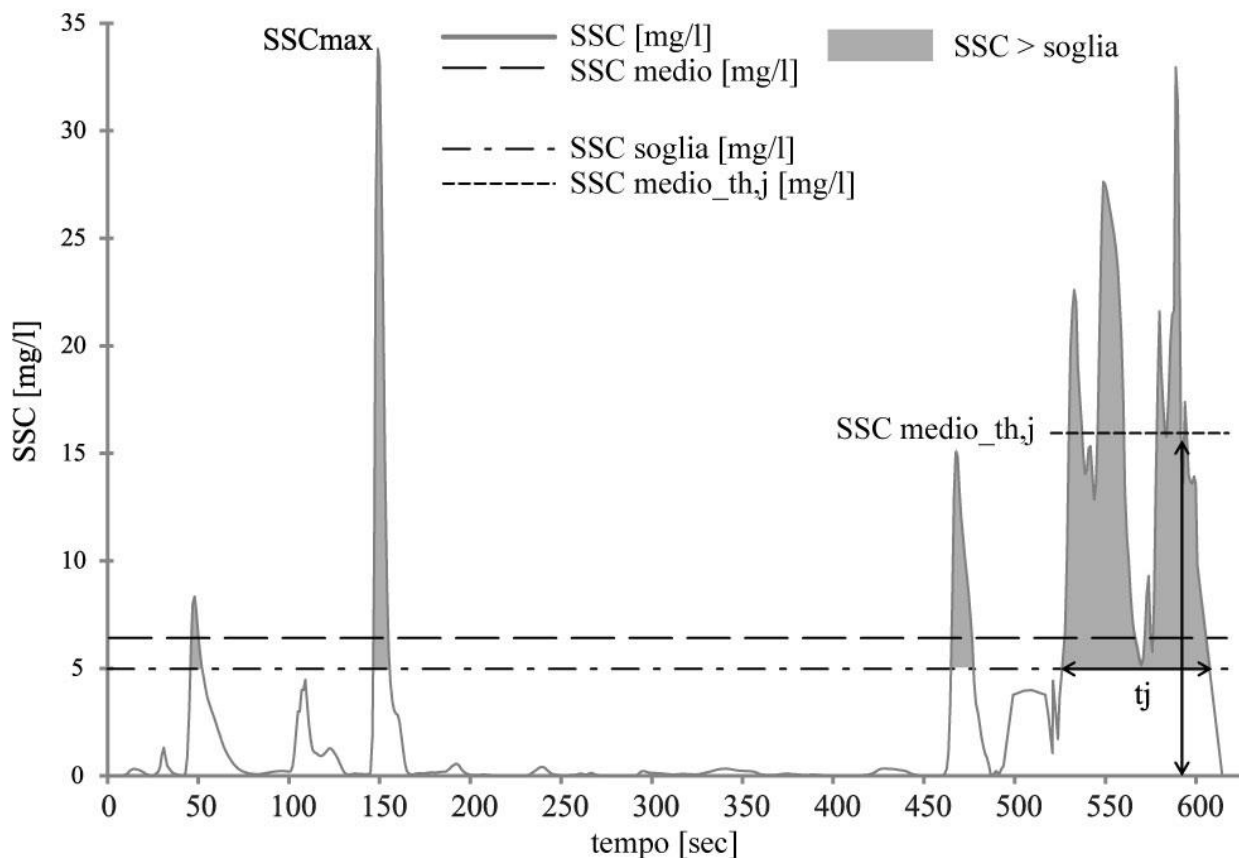
**SCENARI MULTIPI DI DRAGAGGIO**



Feola et al., 2016

Di Risio et al., 2017





**CARATTERIZZAZIONE  
 DEI SUPERAMENTI DI UN  
 VALORE SOGLIA  
 IN TERMINI DI  
 INTENSITA'  
 DURATA  
 FREQUENZA**

## D.M. 173 / 2016

### Differenti gestioni ambientalmente compatibili

**A**



- RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite  $\leq 10\%$  o altro valore stabilito su base regionale;
- RIPASCIMENTO della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente;
- IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre le 3mn);
- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO-COSTIERO

Per ogni opzione deve essere prevista una graduale attività di monitoraggio ambientale

**B**



- IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre le 3 mn) con monitoraggio ambientale;
- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO, incluso **capping**, con monitoraggio ambientale

**C**



- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'interno di aree portuali, con idonee misure di monitoraggio ambientale

**D**



- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO **IMPERMEABILIZZATO**, con idonee misure di monitoraggio ambientale

**E**

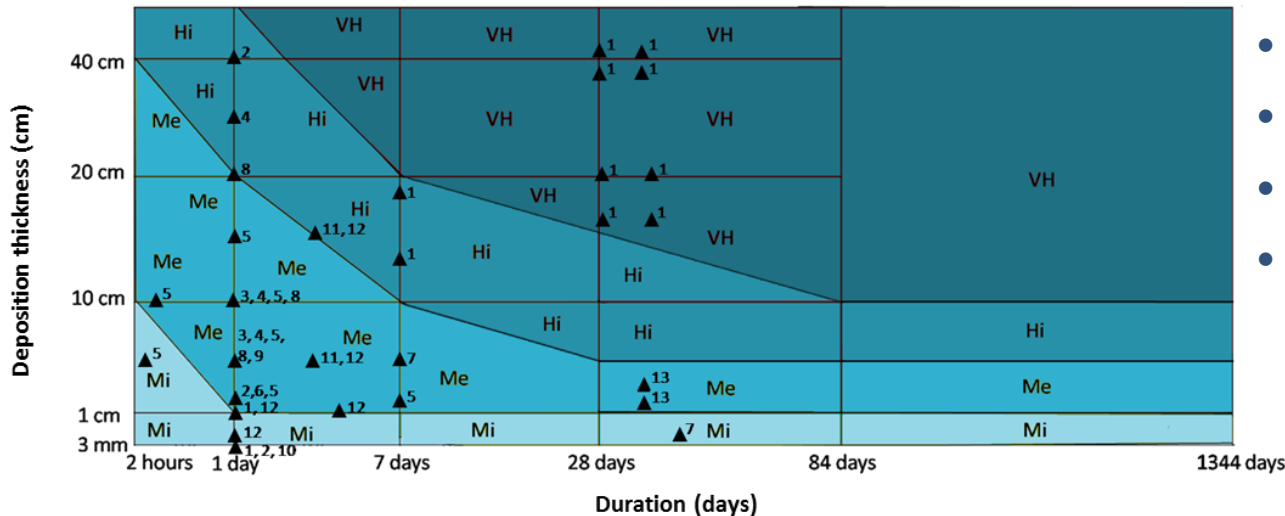


- EVENTUALE RIMOZIONE IN SICUREZZA DALL'AMBIENTE MARINO DOPO VALUTAZIONE DI RISCHIO, secondo quanto previsto dalla normativa vigente

## Studio dell'impatto dell'incremento di torbidità su target sensibili

Il parametro della torbidità rientra tra quelli da valutare per interventi di ripascimento con volumi superiori ai 40'000m<sup>3</sup> (D.lgs 173/2016)

### Impatto della sedimentazione sulla fauna bentonica



- Basso (Minor – Mi)
- Medio (Medium – Me)
- Alto (High – Hi)
- Molto Alto (Very High – VH)

*Gli impatti “alto” e “molto alto” corrispondono ad effetti sul grado di vitalità e sul tasso di mortalità degli organismi bentonici. Un impatto “basso” corrisponde invece ad un effetto sul grado di vitalità.*

## Studio dell'impatto dell'incremento di torbidità su target sensibili

Il parametro della torbidità rientra tra quelli da valutare per interventi di ripascimento con volumi superiori ai 40'000m<sup>3</sup> (D.lgs 173/2016)

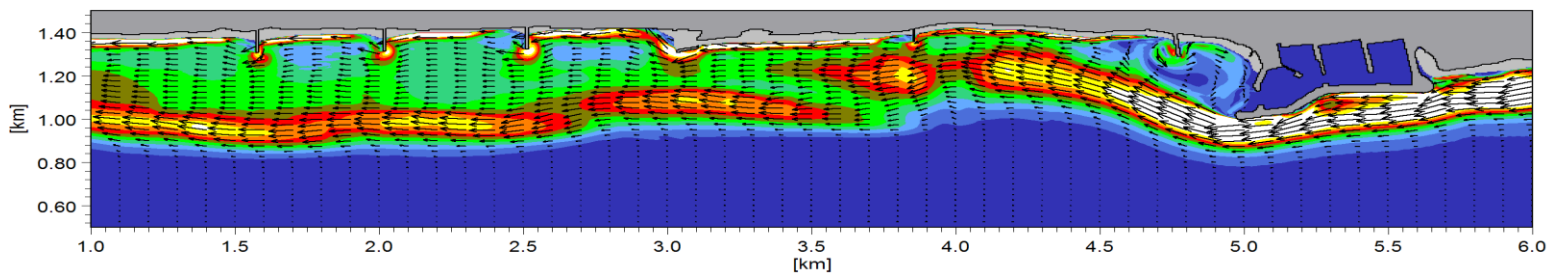
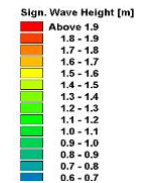
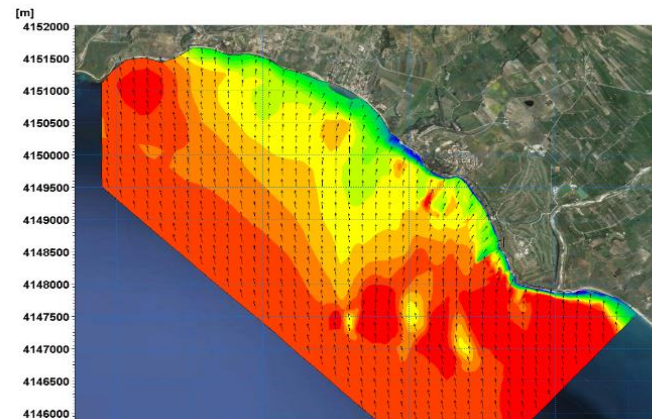
### Impatto del sedimento sospeso sulla fauna bentonica

		Durata (giorni)		
		>100	31-100	7-30
Concentrazione sedimento sospeso (mg/l)	≥100	Molto Alto	Alto	Medio
	50-99	Alto	Medio	Basso
	25-49	Medio	Basso	Basso
	10-24	Basso	Basso	Basso

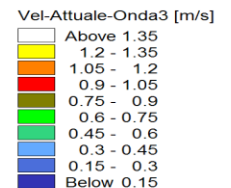
- un'esposizione della durata inferiore a 7 giorni non produce un effetto significativo sugli invertebrati bentonici
- un'esposizione ad aumentati livelli di sedimento sospeso della durata compresa tra una settimana e un mese porta ad un impatto classificabile da medio ad elevato quando la concentrazione supera i 100mg/l.
- per concentrazioni di sedimento sospeso inferiori a 10mg/l non si osservano impatti significativi, poiché si tratta di valori del tutto paragonabili a quelli ambientali.

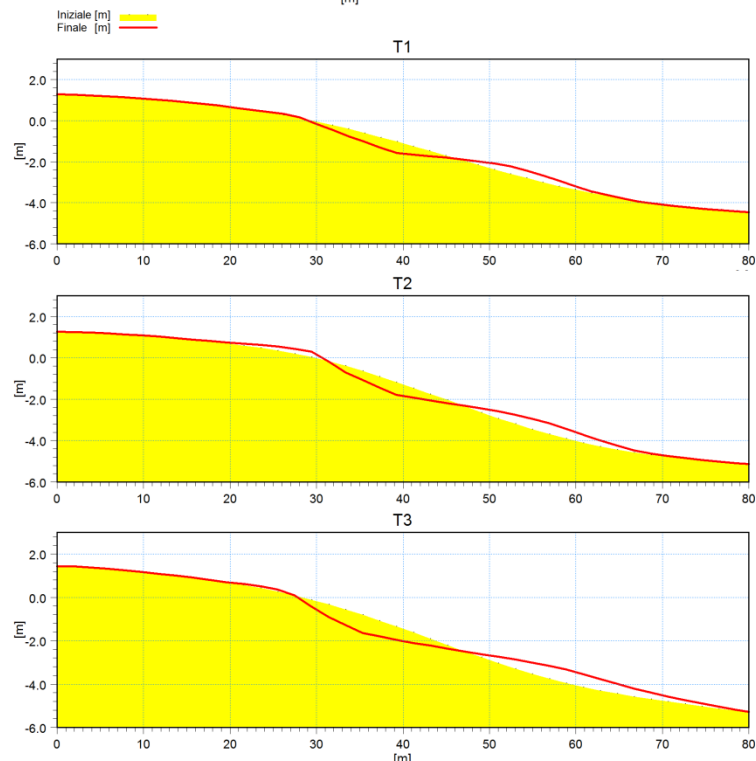
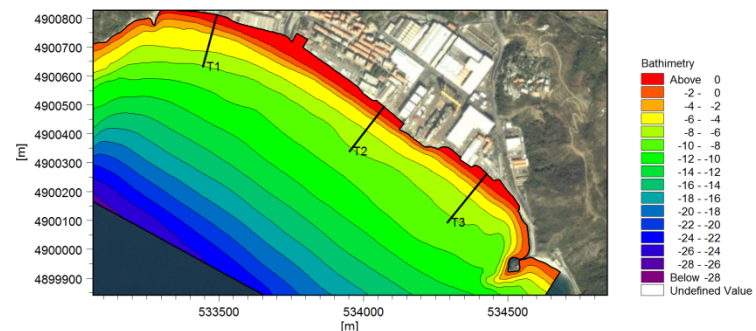
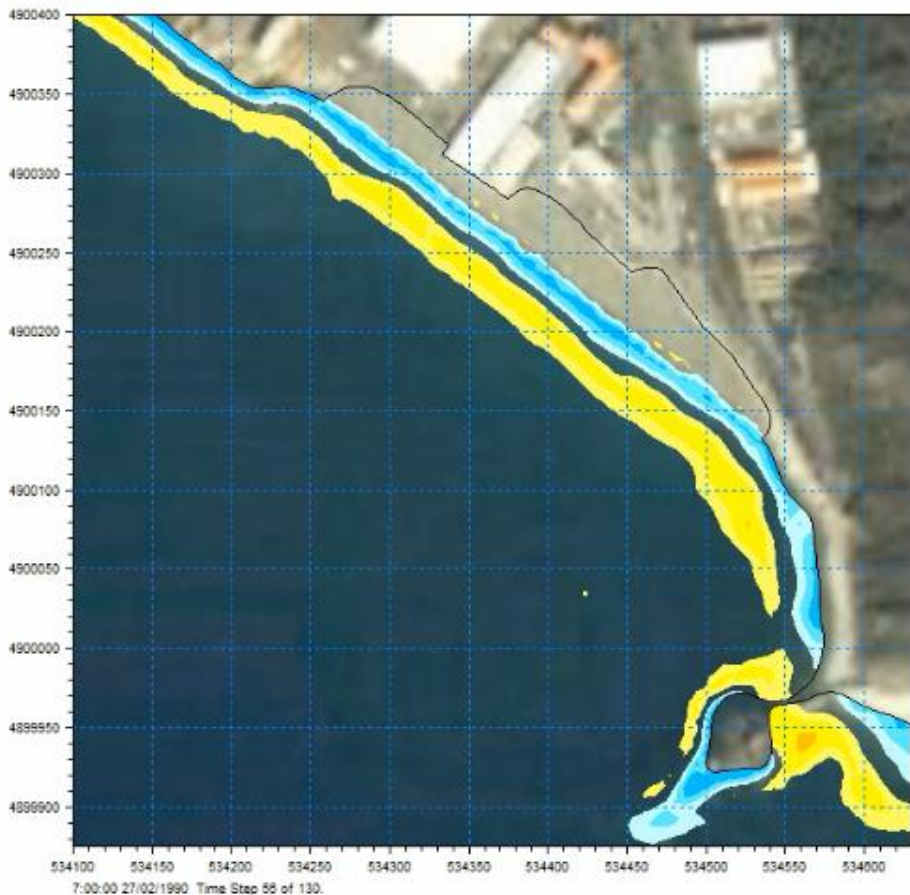
## Tra i requisiti per la compatibilità ambientale a uso ripascimento:

- Analisi regime sedimentario e trasporto solido litoraneo nel tratto di costa interessato;
- Analisi dell'andamento della linea di costa, dei fondali e delle eventuali opere o interventi di protezione



1 m/s









## Differenti gestioni ambientalmente compatibili

A

➔

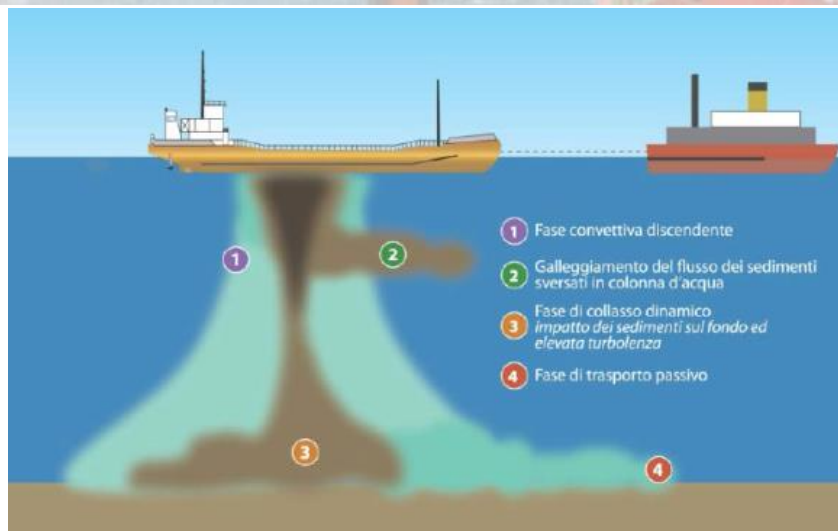
- RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite  $\leq 10\%$  o altro valore stabilito su base regionale;
- RIPASCIMENTO della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente;
- IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre le 3mn);
- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO-COSTIERO

Per ogni opzione deve essere prevista una graduale attività di monitoraggio ambientale

B

➔

- IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre le 3 mn) con monitoraggio ambientale;
- IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO, incluso **capping**, con monitoraggio ambientale





Interreg



UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



LIVORNO

28-29 NOVEMBRE 2018

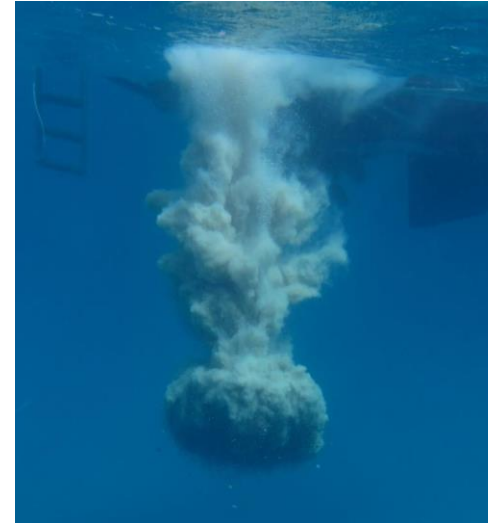
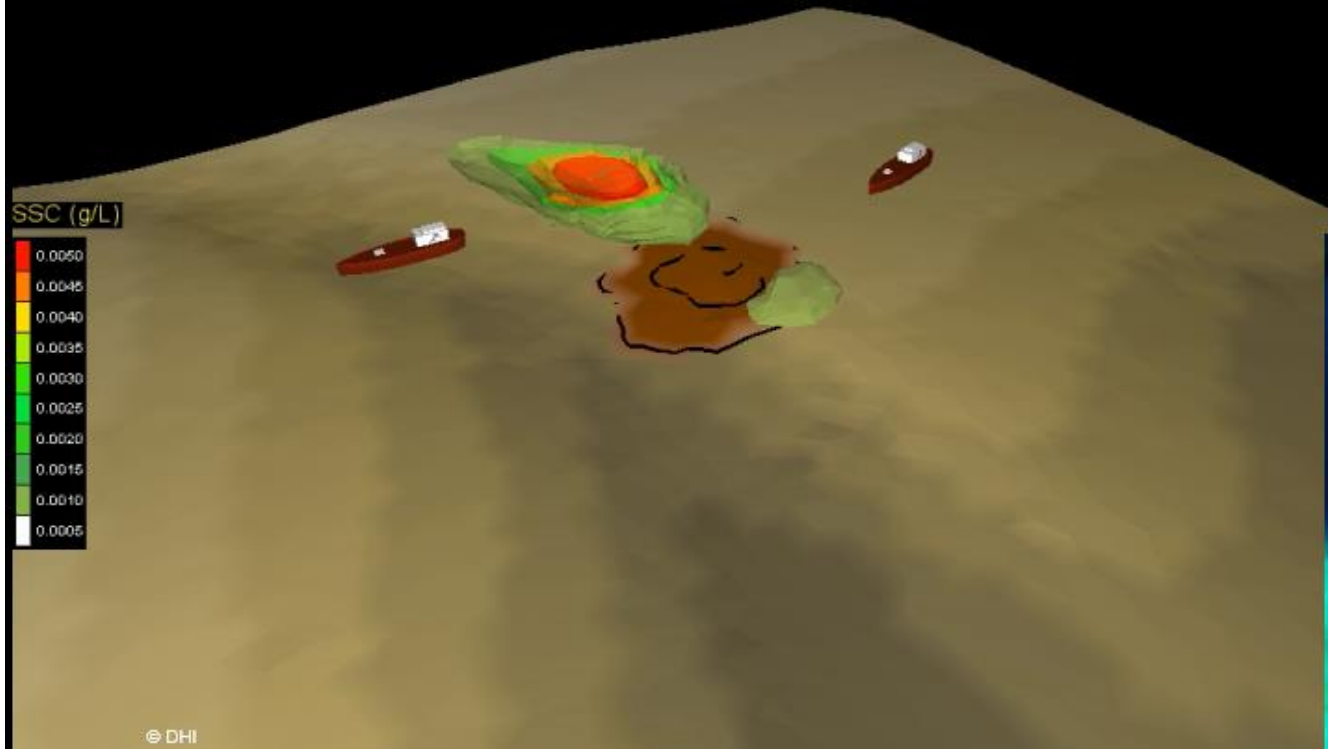
28-29 NOVEMBRE 2018

LIVOURNE

## Modeling sediment disposal : MIKE3 FM – MT

Including the new coupled Nearfield Disposal Plume calculation

- Deposition over seabed
- Fine sediment stripping and far-field dispersion



# Grazie!

Andrea Pedroncini

DHI S.r.l.

+39 328 6341889

[anp@dhigroup.com](mailto:anp@dhigroup.com)