

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 1 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Annesso 9

SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE



00	Emissione per Permessi	PP/MS	MS	NF	Marzo 2024
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 2 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	LE FORZANTI AMBIENTALI	5
3.	MODELLAZIONE NUMERICA DELL'IDRODINAMICA E DELLA CONCENTRAZIONE	10
4.	RISULTATI DELLE MODELLAZIONI	16
5.	EVOLUZIONE TEMPORALE DELLA CONCENTRAZIONE NELLE STAZIONI DI CONTROLLO	17
5.1.	Scenario 1 – Layer 1 – 15 min	18
5.2.	Scenario 1 – Layer 9 – 15 min	21
5.3.	Scenario 2 – Layer 1 – 15 min	24
5.4.	Scenario 2 – Layer 9 – 15 min	27
5.5.	Scenario 8 – Layer 1 – 15 min	30
5.6.	Scenario 8 – Layer 9 – 15 min	33
5.7.	Scenario 12 – Layer 1 – 15 min	36
5.8.	Scenario 12 – Layer 9 – 15 min	39
5.9.	Scenario 17 – Layer 1 – 15 min	42
5.10.	Scenario 17 – Layer 9 – 15 min	45
6.	CONCLUSIONI	51

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 3 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce lo studio sulla diffusione della torbidità durante la fase di infissione dei pali (attraverso battitura e vibroinfissione) necessari per le opere di adeguamento dell'esistente Pontile principale del Terminale GNL di Panigaglia (La Spezia) previste nel progetto di Ammodernamento dell'impianto GNL di Panigaglia.

Il presente studio viene allegato allo Studio Preliminare Ambientale redatto, ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e in conformità agli allegati IV bis e V alla Parte Seconda dello stesso TU Ambientale, a corredo dell'istanza di Verifica di Assoggettabilità a VIA.

Il progetto di ammodernamento e ampliamento dell'impianto GNL di Panigaglia sviluppato da Techint prevede, attraverso delle fasi intermedie di implementazione, l'obiettivo di raggiungere la potenzialità di rigassificazione pari a circa 14 MSm³/giorno.

Il progetto prevede l'ammodernamento e la sostituzione di parte di alcune apparecchiature e di alcuni sistemi di impianto, la realizzazione di una nuova sala controllo satellite e cabina elettrica, nonché l'ammodernamento del sistema antincendio.

Per il conseguimento di tali obiettivi si prevedono:

- la realizzazione di un nuovo sistema di pompaggio GNL;
- l'ammodernamento del sistema di gestione del BOG;
- l'adeguamento del sistema di vaporizzazione;
- l'adeguamento funzionale, quando necessario, dei servizi ausiliari di impianto;
- l'adeguamento del sistema elettrico e nuova sala controllo satellite;
- l'adeguamento del sistema antincendio;
- Adeguamento del pontile;
- Dragaggio del fondale marino.

In particolare, per l'adeguamento del pontile principale si prevede la realizzazione di:

- n° 2 briccole di ormeggio, BO03 e BO04, ciascuna equipaggiata con un gancio a scocco triplo (150 ton per ogni gancio);
- n° 2 briccole di ormeggio, BO05 e BO06, ciascuna equipaggiata con un gancio a scocco triplo (150 ton per ogni gancio);

Le nuove strutture di ormeggio più esterne (BO03 / BO06) avranno 6 pali da 3m.

I pali di fondazione saranno tutti tubolari in acciaio del tipo API 500L, verticali, con profondità di infissione pari a 40m (considerando il fondale non dragato) e con spessore di 20-32mm.

Le principali caratteristiche dei pali sono riassunte di seguito.

ID BRICCOLA	n	D	s	i	Ltot	Linfissa *
	-	[mm]	[mm]	[°]	[m]	[m]
BO03	6	3000	20 - 32	0	56.0	40.0

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 4 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

BO04	6	3000	20 - 32	0	56.0	40.0
BO05	6	3000	20 - 32	0	56.0	40.0
BO06	6	3000	20 - 32	0	56.0	40.0

D = diametro
 s = spessore
 i = inclinazione rispetto alla verticale
 Ltot = Linfissa + (zTOC-zfondo)
 *La profondità di infissione indicata è relativa al fondale pre-dragaggio, diversamente, nel caso l'infissione dovesse essere eseguita successivamente al dragaggio, le profondità di infissione andrebbero diminuite di 4m.

Inoltre, è prevista l'infissione di ulteriori 8 pali a sostegno della linea antincendio, i quali avranno una lunghezza di 56 m complessivi per 40 m d'infissione e 470 mm di diametro.

La soluzione prevede l'utilizzo di pali battuti e vibroinfissi.

Gli eventuali pali di supporto saranno rimossi dopo l'infissione dei pali definitivi.

Nell'ambito delle previste operazioni di costruzione sopra sintetizzate nell'area del Molo Principale dell'area in concessione alla GNL a Panigaglia, i Proff. Marco Capello (DISTAV) e Giovanni Besio (DICCA) dell'Università degli Studi di Genova sono stati incaricati di implementare, prima dell'inizio dei lavori sul Molo Principale, un modello matematico per la simulazione della diffusione della torbidità nel paraggio dell'impianto GNL a Panigaglia, potenzialmente dovuta alle attività di infissione dei pali.

Il presente report tecnico costituisce la relazione finale inerente i risultati di una serie di simulazioni atte a descrivere la dispersione di materiale non coesivo fine (del tipo limo) all'interno della baia prospiciente il Terminale GNL di Panigaglia all'interno del Golfo della Spezia, anche in relazione al valore di concentrazione di solidi sospesi pari a 33 mg/l, determinato il 26-27 febbraio 2021 dal Prof. Marco Capello (DISTAV) dell'Università degli Studi di Genova, e identificato come valore di riferimento locale nell'ambito del progetto "Caricamento GNL su Autobotti/Isocontainer e Rifacimento dell'esistente Pontile Secondario", come da Verifica di Ottemperanza alle condizioni ambientali contenute nel Parere della CTVA n. 451 del 28/03/2022 allegato al Decreto di esclusione da VIA, DM n. 108 del 20/06/2022 (Condizione Ambientale n. 3), ottemperata positivamente visto il contributo della Regione Liguria di cui al prot. 2023-1462993 del 02/11/2023 trasmesso alla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA/VAS del Ministero della Transizione Ecologica.

Le simulazioni hanno l'obiettivo di comprendere e valutare i processi di dispersione del materiale eventualmente mobilitato dalle operazioni di infissione di pali in prossimità dell'impianto stesso.

Nell'impostazione delle simulazioni è stato sviluppato un modello numerico per la soluzione del "campo intermedio" e del "campo lontano" non essendo di interesse per il presente studio la dinamica alla piccola scala della generazione della nuvola di torbida in seguito all'infissione del singolo palo (secondo quanto indicato dagli schemi riportati nella documentazione progettuale).

L'origine della nuvola di torbida viene quindi localizzata nell'area di intervento, rendendo così validi i risultati per le diverse simulazioni per l'infissione di un qualsiasi palo di quelli previsti nel progetto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 5 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

Per poter portare a termine la realizzazione delle simulazioni è stato necessario definire una serie di dati strettamente necessari per l'implementazione del modello, sia per la definizione della maglia di calcolo, sia per la scelta delle condizioni al contorno relative alle forzanti ambientali (vento, marea e onde) e alle caratteristiche della nuvola di particelle di cui si vuole simulare la dispersione (caratteristiche dei sedimenti, entità e durata dell'immissione di torbidità nella colonna d'acqua). Nel presente elaborato vengono riportate tutte le informazioni utilizzate per la costruzione del modello, per la definizione delle condizioni al contorno impiegate e vengono riportati i risultati per le diverse simulazioni realizzate.

Le valutazioni descritte nel presente documento sono in linea quanto già riportato nella documentazione depositata dallo stesso Proponente nel progetto denominato "Vessel Reloading Panigaglia" (anno 2021) per consentire il carico e lo scarico di GNL presso il pontile principale del Terminale GNL di rigassificazione di Panigaglia (procedura di Verifica di Assoggettabilità a VIA codice 8668, escluso dalla Procedura di Valutazione dell'Impatto Ambientale con Parere n. 571 del 10 ottobre 2022 acquisito al prot. MiTE_2022-0132886 del 26 ottobre 2022). Relativamente a questo progetto, infatti, era stato già presentato uno studio sulla torbidità relativo alla fase di infissione dei pali necessari all'adeguamento del pontile principale, attività già prevista nel citato progetto approvato denominato "Vessel Reloading".

2. LE FORZANTI AMBIENTALI

L'analisi dei processi fisici relativi alla circolazione costiera e ai processi di dispersione in tale zona è sempre stata di grande interesse da un punto di vista sia scientifico sia applicativo. La necessità di avere a disposizione degli strumenti di analisi e predizione di tale tipo di processi è sentita non solo in ambito di pianificazione e programmazione delle attività umane nella fascia costiera (come controllo della dispersione dei dragaggi, progettazione degli emissari degli impianti di depurazione) ma anche in ambito di gestione delle emergenze e della qualità delle acque (come sversamenti e dispersione di inquinanti sia lato terra sia lato mare, incidenti in mare ed operazioni di *search & rescue*).

In quest'ottica nelle ultime decadi, soprattutto grazie alla crescita esponenziale della potenza di calcolo dei moderni computer, è stato fatto sempre maggiore affidamento all'utilizzo di programmi di calcolo in grado di realizzare simulazioni numeriche dell'idrodinamica marina e costiera e dei processi di dispersione sia da un punto di vista euleriano (dinamica della concentrazione) che da un punto di vista lagrangiano (dispersione di massa e oggetti). Lo studio di tali fenomeni generalmente si basa su un'enorme quantità di informazioni che richiedono elevati tempi di computazione e grandi potenze di calcolo non sempre disponibili: questo, in particolare, può succedere quando ad esempio il dataset in esame proviene da un servizio di rianalisi climatologica, caratterizzato da alta risoluzione temporale e spaziale. In questo caso, può essere conveniente ridurre il numero di condizioni ambientali da tenere in considerazione per le simulazioni numeriche in modo da individuare e conservare i modi più significativi della variabilità del fenomeno. Risolvere un numero limitato di condizioni ambientali, altresì dette "scenari", è vantaggioso perché non solo permette di selezionare gli scenari più importanti per il

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 6 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

processo investigato ma anche perché viene ridotto significativamente il carico computazionale necessario per risolvere l'intera catena di modellazione. A tale fine, è possibile impiegare tecniche di data mining ovvero di analisi massiva dei dati a disposizione, tramite algoritmi di clusterizzazione (*clustering*); tale approccio si è rivelato molto utile: infatti, permette di raggruppare un insieme di dati in classi di oggetti (*cluster*) sulla base della loro similarità/dissimilarità.

Un *cluster* rappresenta un raggruppamento di elementi che sono simili tra loro e sono dissimili dagli elementi di un altro *cluster*. Il risultato che si ottiene è un sottoinsieme di elementi in grado di riassumere il dataset iniziale, mantenendo le sue proprietà principali.

Nel presente studio si adotta una metodologia che permetta di caratterizzare il clima meteo-marino considerando la velocità del vento, il campo di pressione, la forzante di marea e le condizioni del moto ondoso. Per la costruzione del dataset iniziale viene quindi scelta una finestra temporale adeguata in funzione del tipo di processo che si vuole studiare, ovvero la descrizione della dispersione di inquinanti/sedimenti/particelle in acque costiere, in seguito all'immissione in mare di una portata definita in un certo intervallo di tempo (Cremonini et al., 2021).

Le variabili meteo-marine impiegate nel presente studio derivano dai prodotti di *hindcast* del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica ed Ambientale dell'Università di Genova (DICCA), www3.dicca.unige.it/meteocean/hindcast.html. Tramite una rianalisi delle condizioni atmosferiche, è stato costruito un *database* contenente dati orari di onda, vento e campo barico definiti su una griglia con risoluzione approssimativamente di 10 km lon/lat, estesa a tutto il bacino del Mar Mediterraneo (Mentaschi et al., 2013; Mentaschi et al., 2015). L'implementazione del *dataset* di *hindcast* è avvenuta in seguito alla validazione e alla ottimizzazione della catena di modelli numerici impiegata (WRF per la parte meteo e WaveWatchIII per la parte onde) e ad oggi questi dati sono stati utilizzati in numerose ricerche e applicazioni. Per lo sviluppo degli algoritmi di identificazione di scenari climatici caratteristici vengono prese in considerazione le serie temporali dal 1979 al 2020, su base oraria, di altezza d'onda significativa (H_s), di periodo e direzione di picco (T_p e θ_p , rispettivamente) delle componenti di velocità longitudinale/latitudinale del vento (w_x/w_y) e della pressione media sul livello del mare (mslp). In un secondo momento, vengono ricavate le forzanti di marea (di seguito $\Delta\eta$) nella posizione selezionata grazie al Software di Previsione di Marea (TPXO.3) fornito dall'Università dello Stato dell'Oregon (Egbert & Erofeeva, 2002). L'escursione di marea è stata calcolata nello stesso intervallo di tempo e con la stessa frequenza per cui erano disponibili i dati meteomari dell'*hindcast*.

Le tecniche di clusterizzazione sopra descritte richiedono come primo passo fondamentale: definire un numero di *clusters* m appropriato. La scelta può essere fatta in modo soggettivo, se l'utente, ad esempio, desidera che i dati vengano assegnati a un determinato numero di classi, oppure se conosce come e con quali distribuzioni si presentano i dati. Tuttavia, se il numero ottimale di cluster non è noto a priori, è necessario introdurre un'analisi di sensitività sui risultati della clusterizzazione, andando a valutare complessivamente la varianza dei dati, impiegando come indice di misura la distanza media tra gli stati del modello.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 7 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

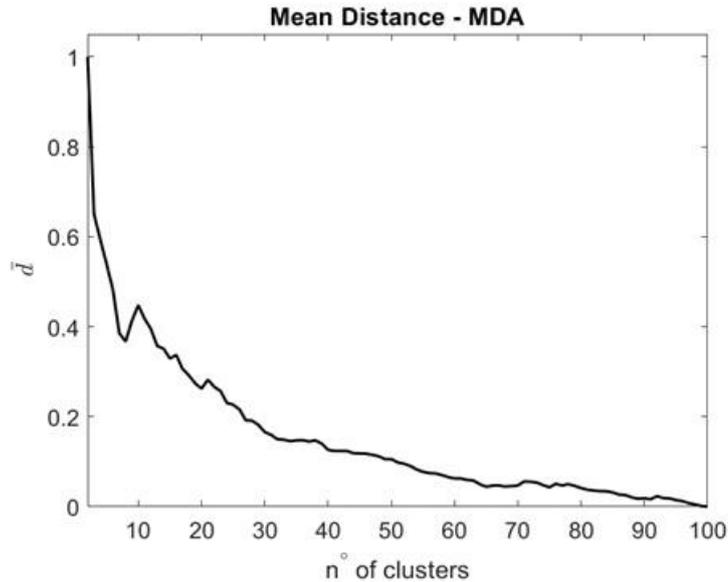


Figura 2-1 Analisi di sensitività in funzione del numero di cluster

Poiché l'obiettivo della definizione di diversi scenari di condizioni meteomarine per la realizzazione del presente studio ha l'obiettivo di identificare un gruppo di serie temporali che siano il più diverse tra loro al fine di caratterizzare la variabilità climatica all'interno del Golfo della Spezia (identificazione degli "scenari"), è stato scelto di utilizzare un numero di cluster pari a 25 (valore per cui si è in grado di riprodurre più dell'ottanta per cento della variabilità delle forzanti ambientali) e quindi di identificare 5 scenari specifici (scenario 1, 2, 8, 12, 17 dell'analisi cluster, Figg.1-5) molto diversi tra di loro soprattutto per le condizioni di intensità e direzione di provenienza del vento. Inoltre, l'estensione temporale degli scenari è stata imposta pari a una settimana in quanto i processi di dispersioni sulle scale spaziali dell'ordine di grandezza dell'estensione del Golfo della Spezia possono avere un tempo scala di qualche giorno.

Gli scenari così identificati sono riportati nelle figure seguenti in cui vengono mostrati gli andamenti temporali delle diverse variabili ambientali.

N° Scenario	Direzione del moto ondoso	Direzione del vento
1	Libeccio	Libeccio - Tramontana
2	Tramontana - Levante	Tramontana - Levante
8	NON RILEVANTE	NON RILEVANTE
12	Libeccio - Levante - Scirocco	Ponente - Tramontana - Scirocco
17	Meridionale - Scirocco	Meridionale - Scirocco

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 8 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

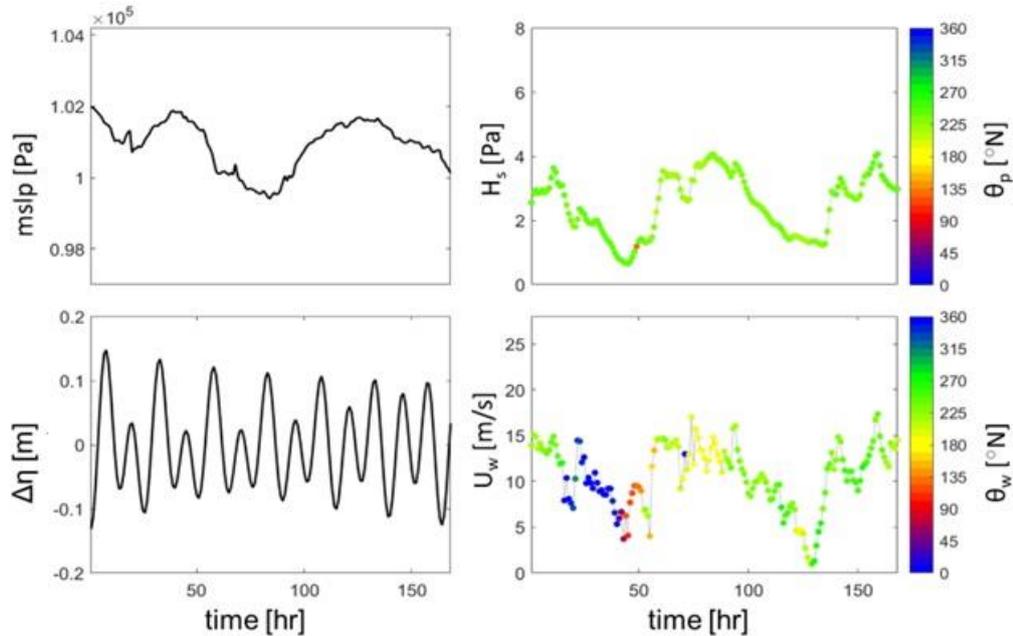


Figura 2-2 - Forzanti Meteo-Marine; Scenario 1.

Per questa configurazione sono state considerate Onde da Libeccio (SW, III quadrante), e Vento da Libeccio in rotazione a Tramontana (vento in rotazione da SW a N, e cioè vento in rotazione dal quadrante III al quadrante IV; ricordiamo che i quadranti delle “provenienze” delle onde e del vento sono così compresi, riferiti alla Rosa dei Venti: I = 0°-90°, II = 90°-180°, III = 180°-270° e IV = 270°-0°. Le direzioni precise N, E, S, e W, rispettivamente 0°, 90°, 180° e 270°, non fanno parte dei quadranti ma sono considerate come estremi dei range dei quadranti).

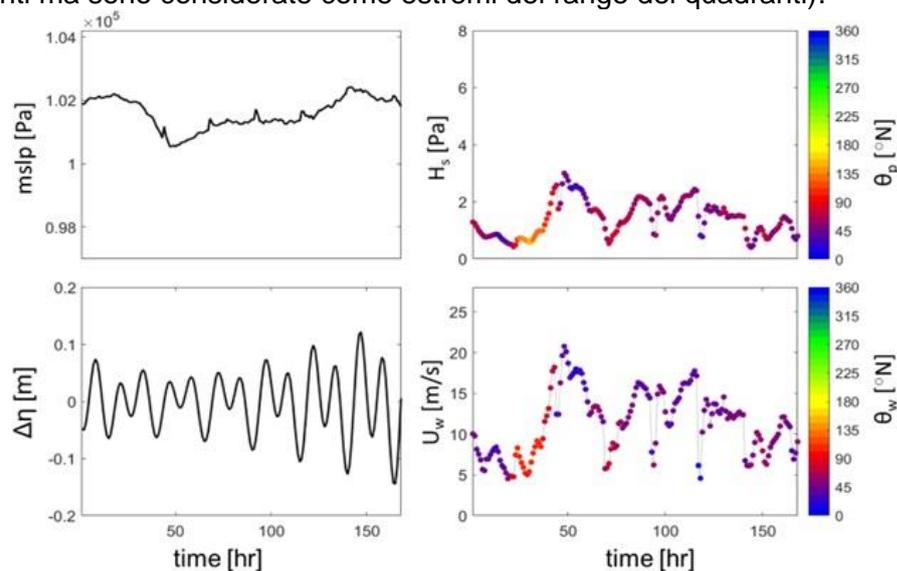


Figura 2-3 Forzanti Meteo-Marine; Scenario 2.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 9 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

Per questa configurazione sono state considerate Onde con provenienza da Tramontana (N) in rotazione a Levante (E), e Vento con provenienza da Tramontana in rotazione a Levante (vento proveniente da N in rotazione a E).

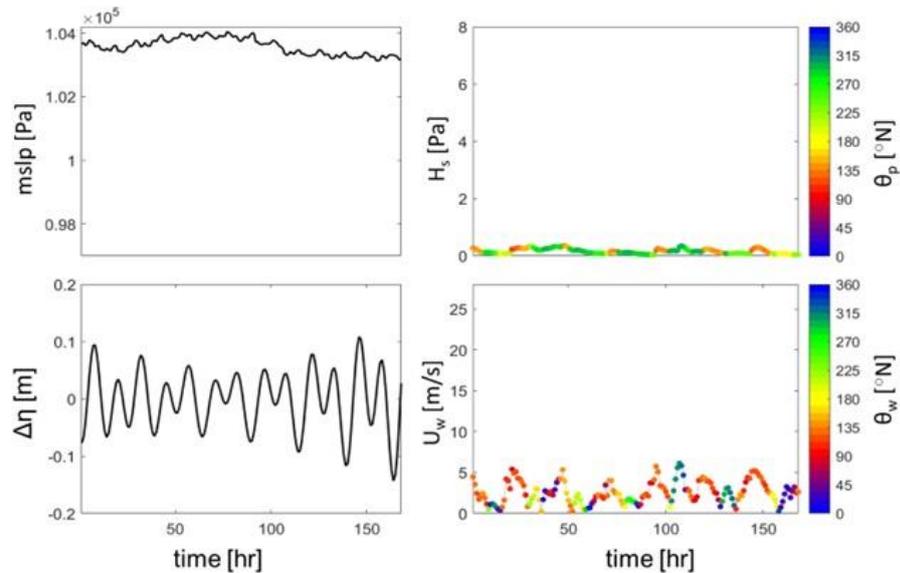


Figura 2-4 Forzanti Meteo-Marine; Scenario 8.

Per questa configurazione è stata considerata una fase di Bonaccia

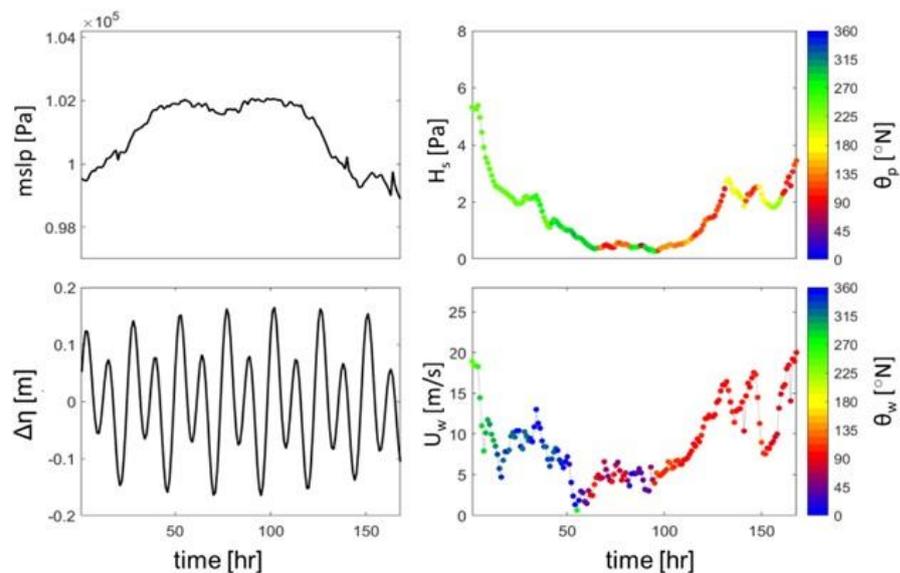


Figura 2-5 Forzanti Meteo-Marine; Scenario 12.

Questa configurazione è risultata la più dinamica e ha considerato l'evoluzione della provenienza delle Onde da Libeccio (SW, III quadrante) a Scirocco (SE, II quadrante), passando da Levante (E), mentre per la provenienza del Vento è stata

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 10 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

considerata l'evoluzione della provenienza da Ponente (W) a Scirocco (SE, II quadrante) passando da Tramontana (N).

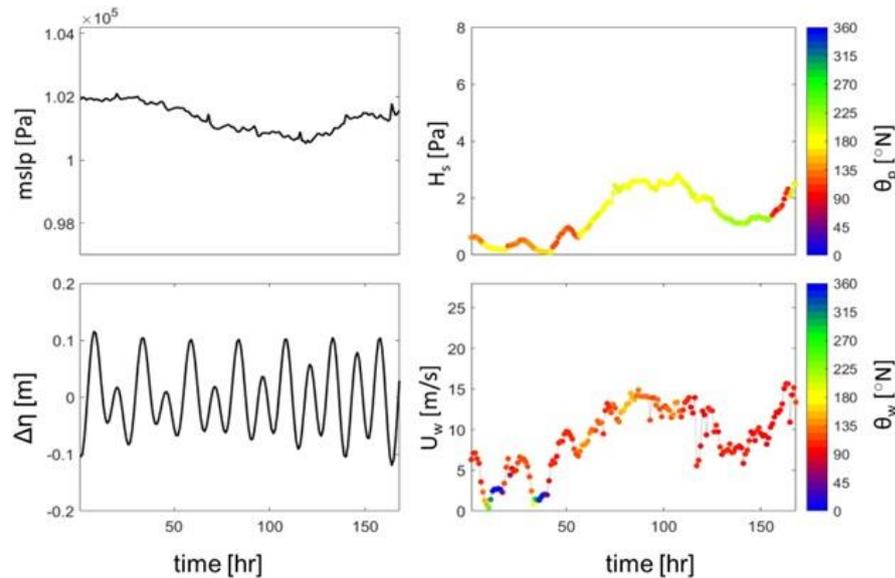


Figura 2-6 Forzanti Meteo-Marine; Scenario 17

Per questa configurazione sono state considerate Onde con provenienza da Meridione (S) in rotazione a Scirocco (SE, II quadrante), e Vento con provenienza da Meridione (S) in rotazione a Scirocco (SE, II quadrante).

3. MODELLAZIONE NUMERICA DELL'IDRODINAMICA E DELLA CONCENTRAZIONE

Per la simulazione dell'idrodinamica nel paraggio della Spezia e per lo studio dell'evoluzione dell'eventuale nuvola di torbida è stato impiegato il modello numerico Delft3D, sviluppato e mantenuto da Deltares (precedentemente Delft Hydraulics). Tale modello numerico è uno dei più robusti e affidabili strumenti per lo studio della dinamica delle correnti, del trasporto di sedimenti, delle onde e della qualità delle acque, sia da un punto di vista applicativo che da un punto di vista di sviluppo e ricerca. Delft3D è composto da diversi moduli che possono essere eseguiti indipendentemente o possono essere accoppiati e interagiscono tra loro, scambiandosi le opportune informazioni. Delft3D-FLOW è uno di questi moduli. Esso è un codice che modella l'idrodinamica e il trasporto, prendendo in considerazione una vasta gamma di forzanti, come eventi meteorologici, maree, scarichi antropici, ecc.

Le equazioni di governo sono costituite dalla equazione di continuità e dall'equazione della quantità di moto lungo le due direzioni orizzontali. Il modello risolve le equazioni RANS con approssimazione idrostatica. La velocità verticale è ottenuta dall'equazione di continuità. Il modello impostato in questa maniera è un modello quindi così detto Quasi-3D, ovvero si riesce a risolvere anche la componente verticale del moto ma non tramite la soluzione dell'equazione della quantità di moto lungo l'asse verticale, ma tramite l'impiego dell'equazione di continuità una volta risolte le equazioni della quantità di moto lungo le direzioni orizzontali.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 11 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

Per poter provvedere alla soluzione numerica del problema bisogna quindi definire alcune condizioni di chiusura e al contorno in modo che il modello abbia tutte le informazioni necessarie per poter evolvere nel tempo e nello spazio per ricavare la soluzione del campo di moto. In particolare, è necessario fornire un modello di turbolenza e adeguate condizioni al contorno. Per quanto riguarda la chiusura della turbolenza è stato impiegato un classico modello $k-\epsilon$ che è reso disponibile nella stessa suite di Delft3D. Per quanto riguarda le condizioni al contorno il modello può essere forzato sulla superficie libera da un vento e una pressione atmosferica variabile nel tempo e nello spazio. La condizione al contorno al fondo viene fornita in funzione della tensione che dipende da un parametro di scabrezza tipico, impostato dall'utente. Le relazioni che legano le tensioni al fondo e sulla superficie libera con le derivate della velocità sono quelle classiche relative all'imposizione di una velocità di attrito a un determinato livello di riferimento.

La griglia computazionale è costituita da una griglia cartesiana rettangolare o curvilinea. L'utente può decidere se realizzare una griglia rettangolare (anche a passo variabile) o creare una griglia curvilinea a partire da una serie di *splines*. La schematizzazione per la soluzione numerica è impostata su una maglia del tipo "Arakawa-C". Nel presente studio è stata impiegata una maglia (Figg. 3.1 e 3.2) curvilinea al fine di poter infittire la risoluzione del modello nella zona di interesse e rilassare la risoluzione verso il contorno esterno del dominio. Da un punto di vista numerico le equazioni che governano il problema sono risolte tramite il metodo ADI (Alternating Direction Implicit method). Il metodo ADI suddivide l'avanzamento nel tempo in due fasi successive. Ogni fase è composta da un intervallo di tempo intermedio. In entrambe le fasi, tutti i termini delle equazioni del modello sono risolti con almeno un'accuratezza al secondo ordine di precisione nello spazio. Per la discretizzazione spaziale dei termini di avvezione orizzontale sono disponibili tre diverse opzioni. I primi due metodi sono chiamati WAQUA e Cyclic e non impongono alcuna restrizione sull'intervallo temporale di integrazione. Il terzo metodo è chiamato *flooding* e viene utilizzato in particolare per simulare zone soggette a cicli di asciutto/bagnato, ovvero per zone che non presentano costantemente la presenza di acqua. Si pensi, per esempio, ad eventi alluvionali, sia costieri che fluviali.

La risoluzione della dinamica di eventuali concentrazioni di inquinati/sedimenti in sospensioni è realizzata tramite l'impiego dell'equazione di convezione-diffusione di uno scalare che deve essere caratterizzato opportunamente a seconda del fenomeno che si vuole analizzare. In particolare, nel caso della torbida di sedimenti, è necessario fornire le caratteristiche del sedimento che compone la torbida e le caratteristiche di diffusività turbolenta. Nel caso in cui vi sia una immissione di una determinata concentrazione di sedimenti in sospensione (e quindi non si voglia risolvere meramente il trasporto dei sedimenti del fondo) è necessario inoltre definire le caratteristiche della sorgente della nuvola di torbida.

In particolare, nel presente studio è stata impostata una concentrazione di torbida nell'area di infissione dei pali pari a 54 g/m^3 , che rappresenta il massimo valore di torbidità registrato dal Dataset ISPRA e ARPAL nel Golfo della Spezia (Consultabile nella pubblicazione "Attività di monitoraggio per le operazioni di bonifica e dragaggio dei fondali del Golfo della Spezia", Edizione Febbraio 2018).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 12 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

Il valore di torbidità ante-operam è stato determinato attraverso la caratterizzazione chimico-fisica e dinamica dell'area molo secondario, effettuata dall'Università degli Studi di Genova – DISTAV in data 26 e 27 febbraio 2021. Da tale caratterizzazione è emerso un valore di torbidità massima durante i due giorni di rilevamento pari a 33 gr/m³ ovvero 33 mg/L, identificato come riferimento ante operam da non superare durante le lavorazioni in oggetto, come indicato nella Verifica di Ottemperanza alle condizioni ambientali contenute nel Parere della CTVIA n. 451 del 28/03/2022 allegato al Decreto di esclusione da VIA, DM n. 108 del 20/06/2022 (Condizione Ambientale n. 3), ottemperata positivamente visto il contributo della Regione Liguria di cui al prot. 2023-1462993 del 02/11/2023 trasmesso alla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA/VAS del Ministero della Transizione Ecologica.

Il rilascio della concentrazione di torbida a causa dell'infissione dei pali previsti dal progetto è stato considerato in modalità continua e per un tempo pari a 15 minuti. Si ritiene infatti che nell'operazione di infissione dei pali si generi la ri-sospensione del materiale del fondo solo nella prima parte dell'operazione in cui il palo deve essere effettivamente inserito nel terreno. Una volta che il palo ha superato i primi metri di infissione si ritiene infatti che l'operazione non sia in grado di generare il sollevamento di torbida in maniera significativa. Inoltre, grazie alla litologia del fondale (caratterizzata dalla presenza di argille più o meno compatte), non si ritiene di dover prolungare i tempi di rilascio in quanto proprio la particolare litologia e l'infissione stessa possono innescare una compattazione ulteriore delle argille stesse. La durata di 15 minuti è stata ritenuta, quindi, in maniera conservativa, esaustiva per quanto riguarda la fase iniziale di infissione e generazione di torbida durante le operazioni di realizzazione della palificata del pontile in progetto.

Si precisa inoltre che l'installazione dei pali in mare, combinata alla composizione del sedimento prevalentemente limoso costituente il fondale prossimo al pontile principale, non dovrebbe comportare un aumento di torbidità, poiché il materiale potenzialmente immesso è pari esclusivamente alla circonferenza del palo stesso, pertanto di una superficie molto limitata.

Per quanto riguarda i pali di supporto, che saranno rimossi dopo l'infissione dei pali definitivi, si è valutato che le caratteristiche della sorgente definite per le attività di infissione siano applicabili alla fase di rimozione e che il modello proposto sia rappresentativo di entrambi gli scenari.

Nel seguito si riportano tutte le informazioni specifiche relative all'implementazione del modello numerico per il presente studio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 13 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

Parametri fisici					
Viscosità		Sedimento		Vento	
Modello di turbolenza	$k - \varepsilon$	Frazione del sedimento	Limo	Interpolazione	lineare
Viscosità turbolenta orizzontale [m ² /s]	0.1	Densità [kg/m ³]	1800	Coefficiente di attrito	0.0063
Viscosità turbolenta verticale [m ² /s]	1.00E-06	Velocità di sedimentazione [mm/s]	0.0035		
Diffusività turbolenta orizzontale [m ² /s]	15	Tensione critica di sedimentazione [N/m ²]	0.05		
Diffusività turbolenta verticale [m ² /s]	1.00E-06	Tensione critica di mobilizzazione [N/m ²]	0.1		

Infissione Pali	
Durata	15 minuti
Sorgente liquida [m ³ /s]	1.5
Concentrazione [kg/m ³]	0.054

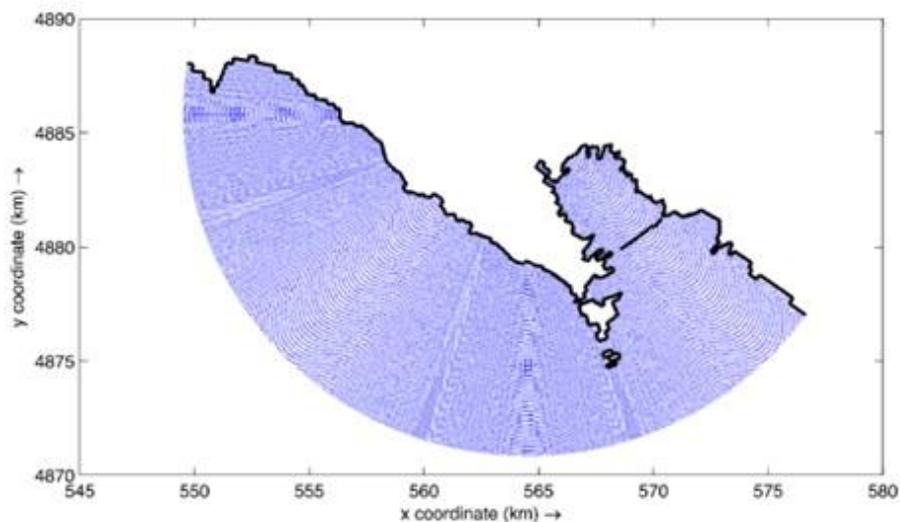


Figura 3-1 Maglia di calcolo; dominio intero

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 14 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

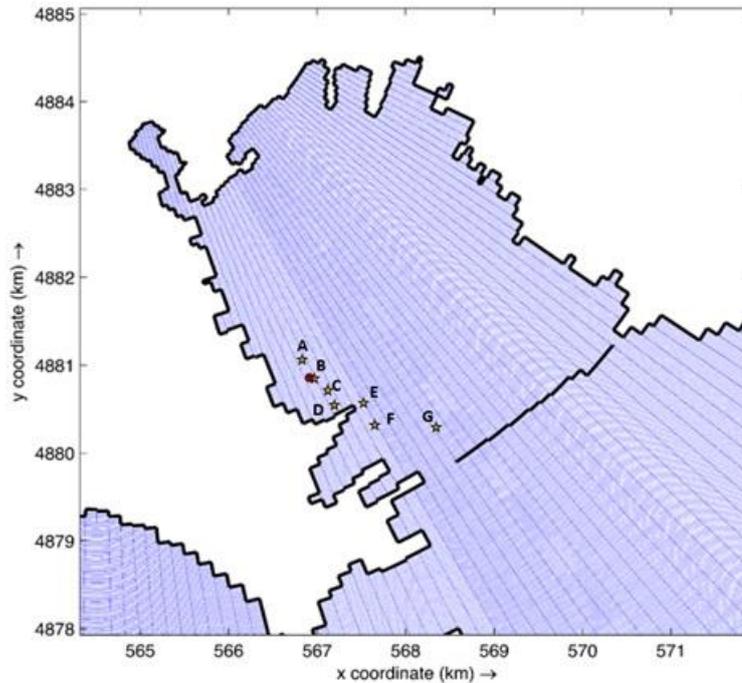


Figura 3-2 Maglia di calcolo; zoom sulla zona di interesse con localizzazione dell'immissione della torbida (punto rosso) e stazioni di controllo (punti A, B, C, D, E, F, G)

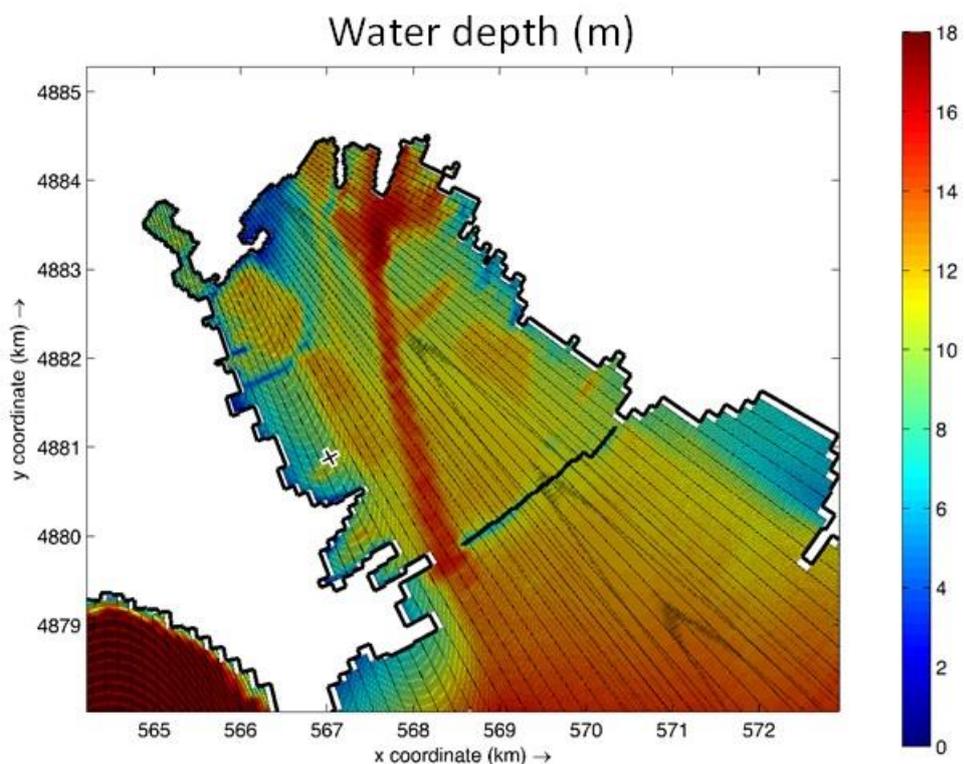


Figura 3-3 Batimetria utilizzata per le simulazioni

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 15 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

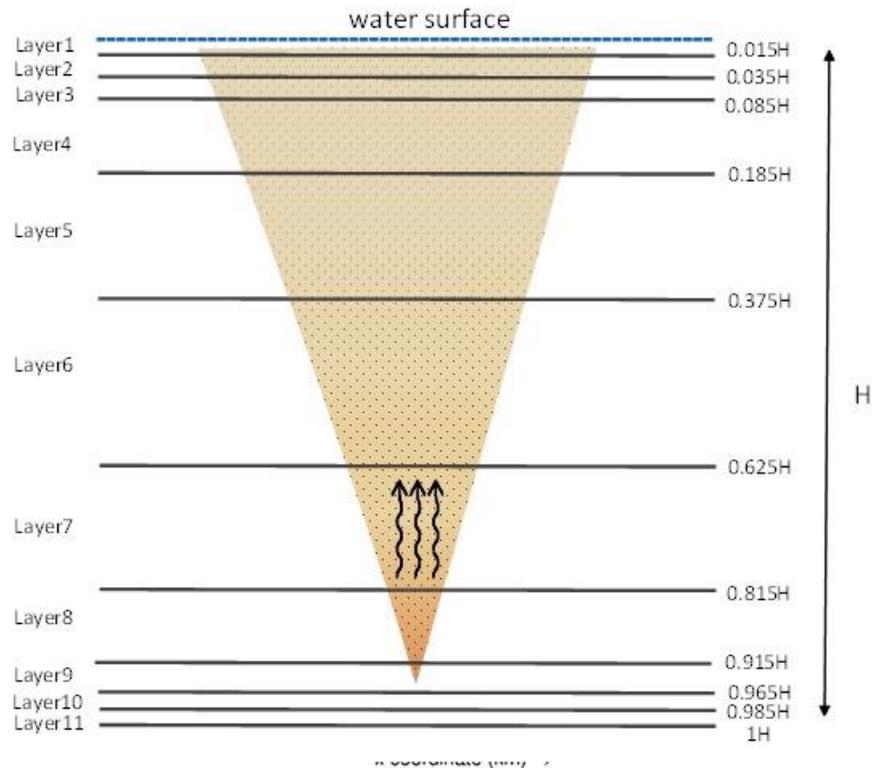


Figura 3-4 Schematizzazione della risoluzione verticale del modello e del rilascio di torbida

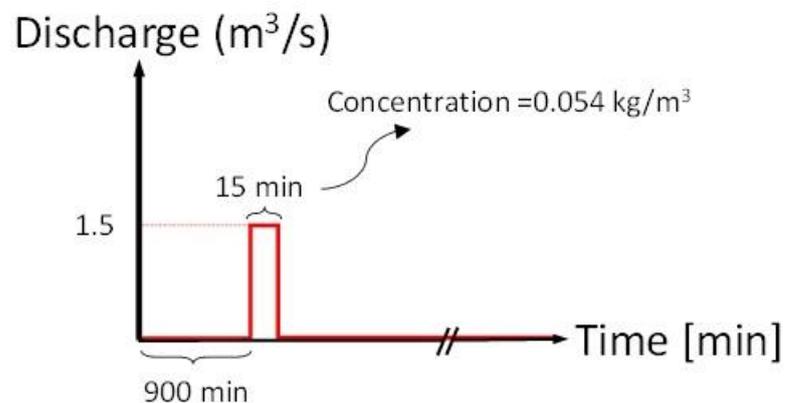


Figura 3-5 Schematizzazione del rilascio di torbida nel tempo della simulazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 16 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

4. RISULTATI DELLE MODELLAZIONI

Si riportano nel seguente Cap. 5 i risultati ottenuti per la dinamica dell'evoluzione della nuvola di torbida per le condizioni esposte in precedenza.

In particolare, viene rappresentata l'evoluzione della nuvola di torbida per ogni scenario meteo-marino, prendendo come riferimento due livelli della colonna d'acqua (layer 1 sulla superficie e layer 9 sul fondo).

I grafici riportano la concentrazione in g/m^3 a intervalli di mezz'ora all'interno del Golfo della Spezia, per la condizione di rilascio di durata pari a 15 minuti, secondo quanto illustrato nell'impostazione del modello numerico.

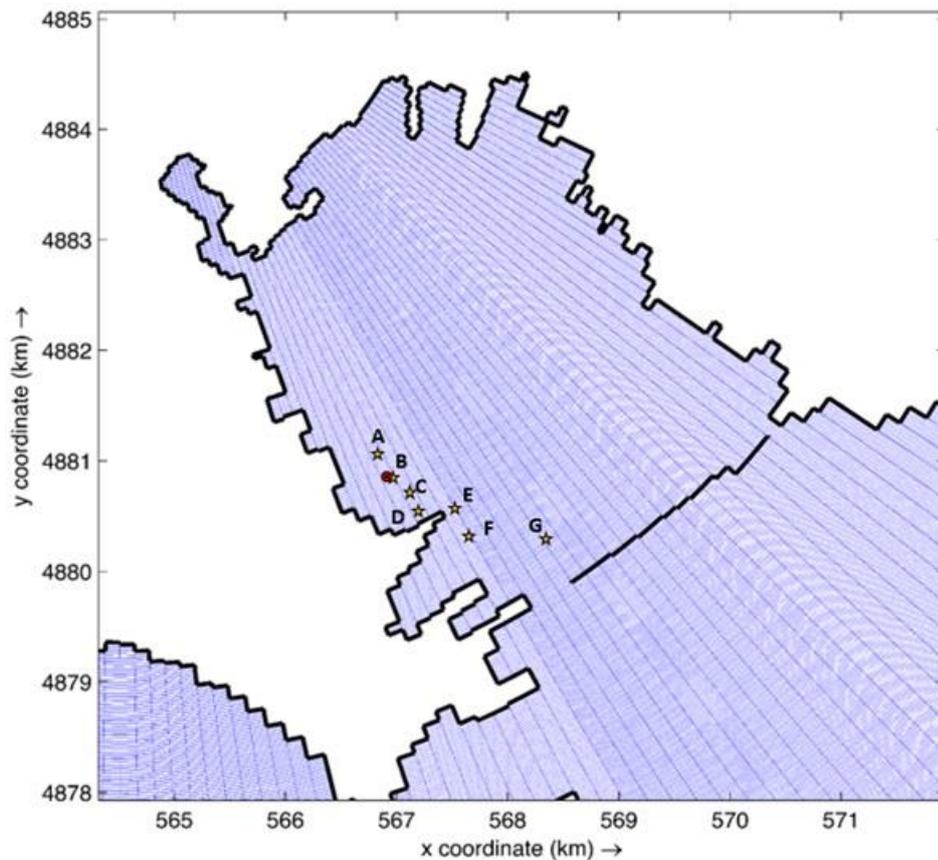
La scelta di riportare i valori in grammi a metro cubo è dovuta al fatto che riportando le quantità in kg/m^3 o in g/l non si apprezzerebbero le differenze nel corso delle simulazioni (a causa dei valori molto contenuti).

Si riportano infine le evoluzioni temporali dei valori della concentrazione nelle diverse stazioni di controllo subito al di fuori della zona oggetto delle operazioni di infissione pali. Si evidenzia che i grafici per le stazioni di misura virtuali non riportano gli stessi estremi nella scala dei valori poiché si raggiungono condizioni molto diverse nelle diverse posizioni e nei diversi livelli sulla colonna d'acqua (differenze di diversi ordini di grandezza). Per evitare di avere dei grafici in cui i valori delle concentrazioni non fossero percettibili sono state quindi adottate dei limiti diversi nei diversi casi. Si invita il lettore, quindi, a portare attenzione ai valori massimi della legenda in modo da poter realizzare confronti quantitativi tra le diverse stazioni di misura.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 17 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

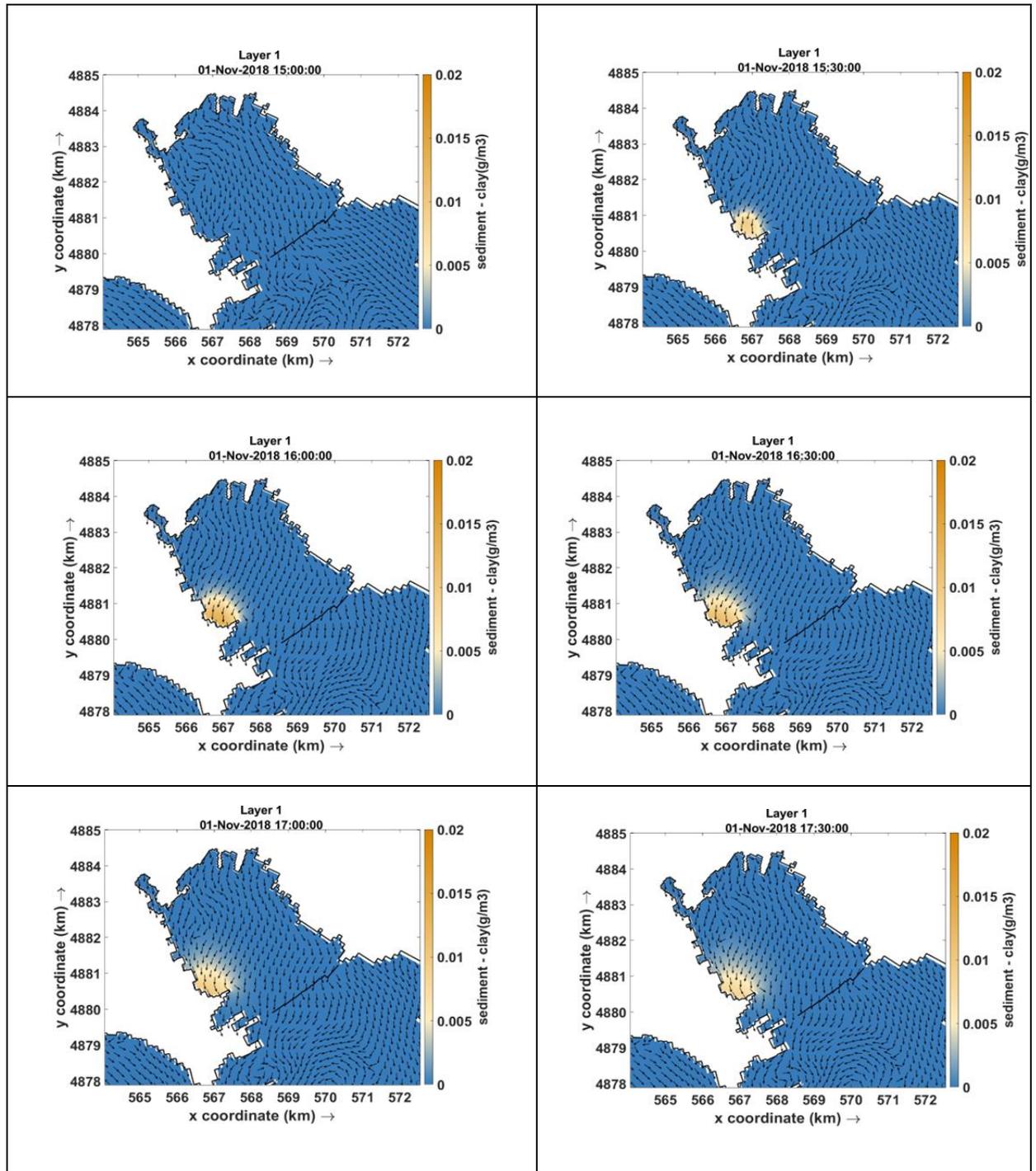
5. EVOLUZIONE TEMPORALE DELLA CONCENTRAZIONE NELLE STAZIONI DI CONTROLLO



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 18 di 52

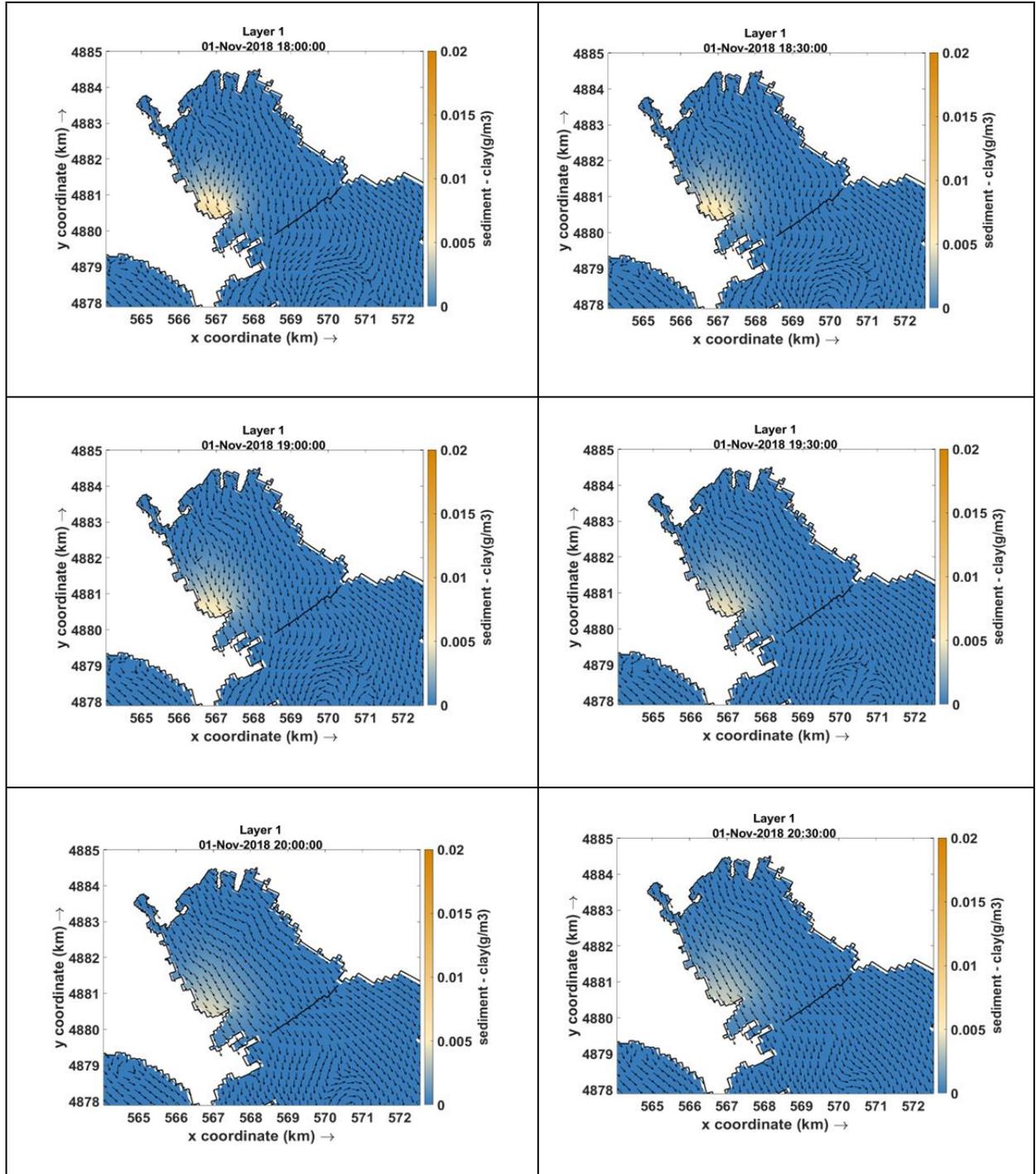
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.1. Scenario 1 – Layer 1 – 15 min



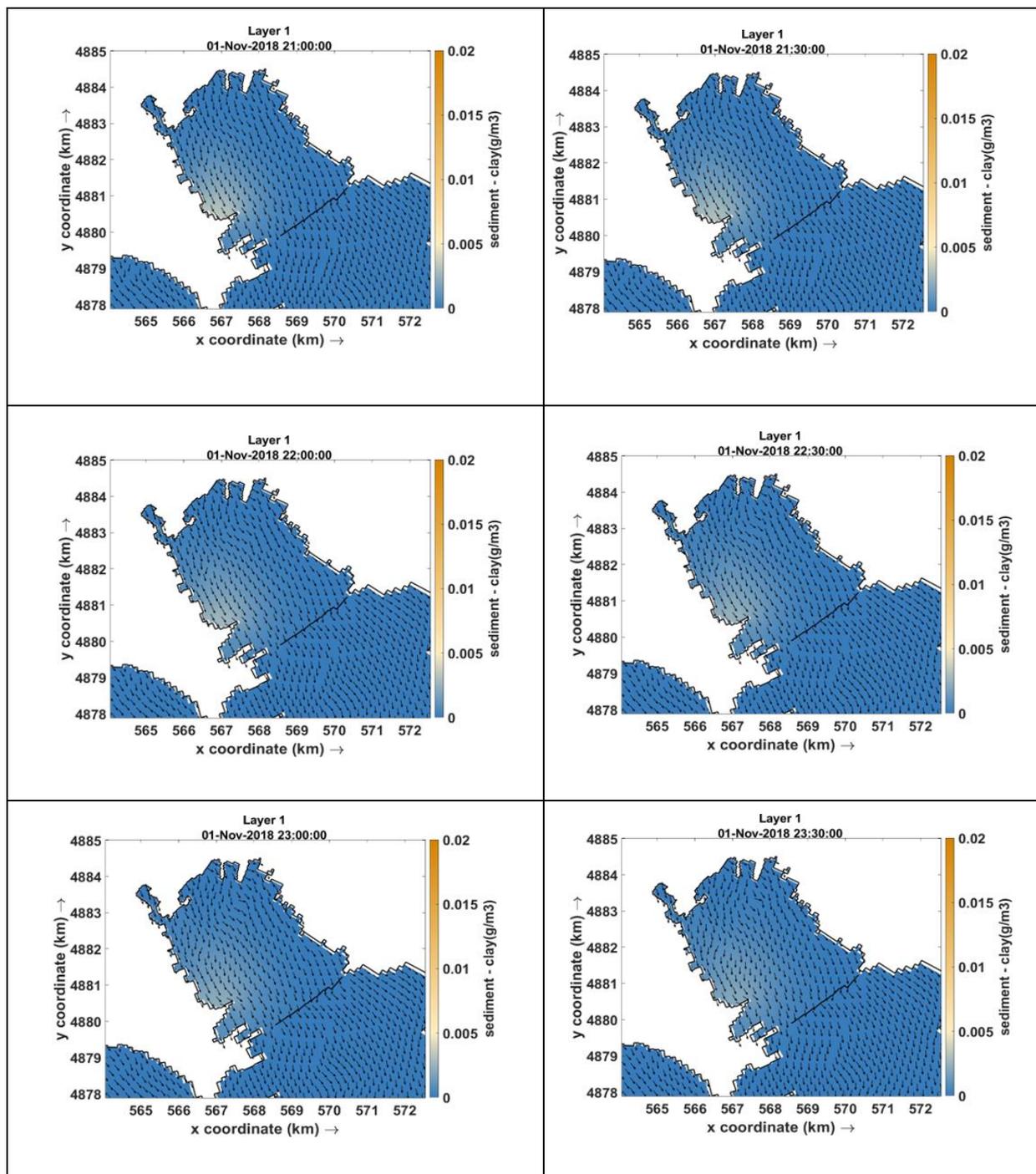
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 19 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 20 di 52

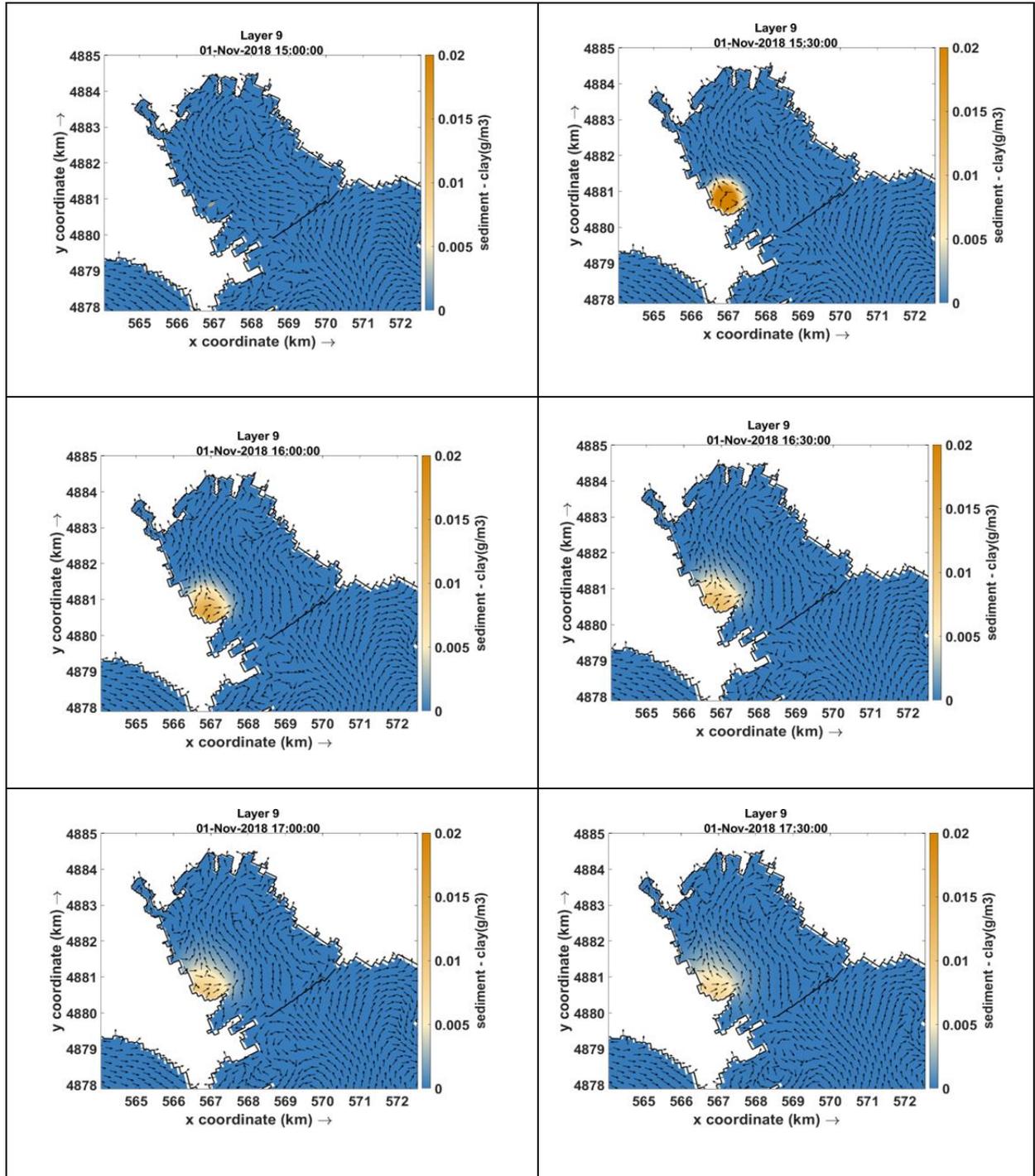
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 21 di 52

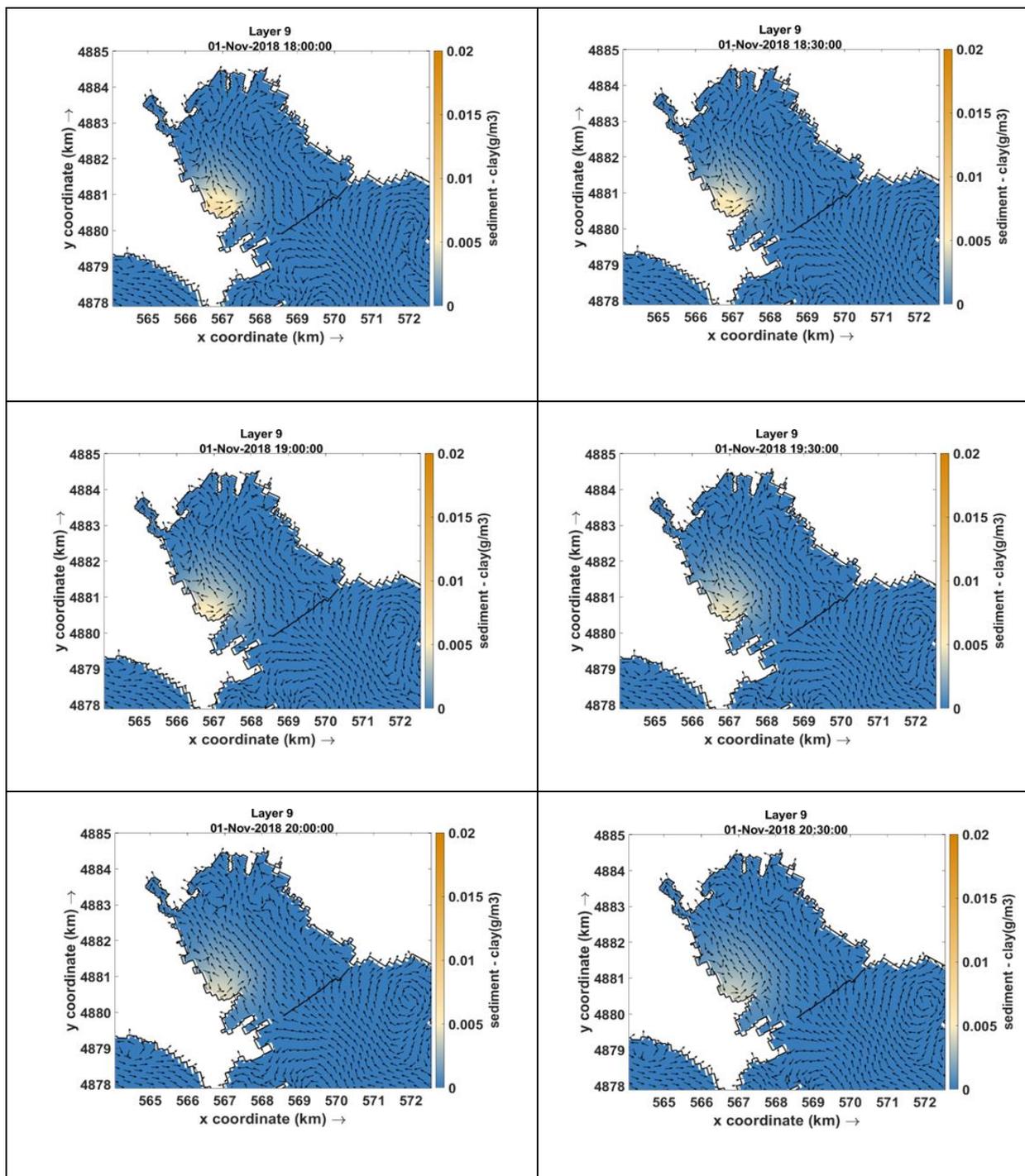
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.2. Scenario 1 – Layer 9 – 15 min



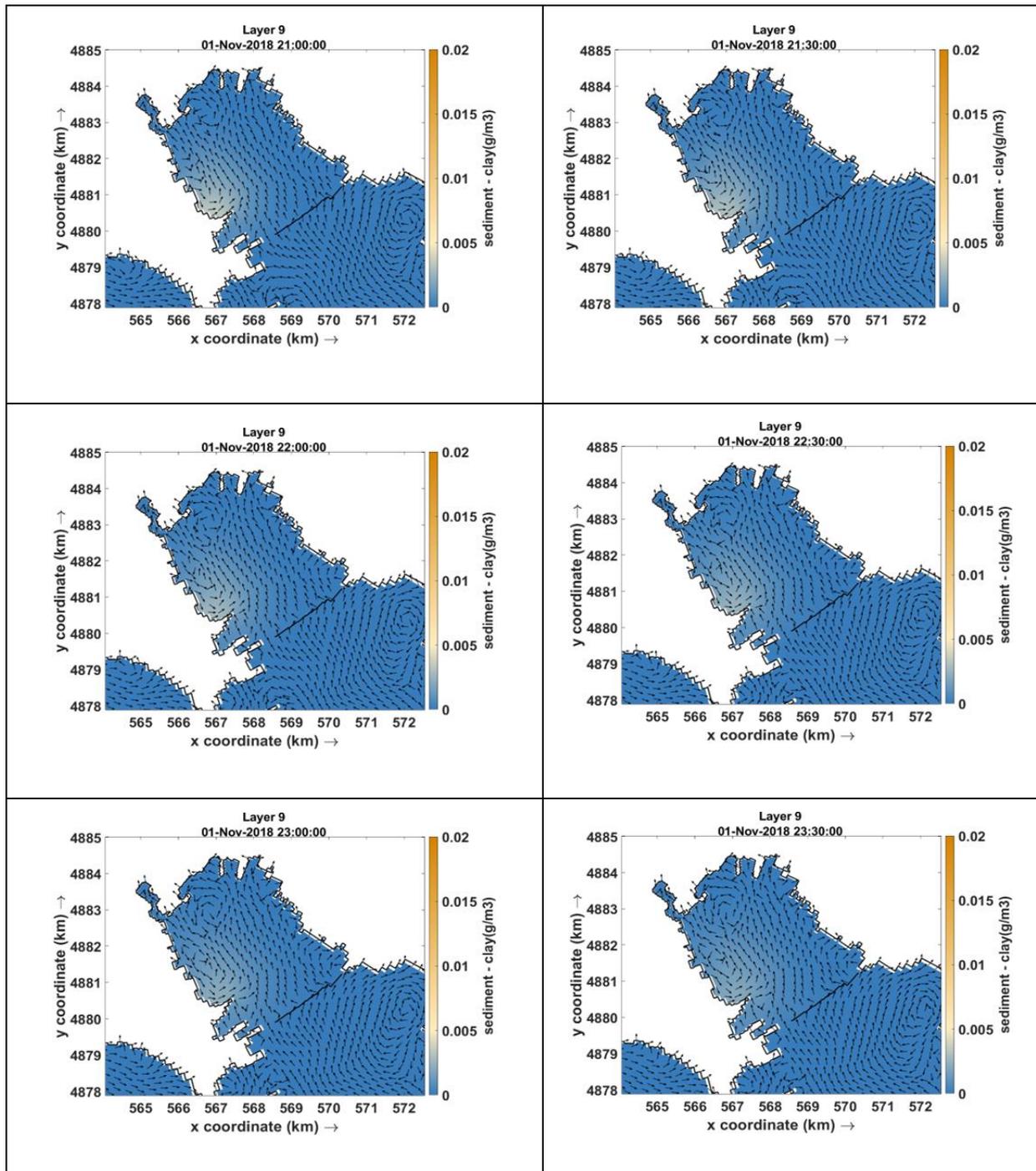
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 22 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 23 di 52

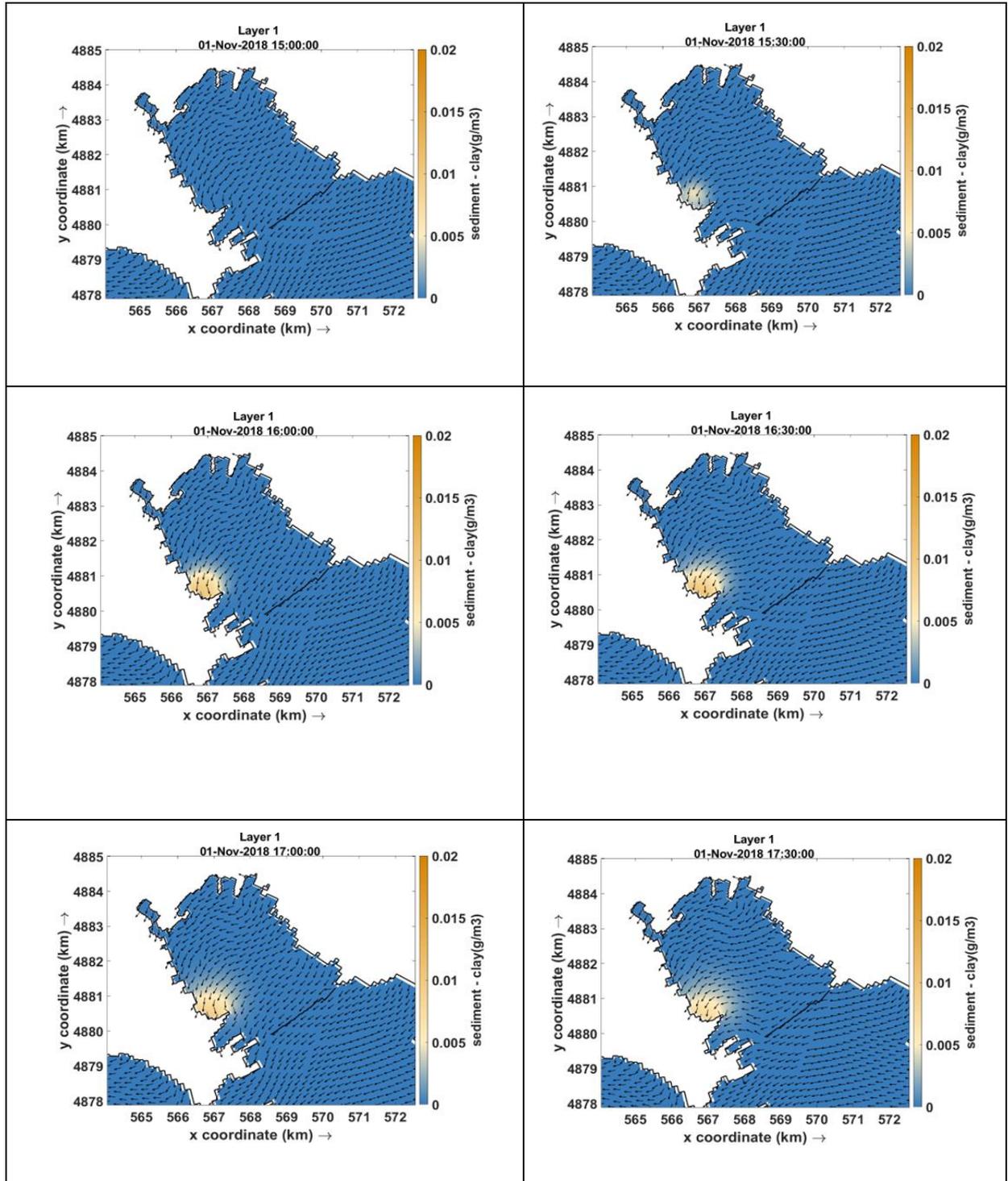
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 24 di 52

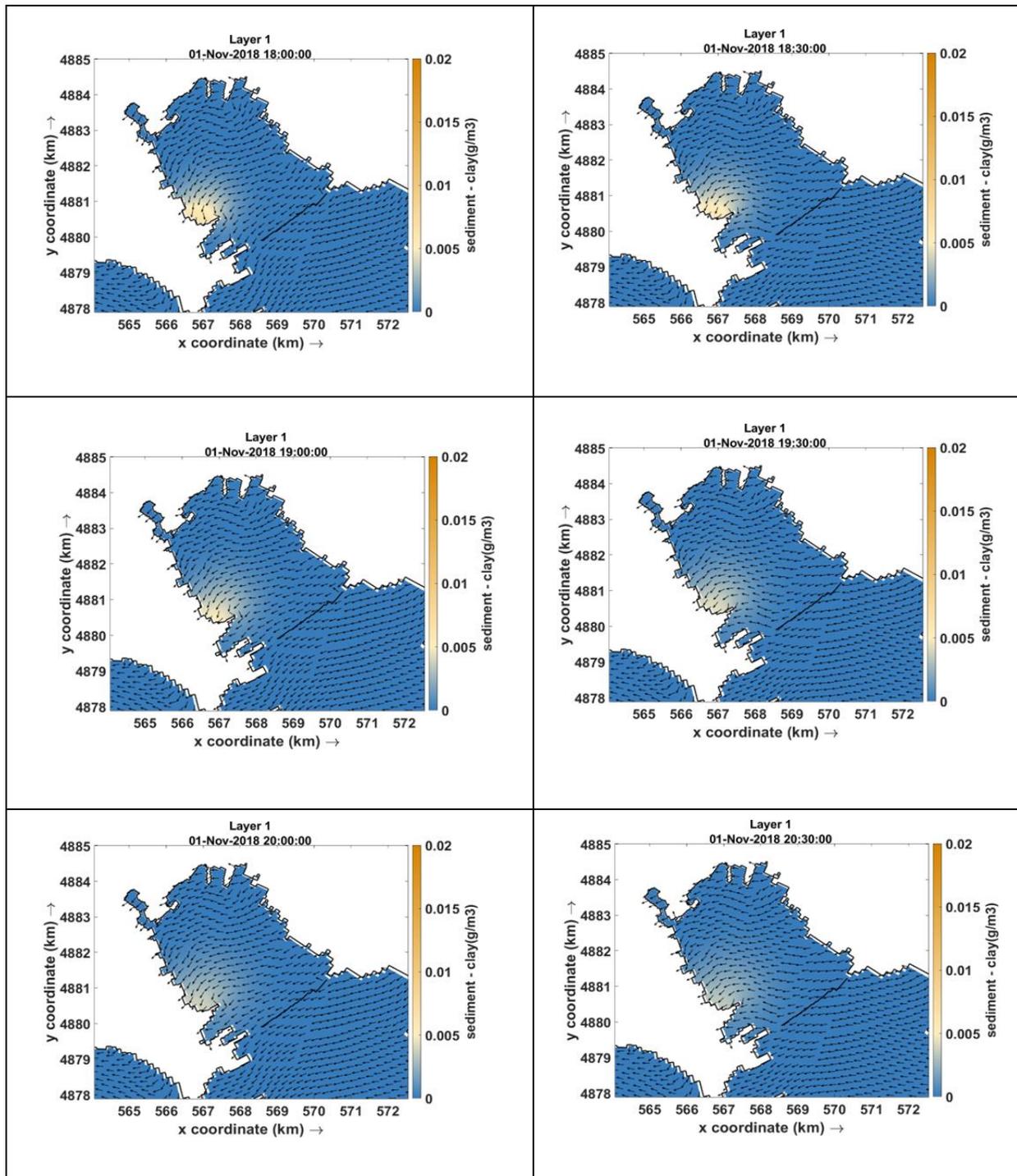
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.3. Scenario 2 – Layer 1 – 15 min



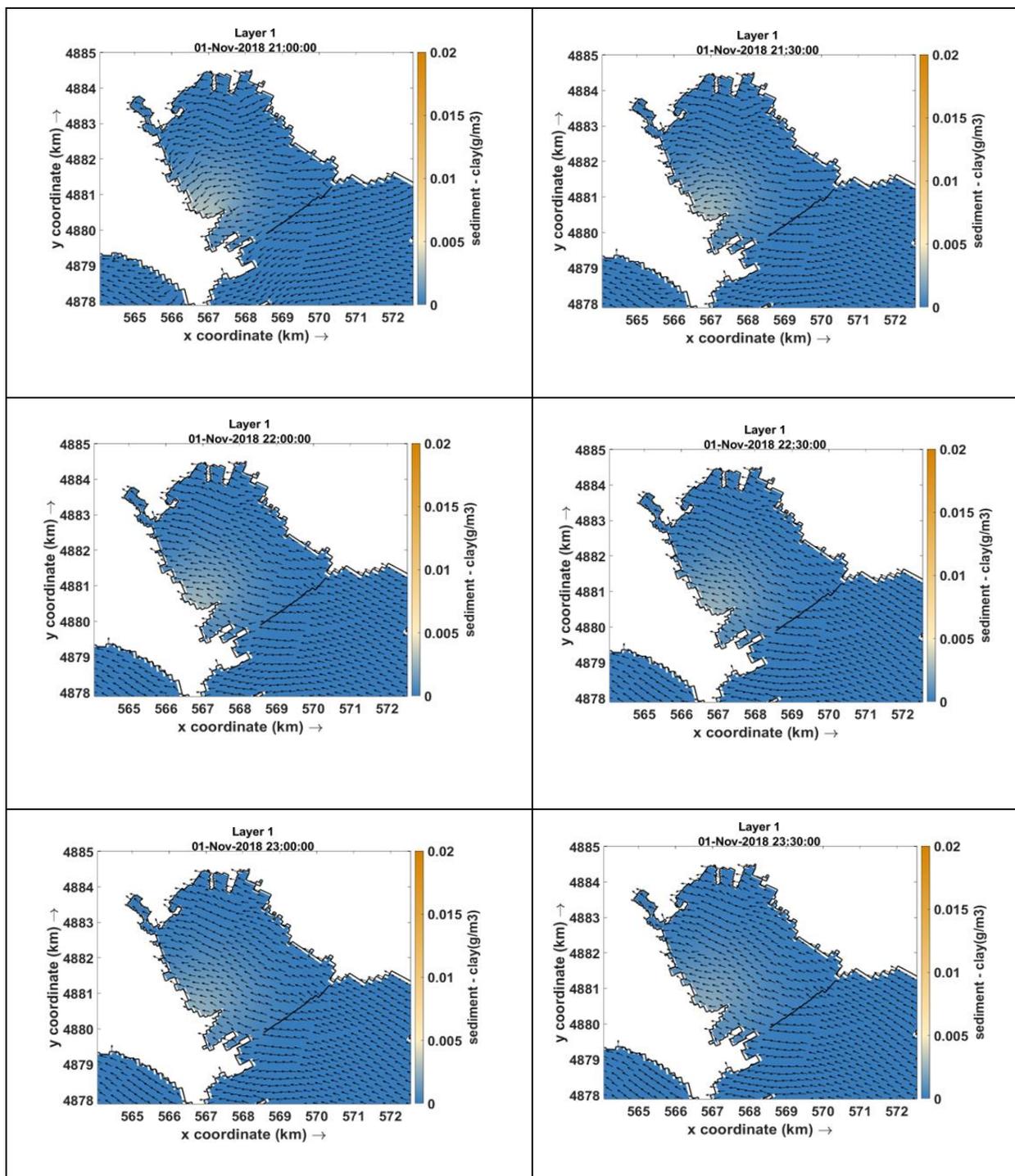
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 25 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 26 di 52

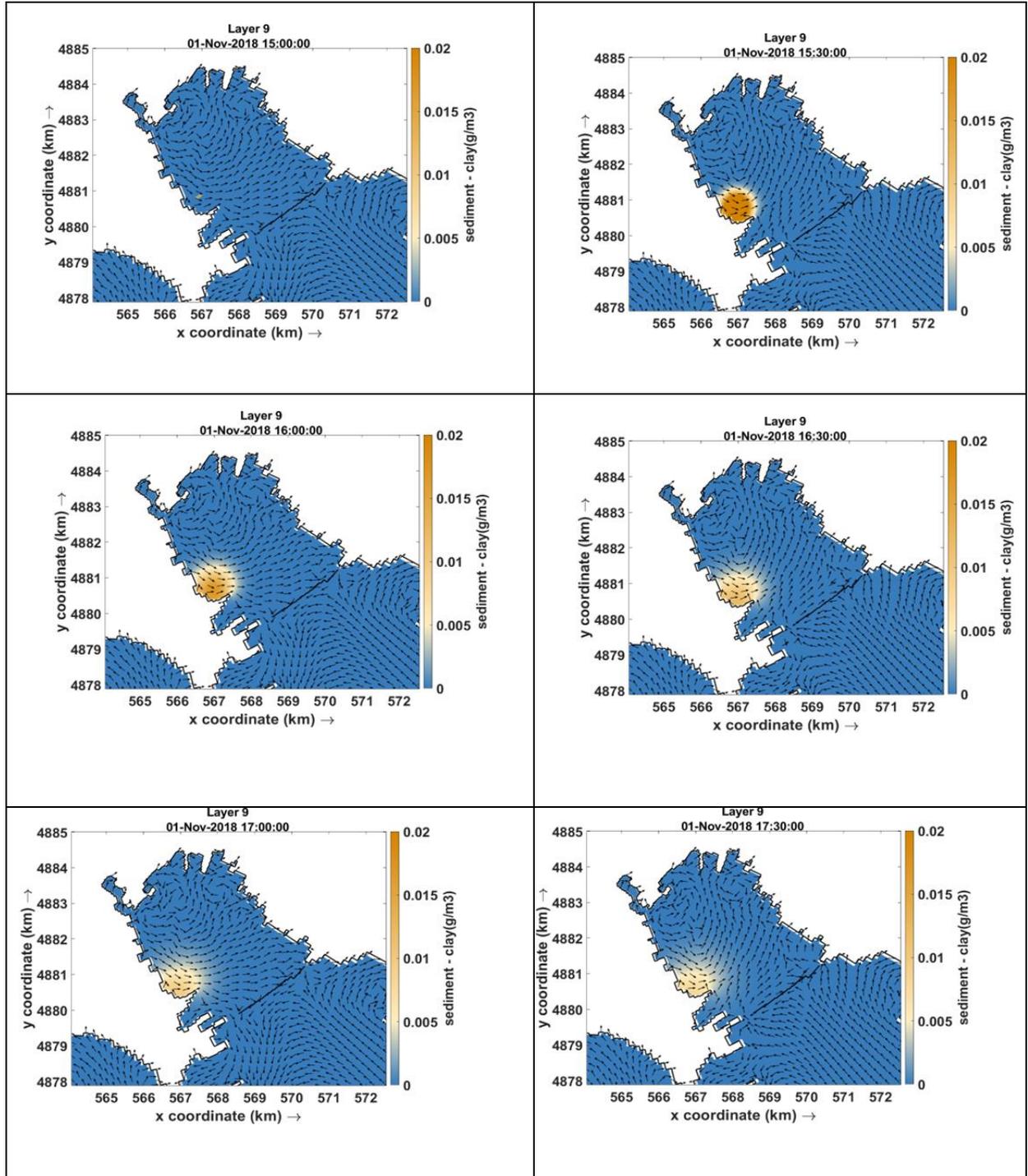
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 27 di 52

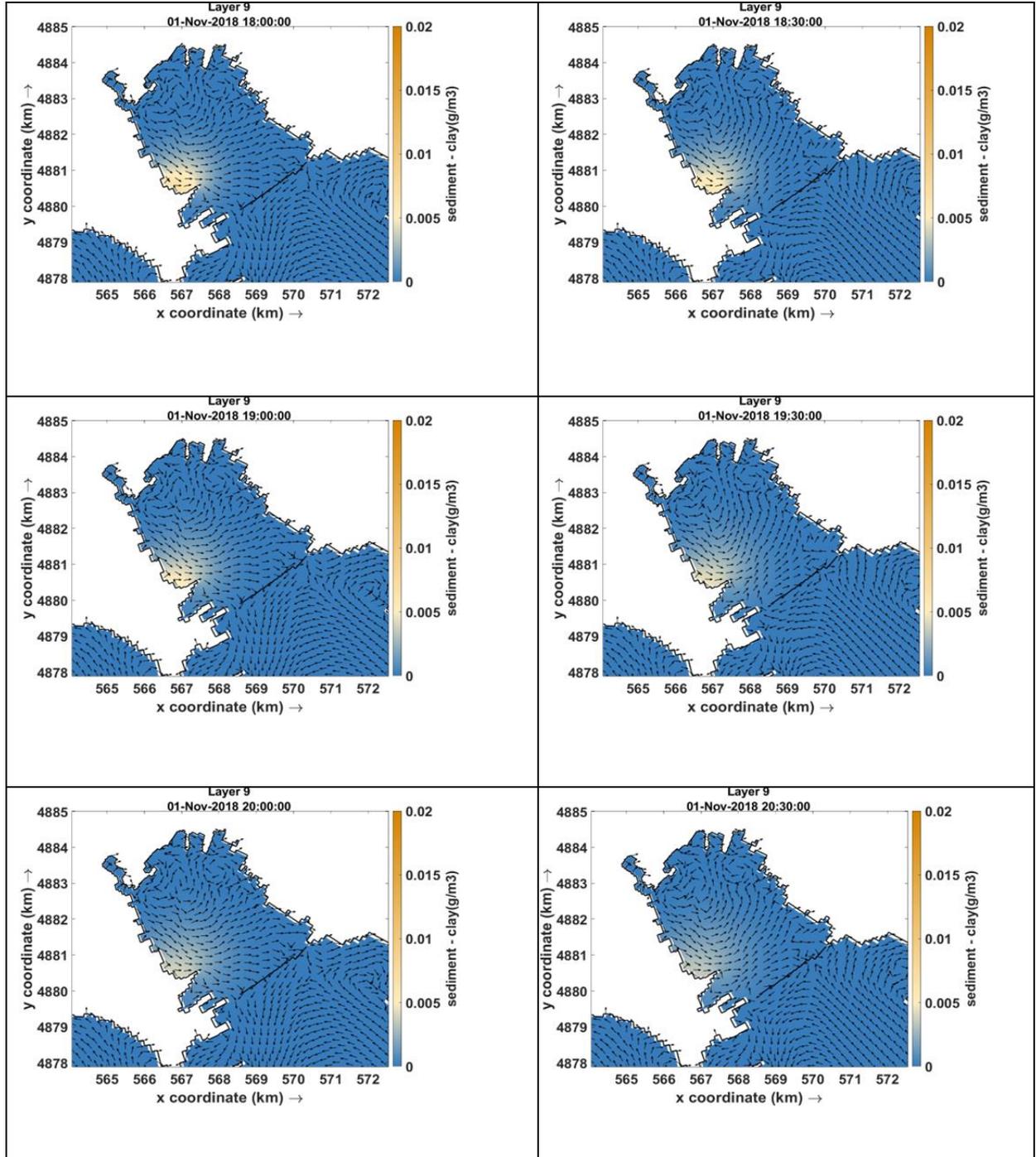
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.4. Scenario 2 – Layer 9 – 15 min



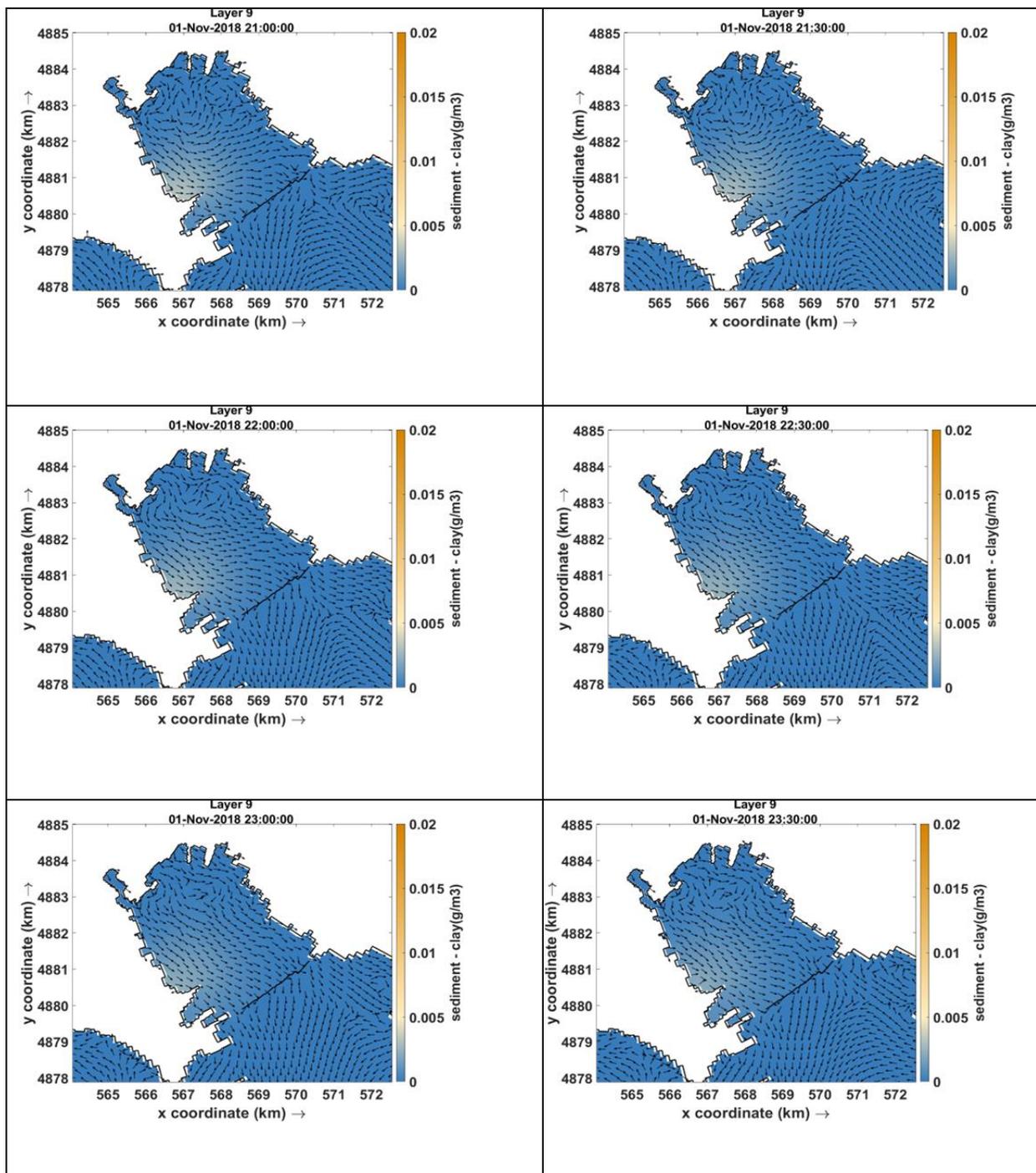
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 28 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 29 di 52

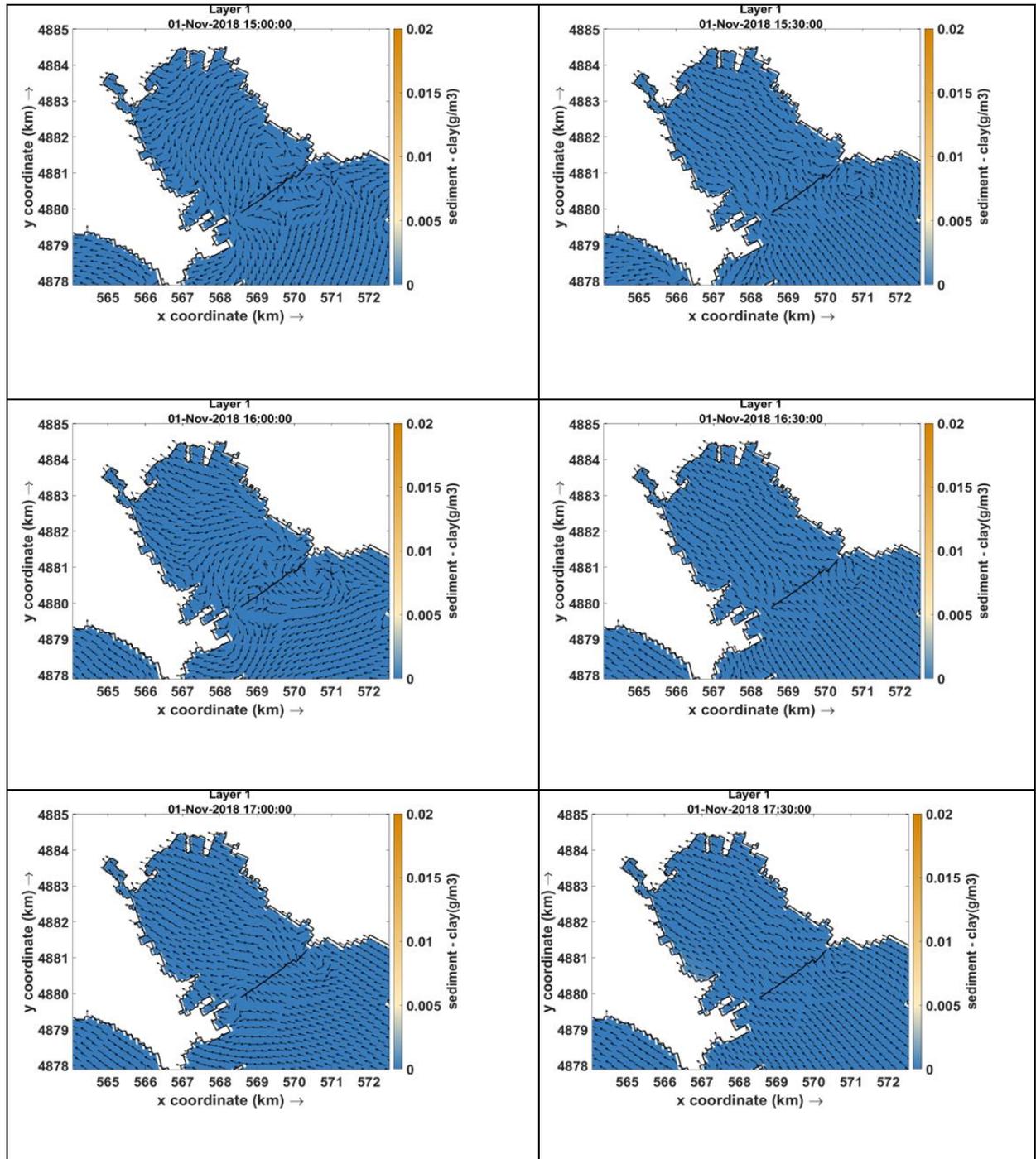
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 30 di 52

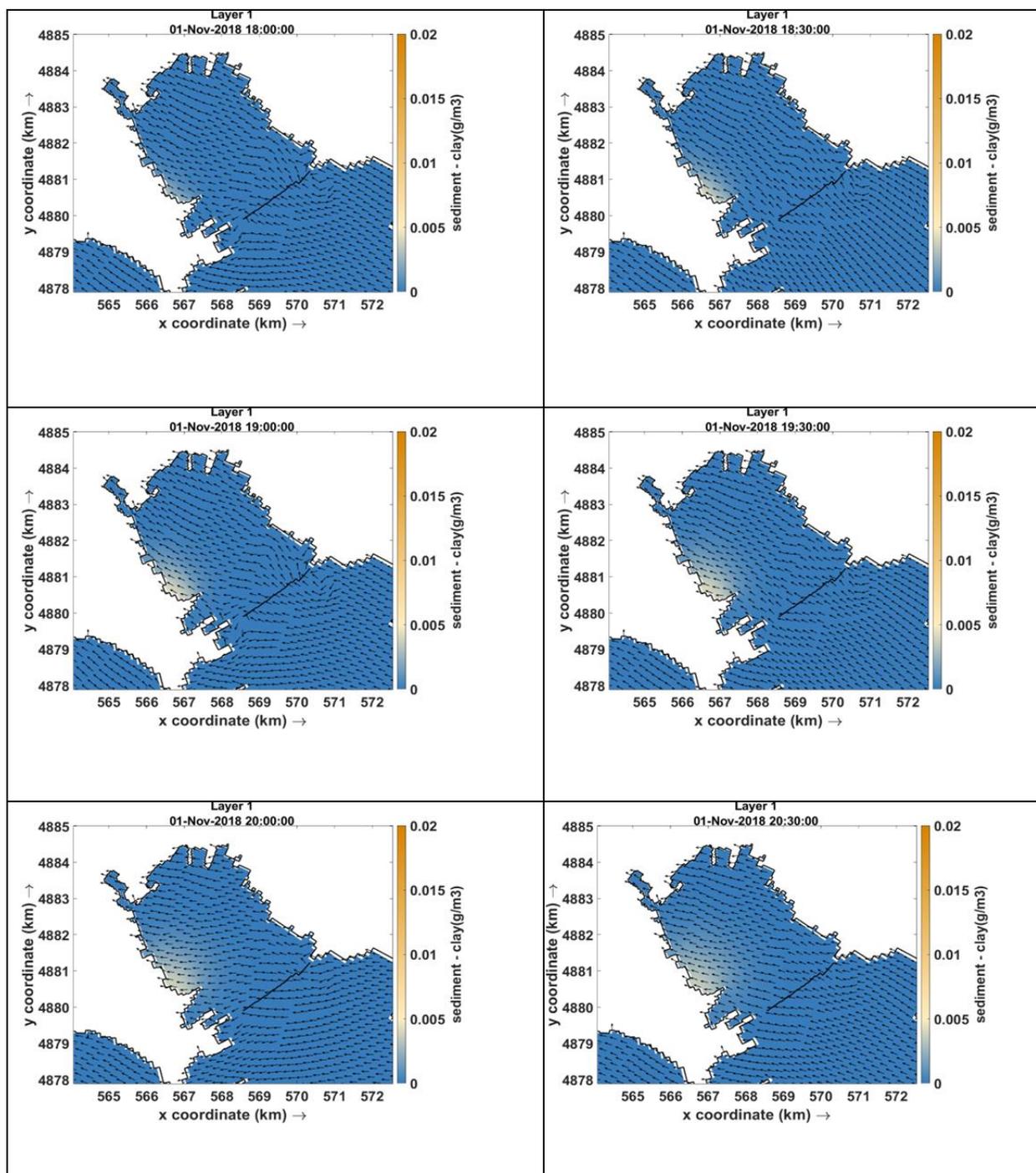
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.5. Scenario 8 – Layer 1 – 15 min



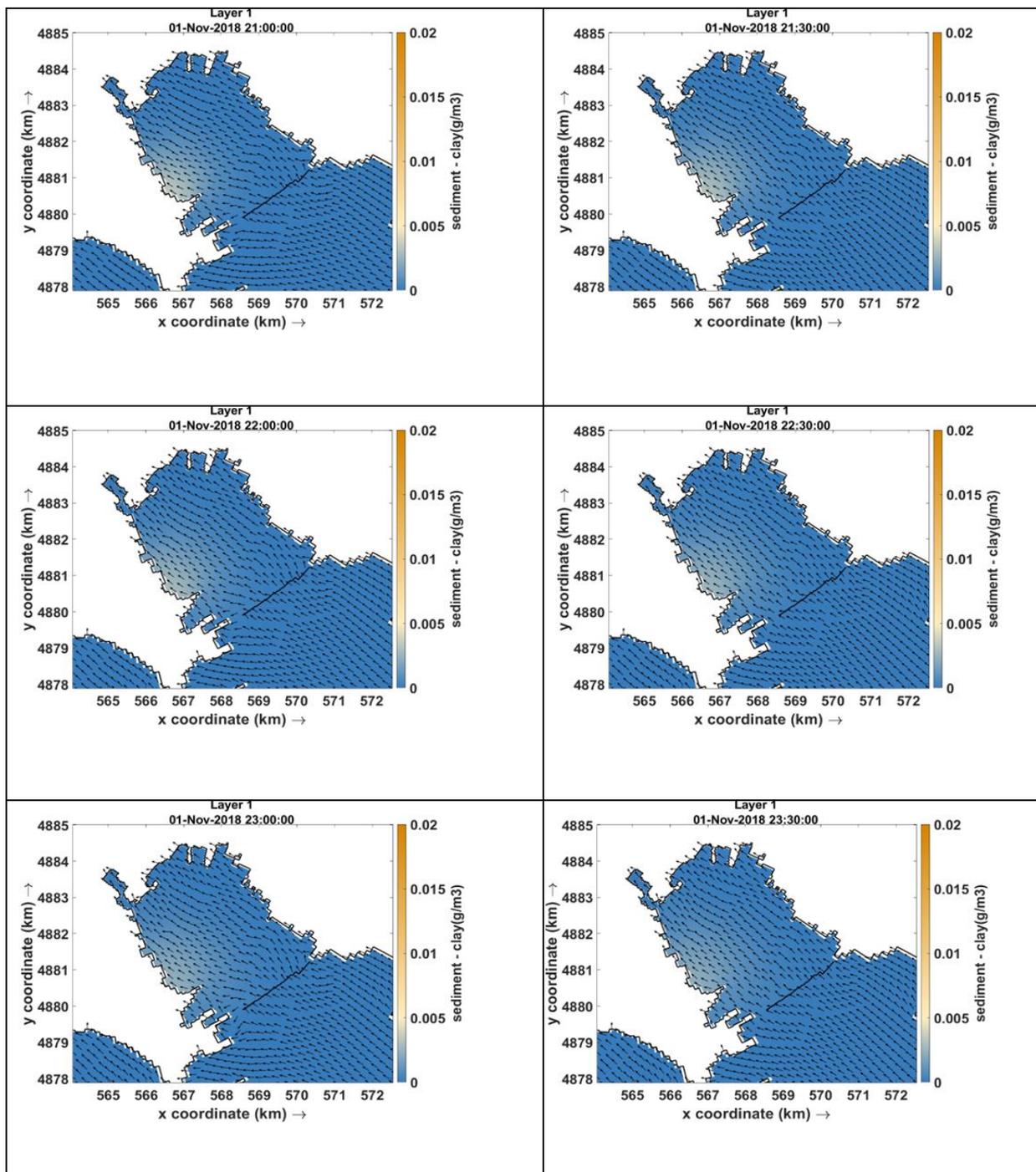
	PROGETTISTA TECHINT Engineering & Construction	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 31 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 32 di 52

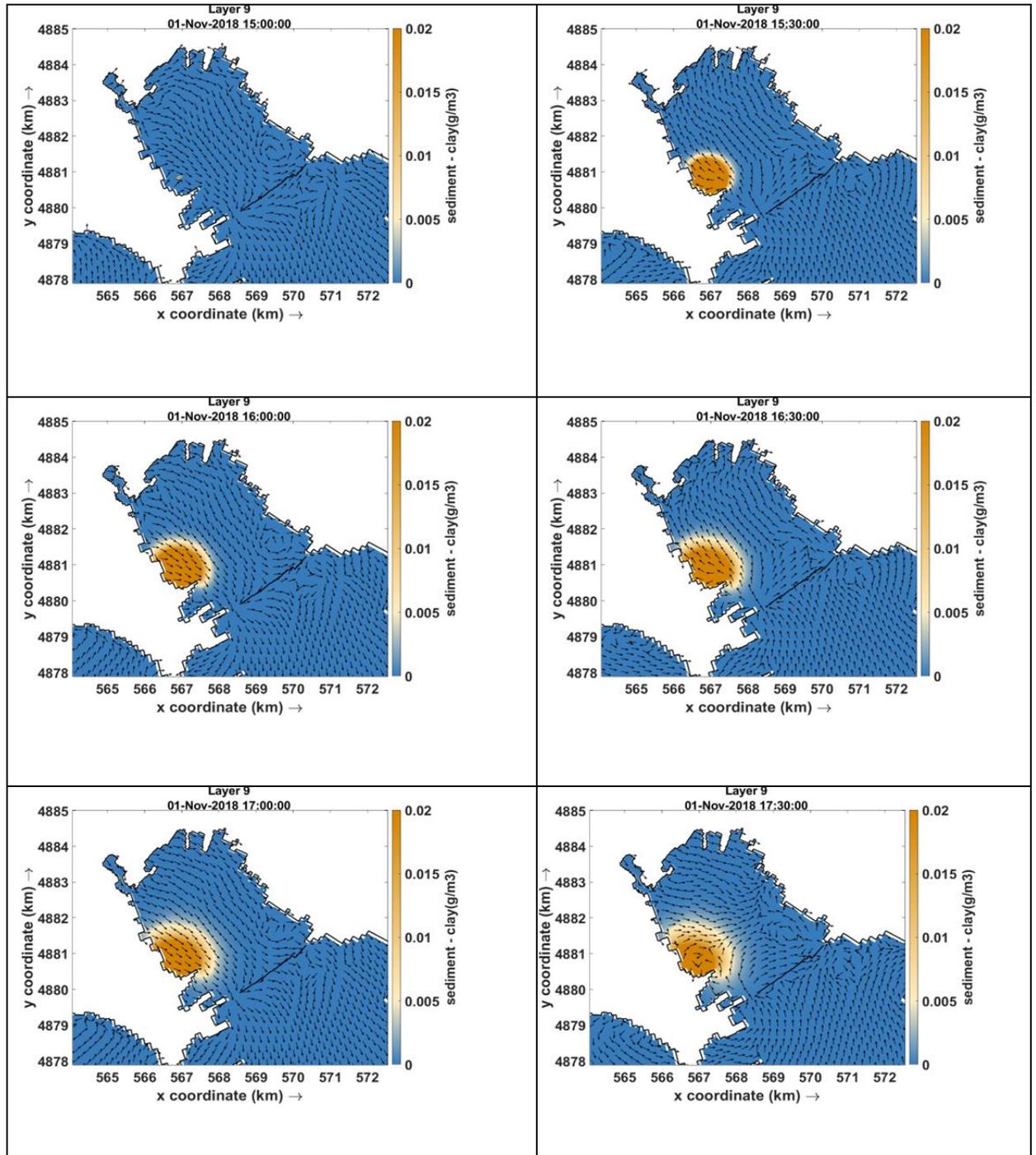
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 33 di 52

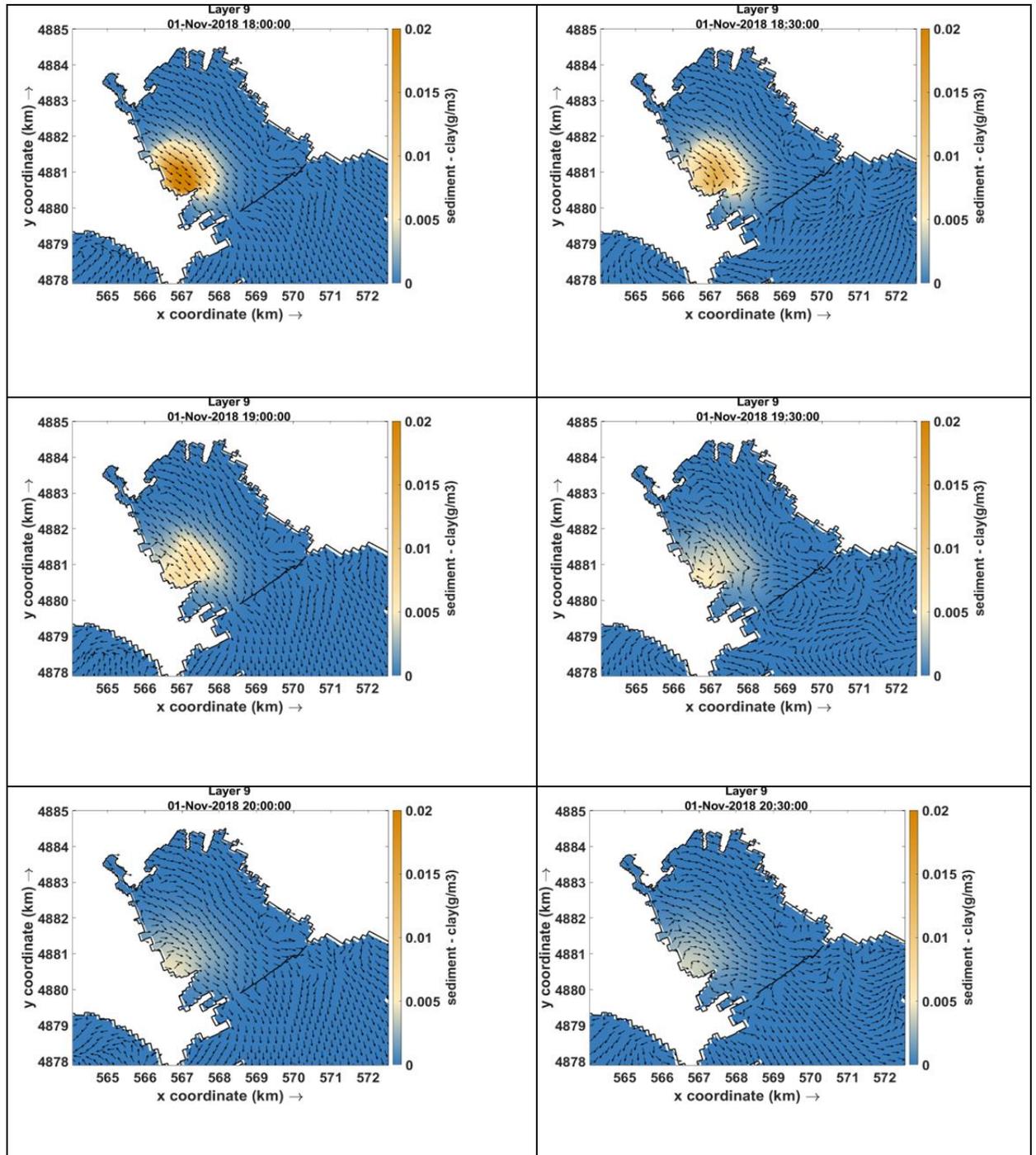
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.6. Scenario 8 – Layer 9 – 15 min



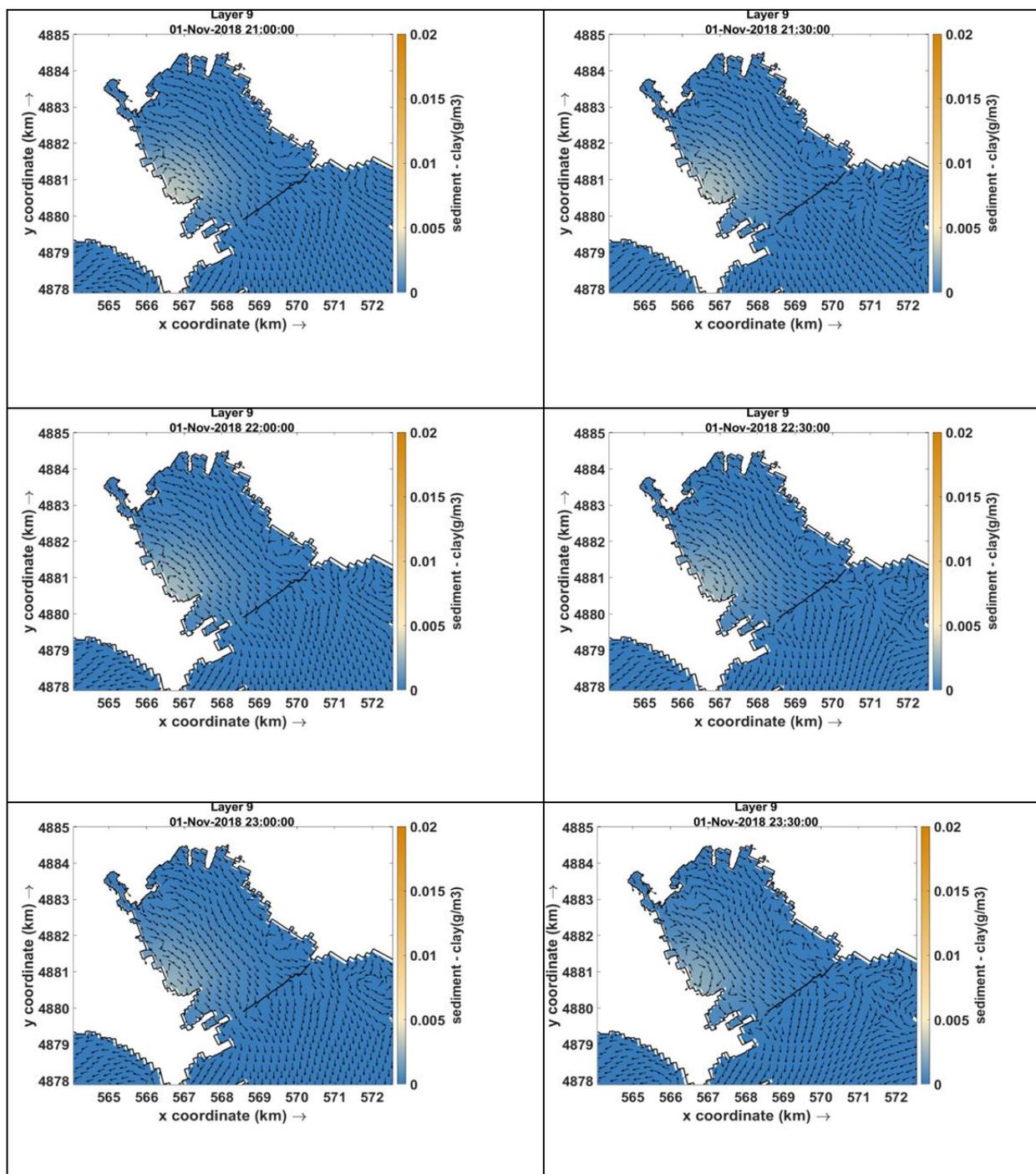
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 34 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 35 di 52

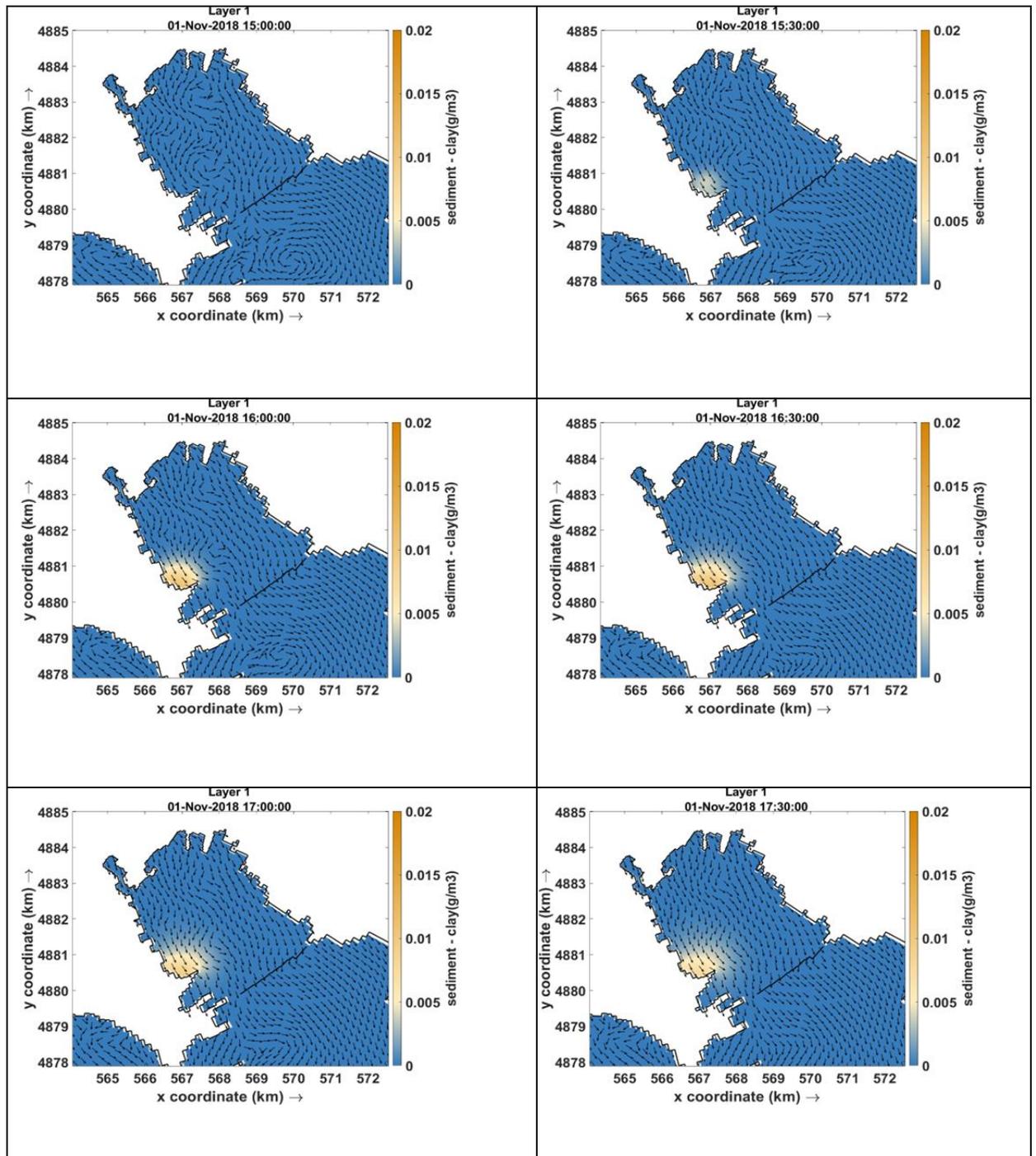
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 36 di 52

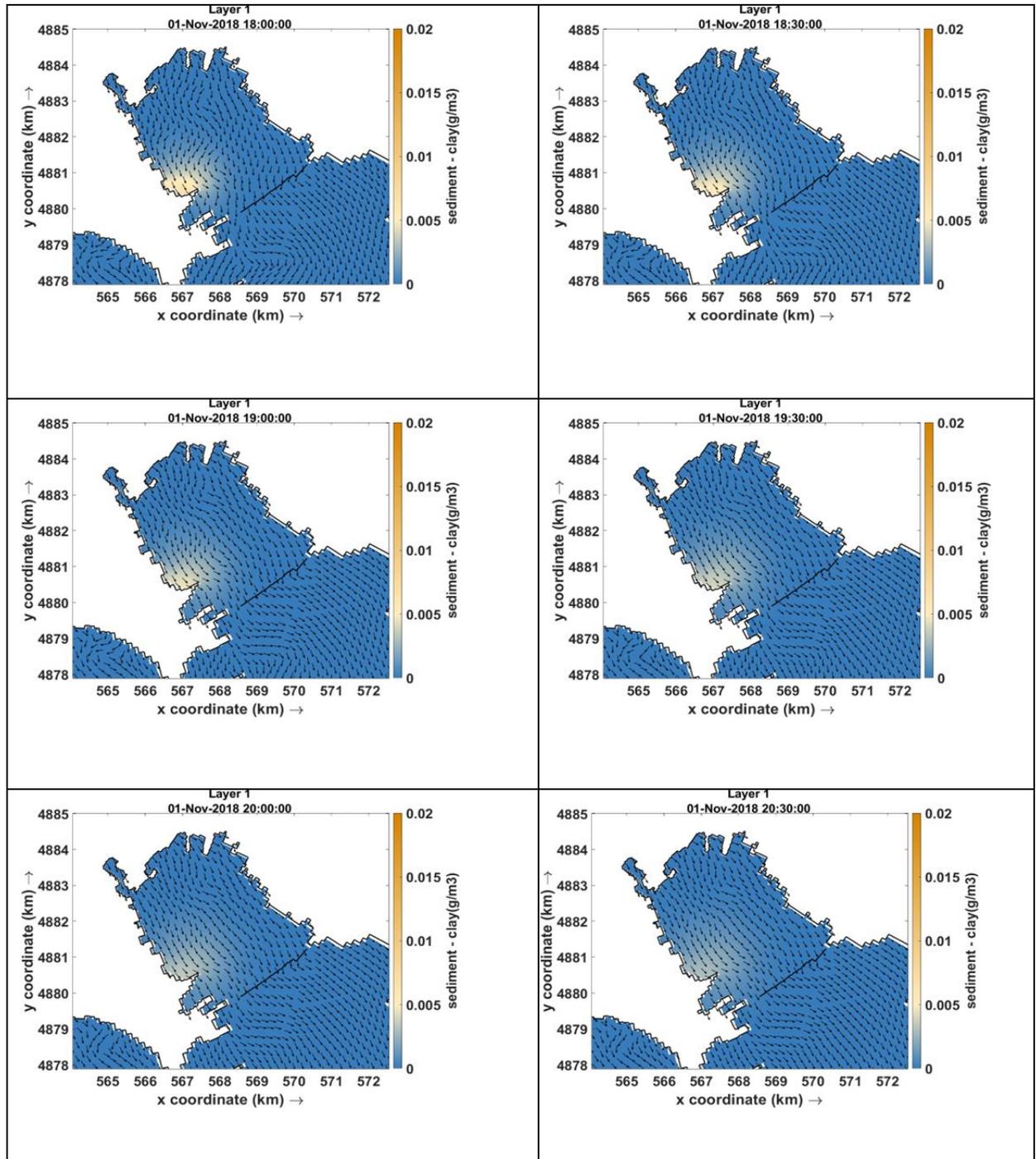
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.7. Scenario 12 – Layer 1 – 15 min



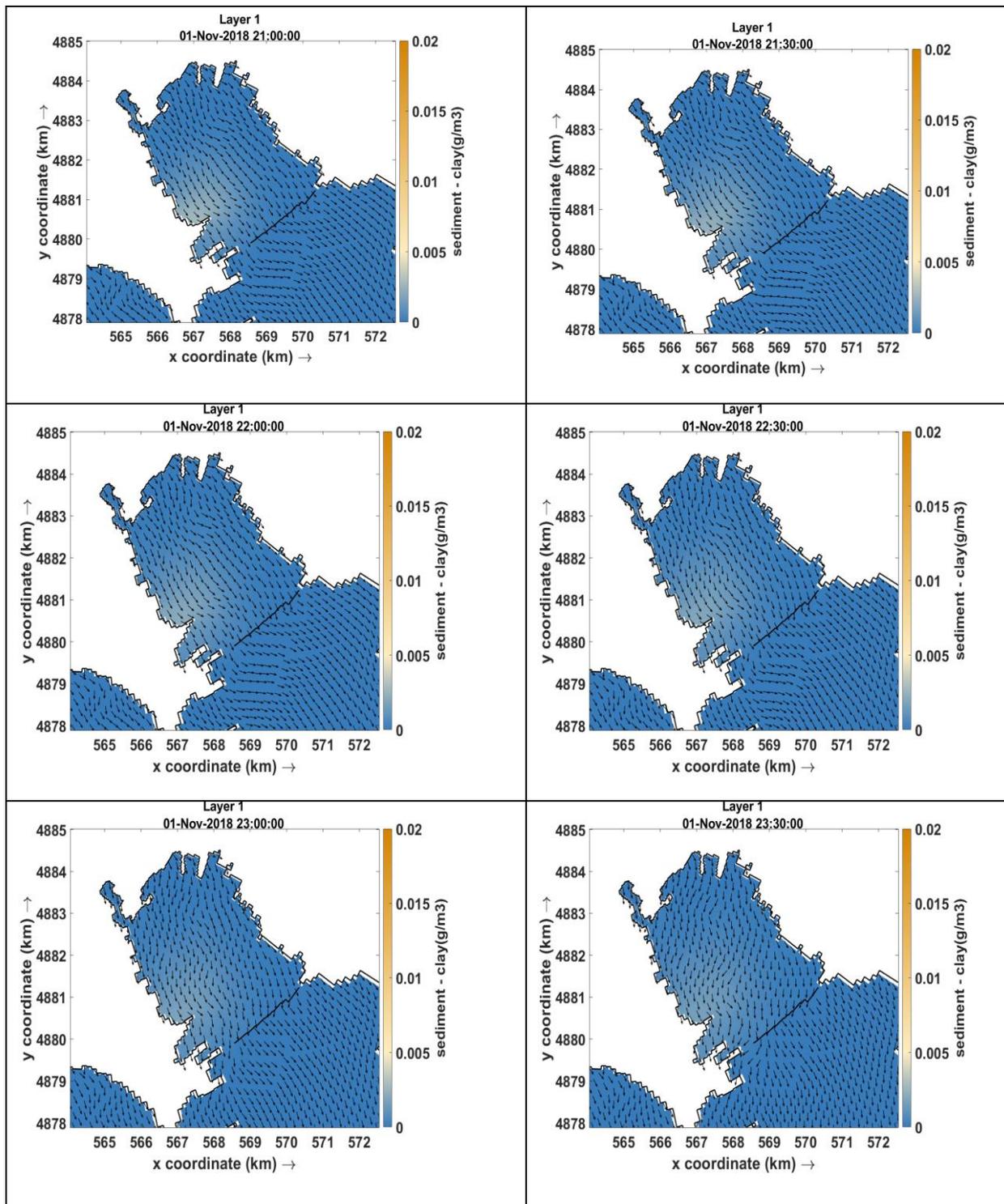
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 37 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 38 di 52

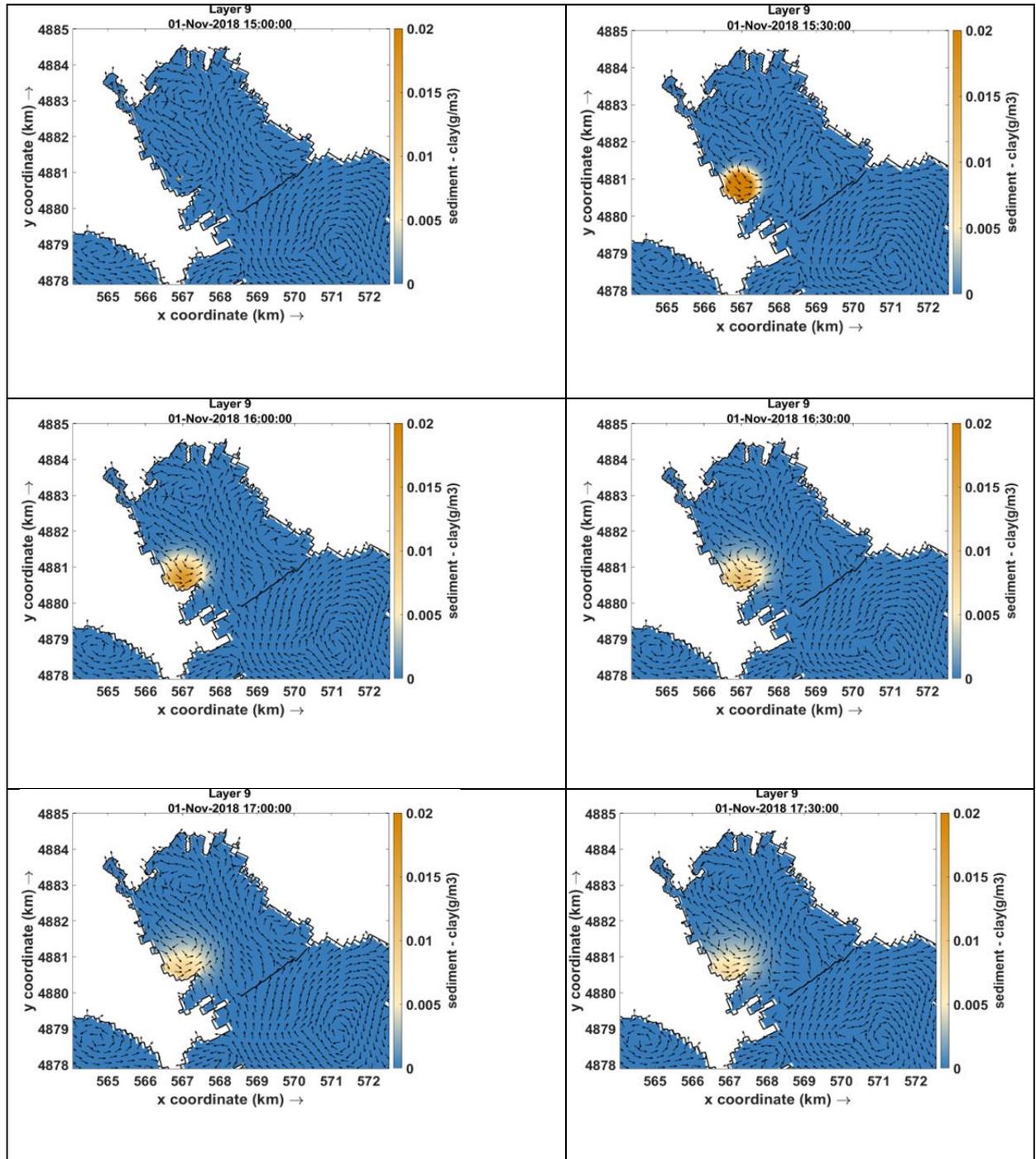
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 39 di 52

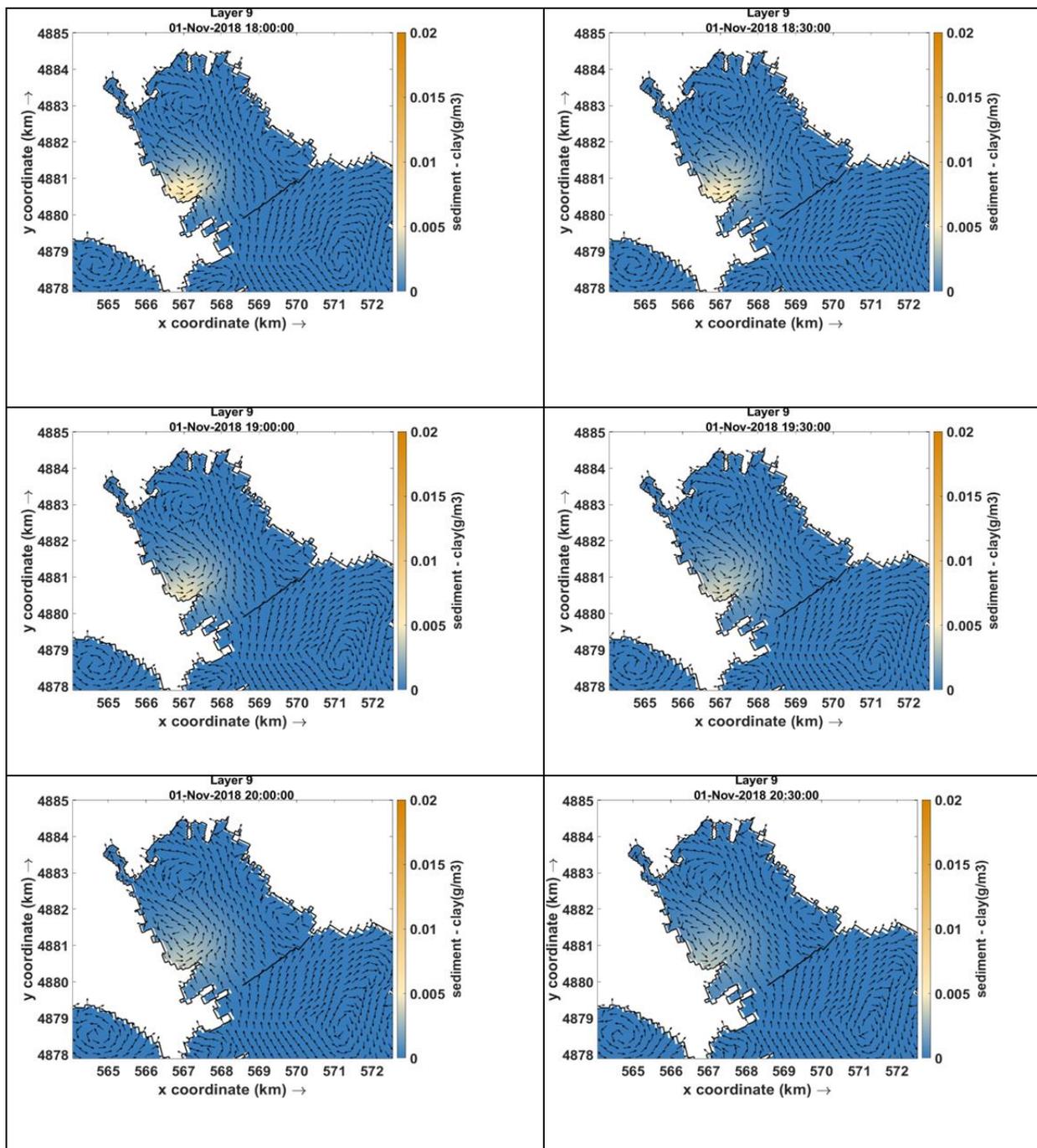
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.8. Scenario 12 – Layer 9 – 15 min



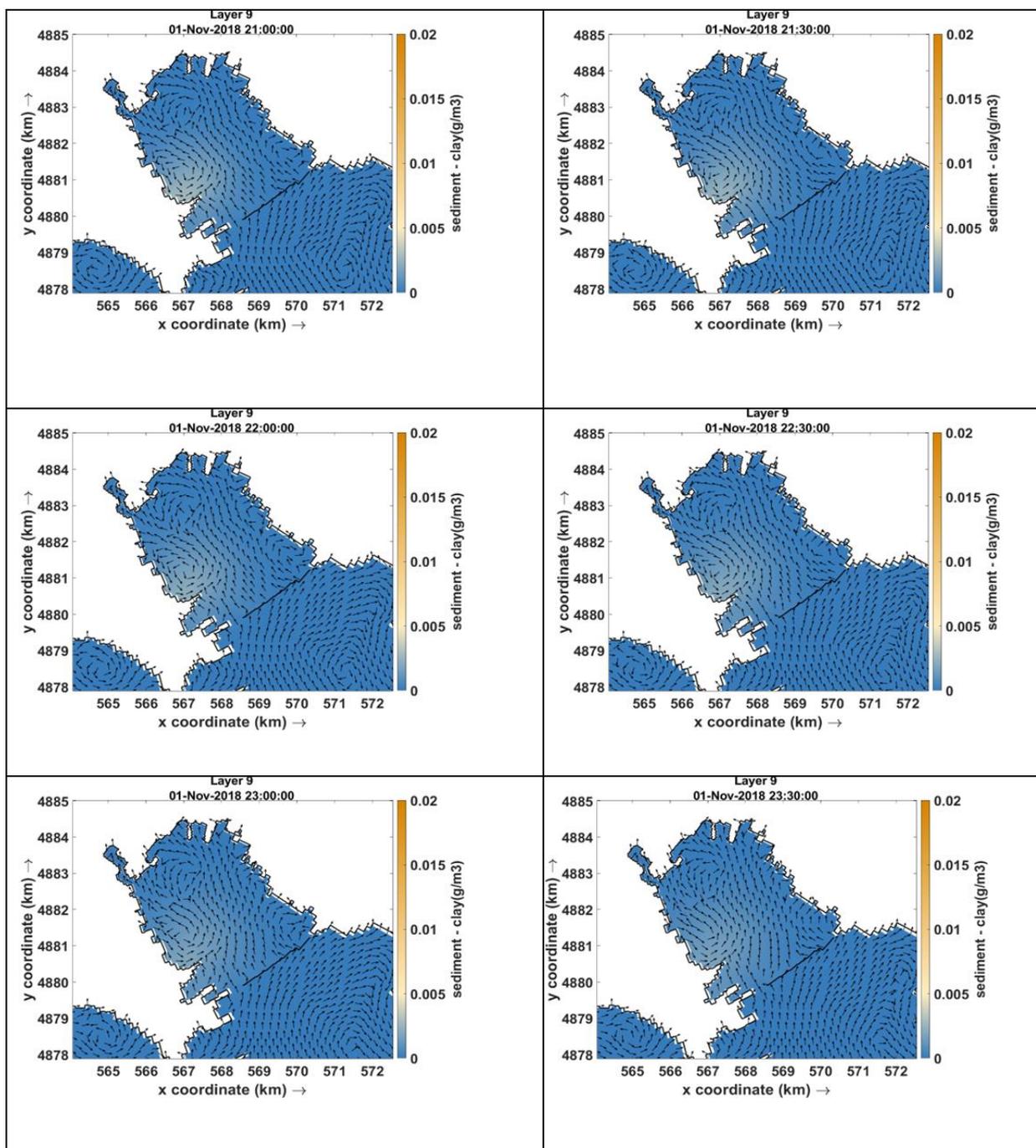
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 40 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 41 di 52

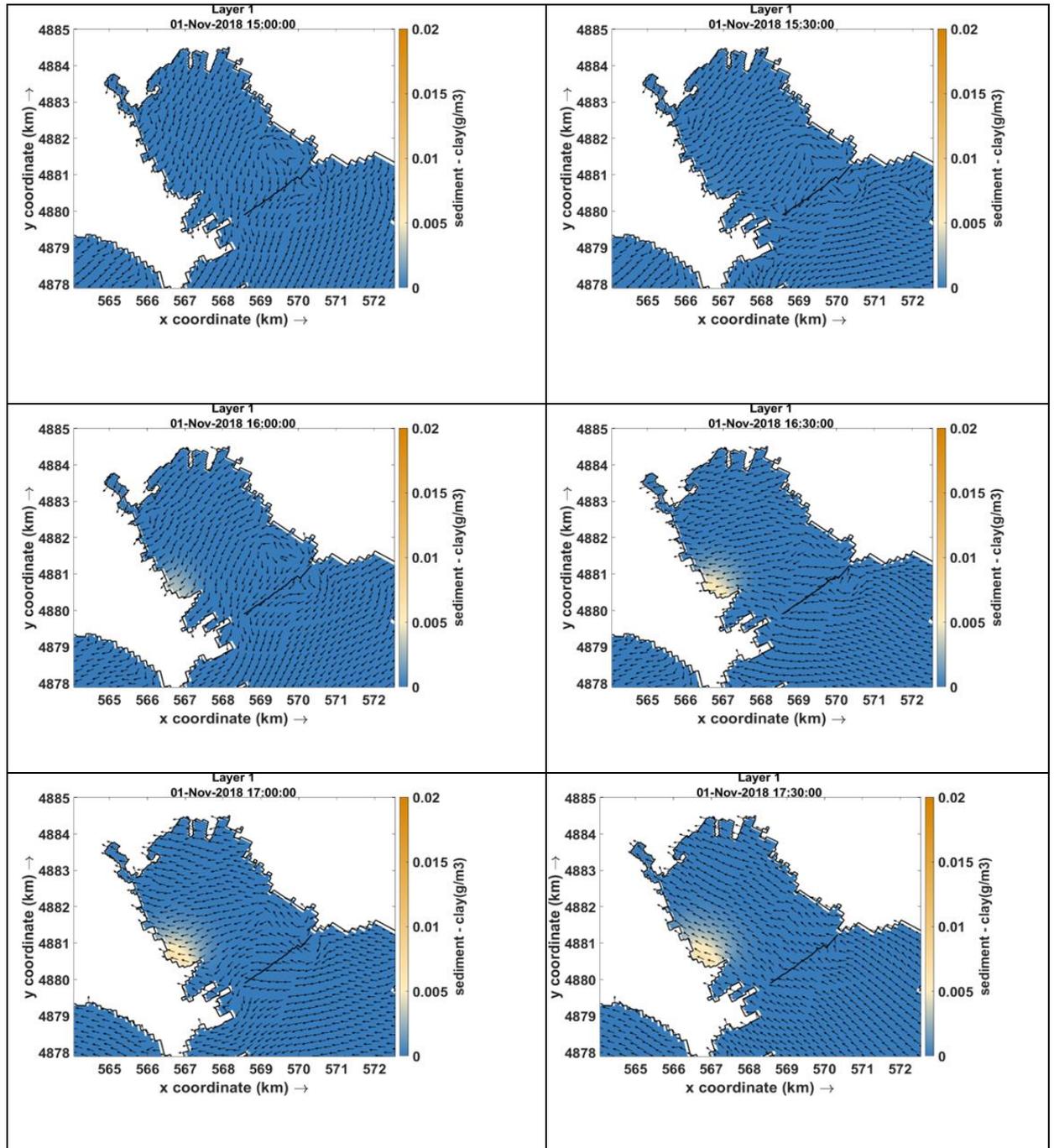
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 42 di 52

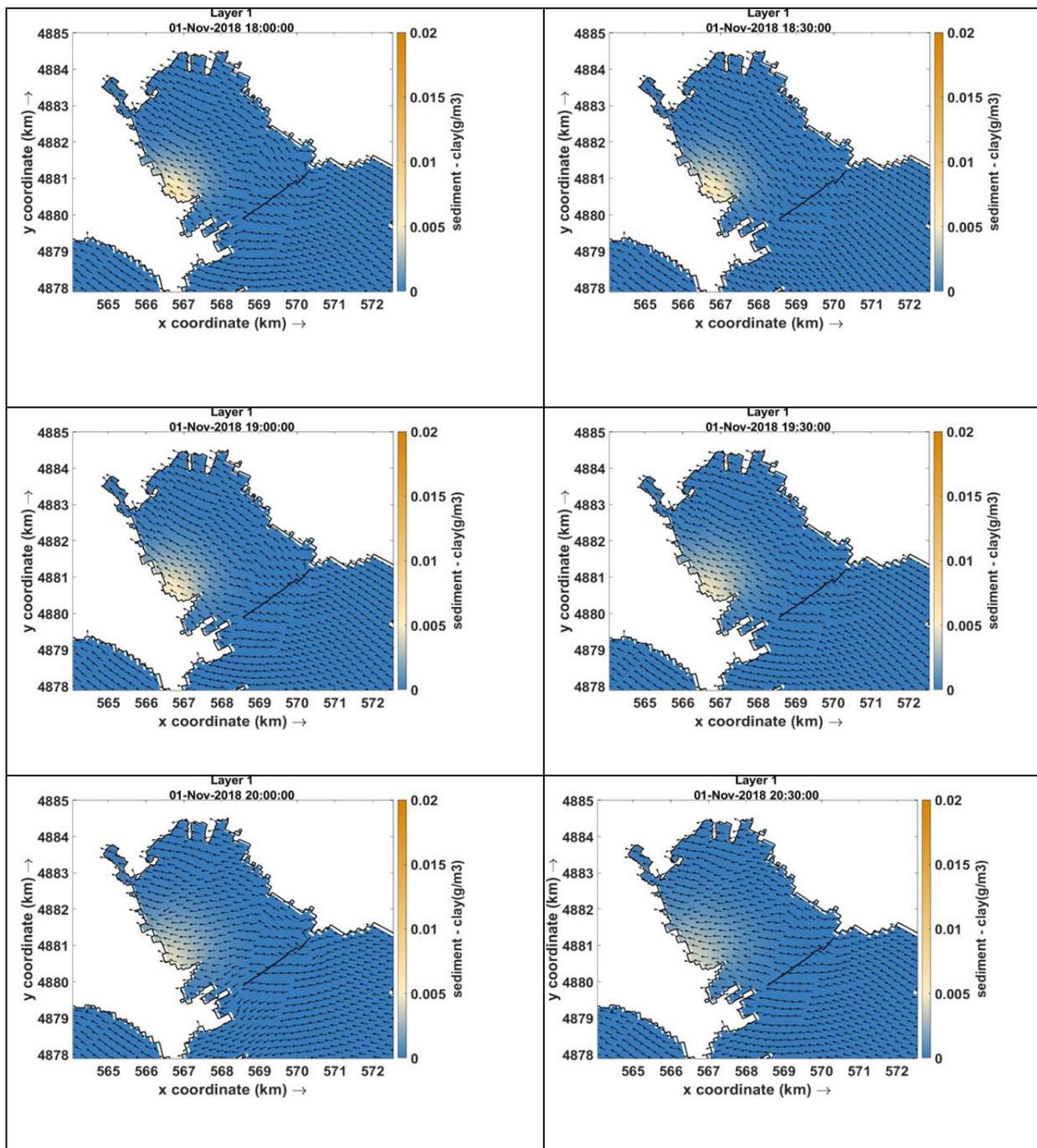
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.9. Scenario 17 – Layer 1 – 15 min



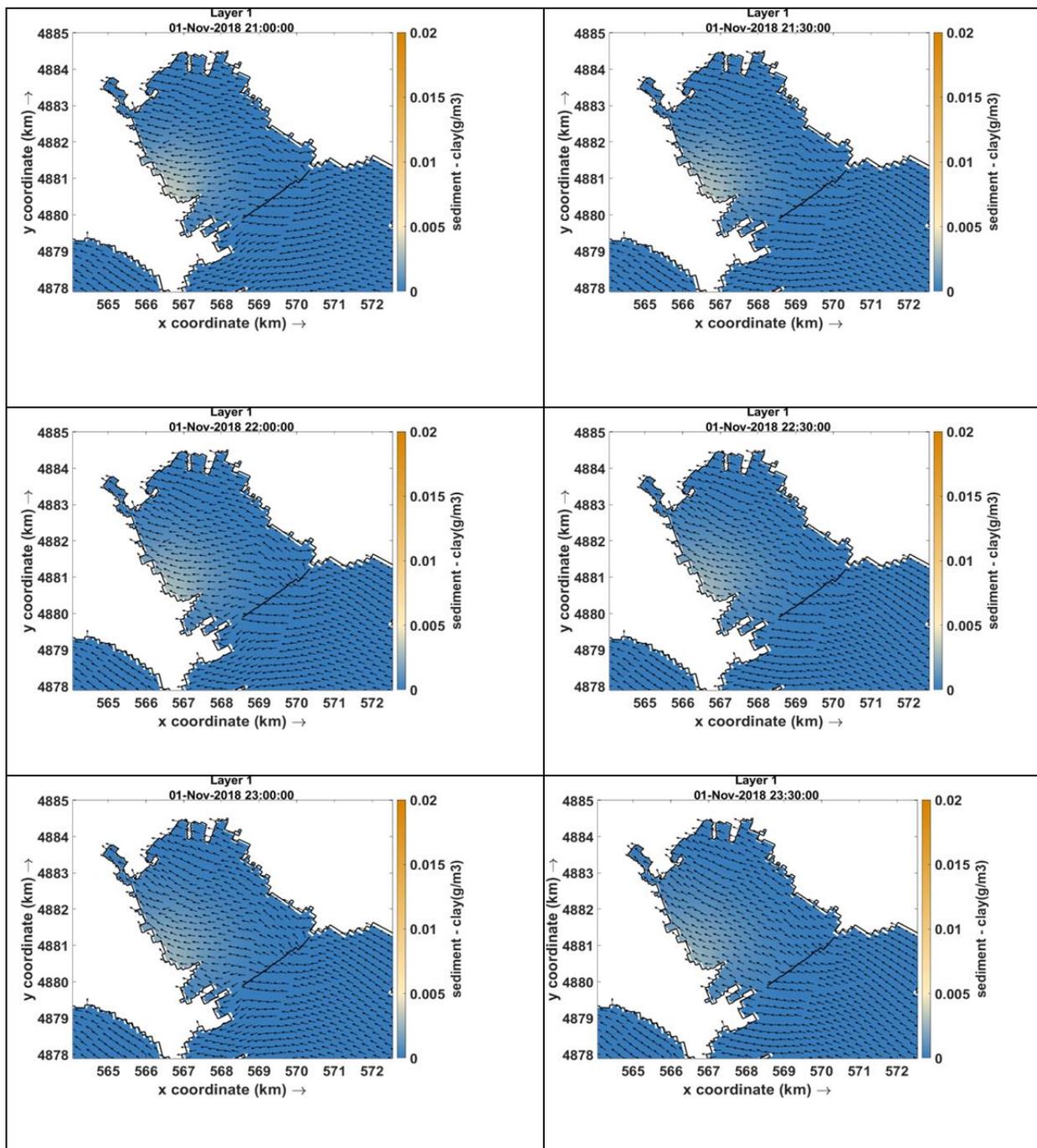
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 43 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 44 di 52

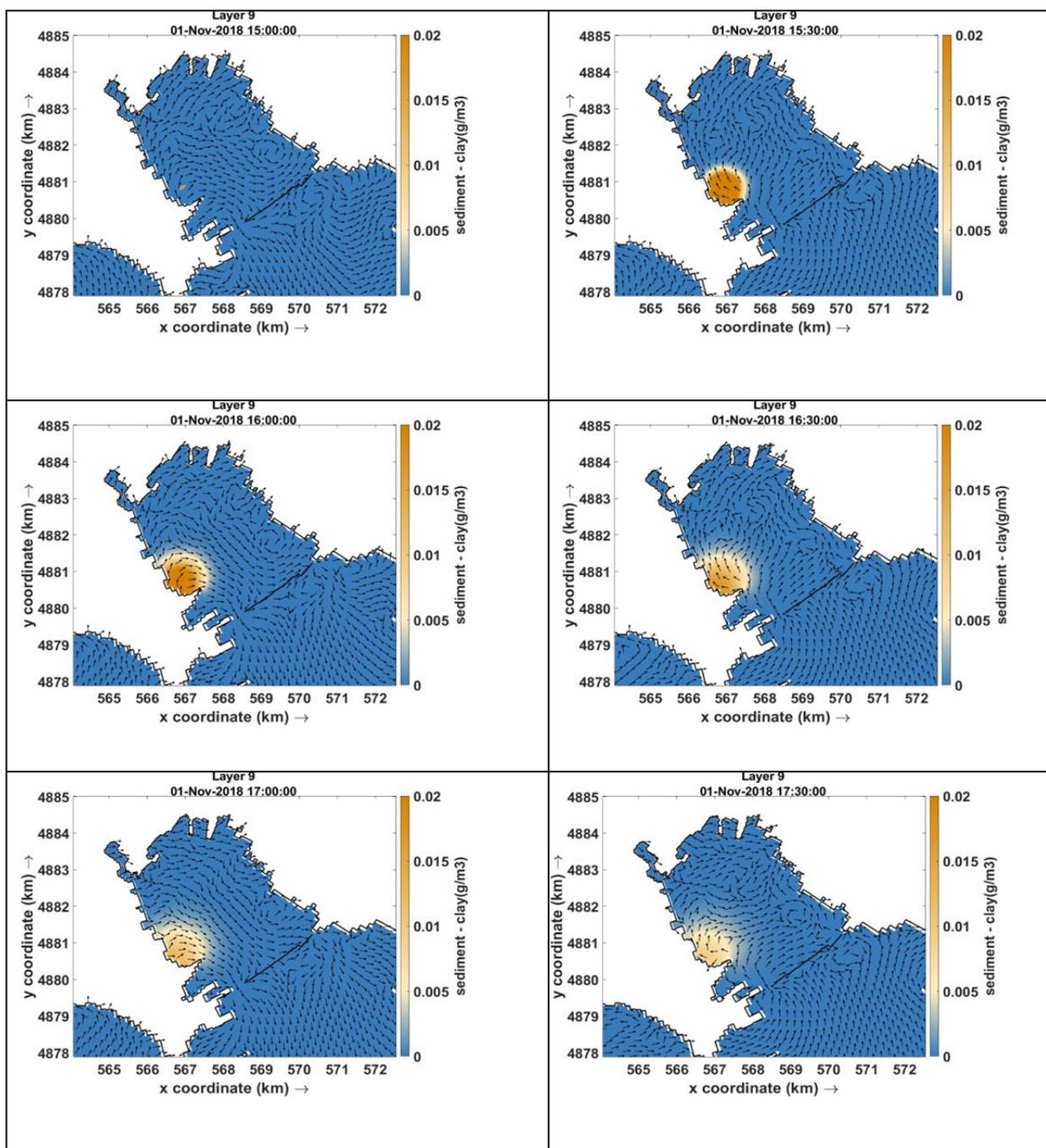
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 45 di 52

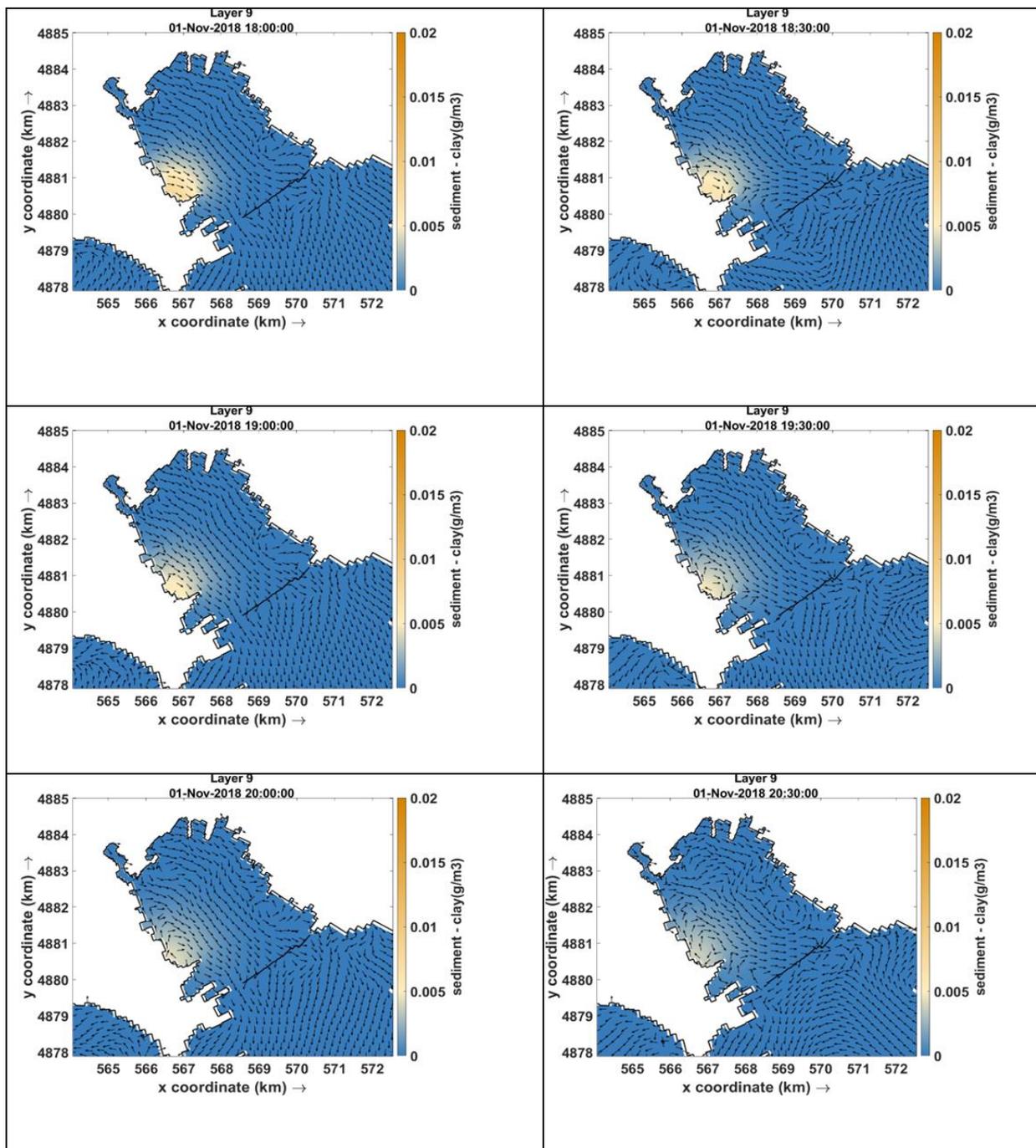
Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

5.10. Scenario 17 – Layer 9 – 15 min



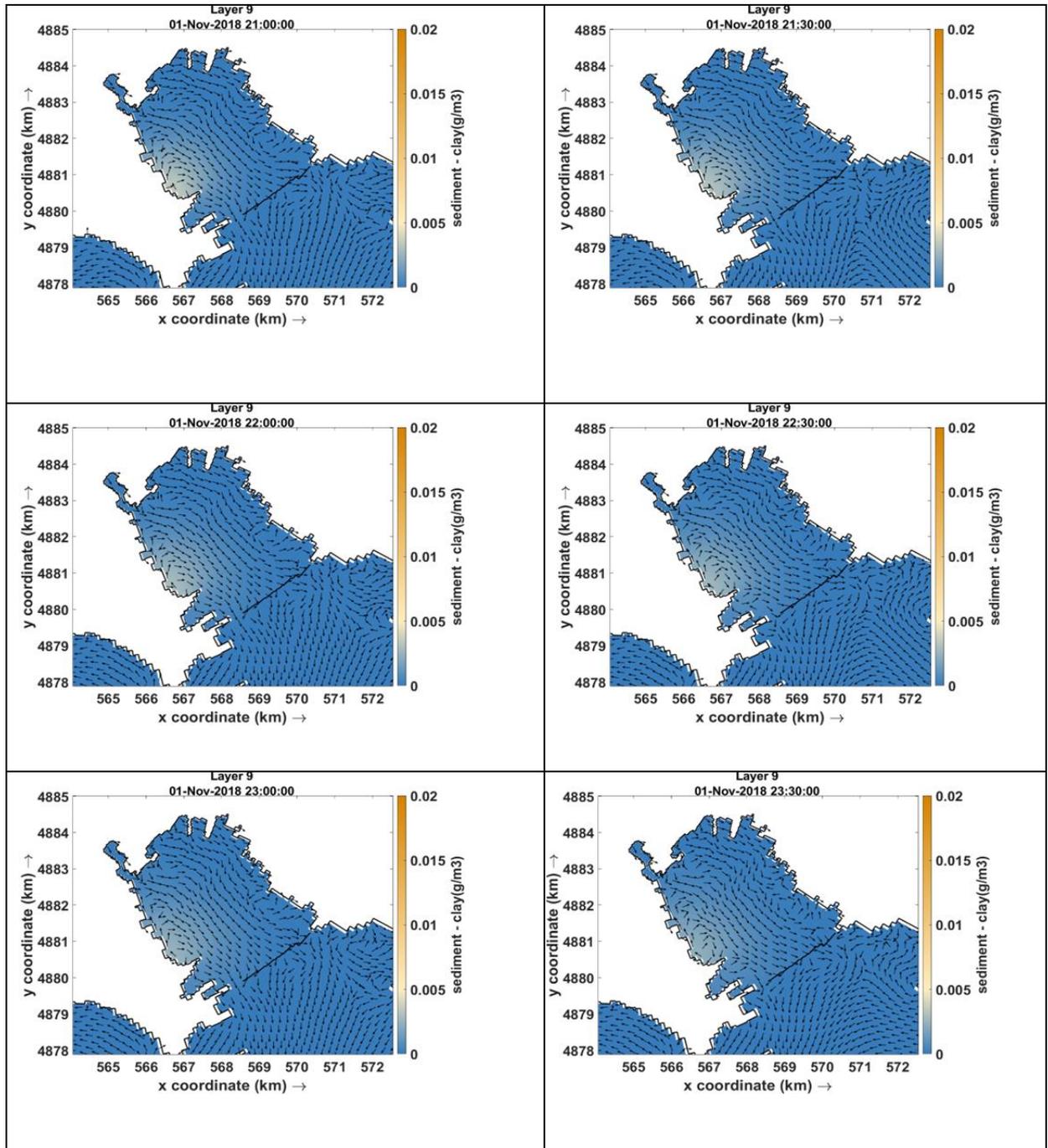
	PROGETTISTA TECHINT Engineering & Construction	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fig. 46 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 47 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

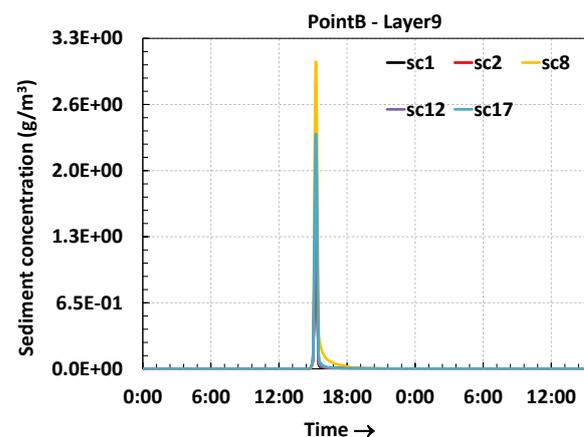
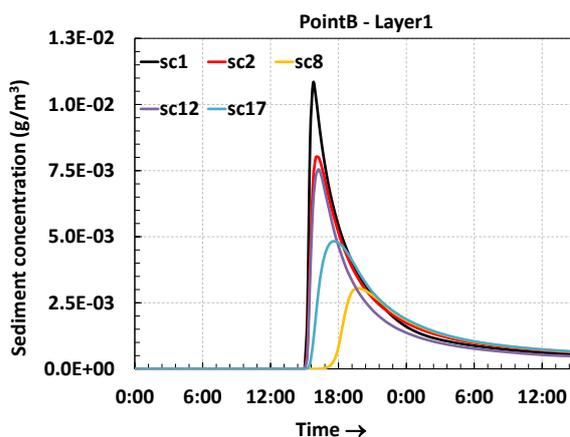
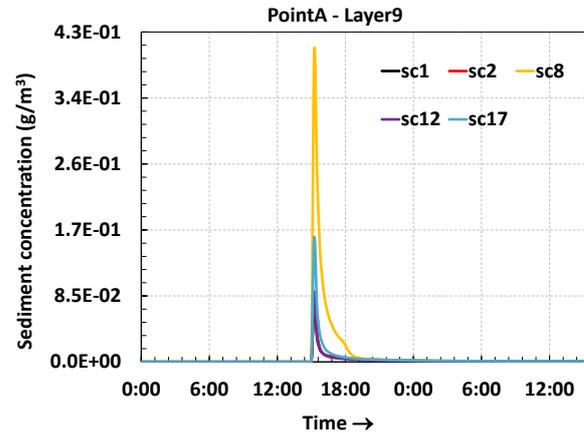
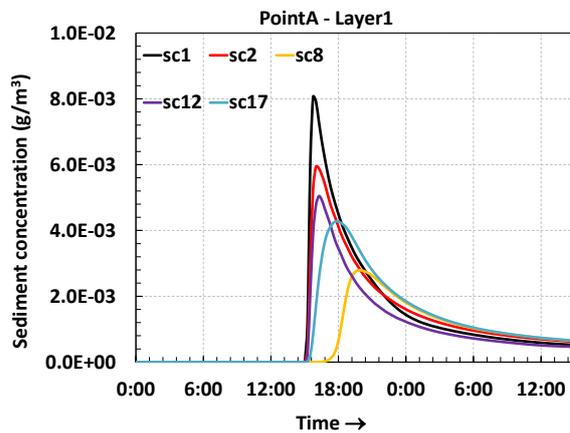


	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 48 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

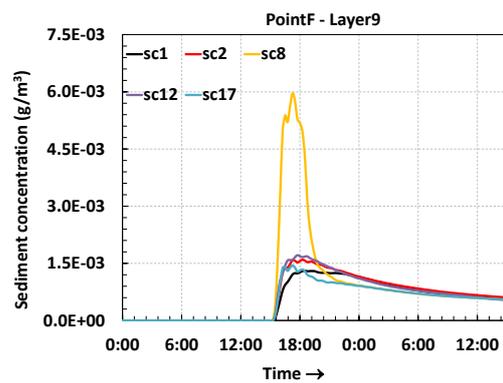
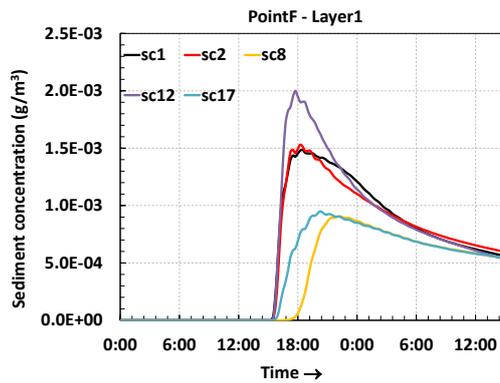
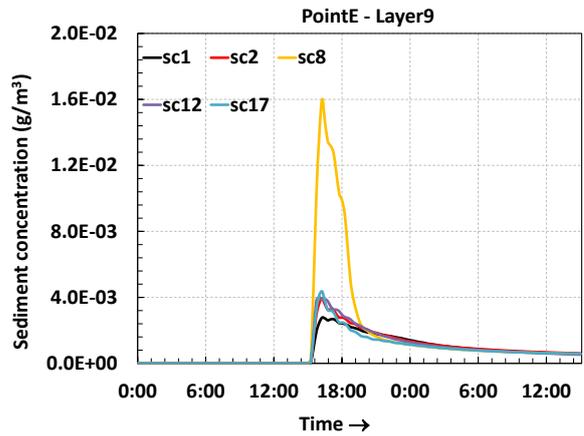
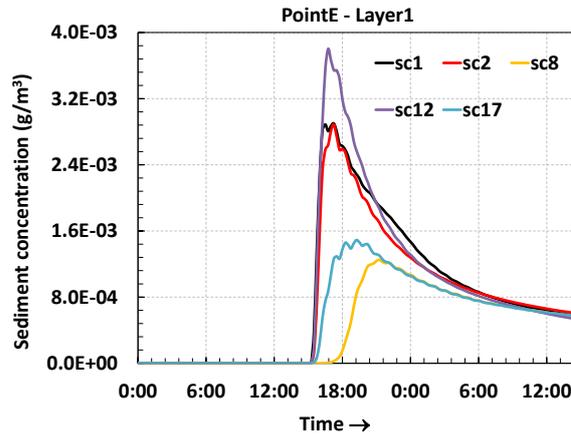
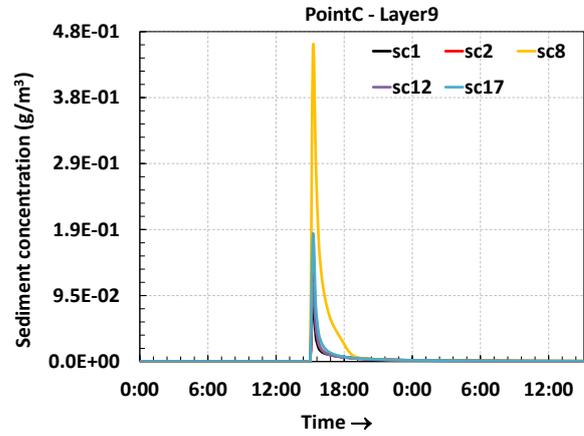
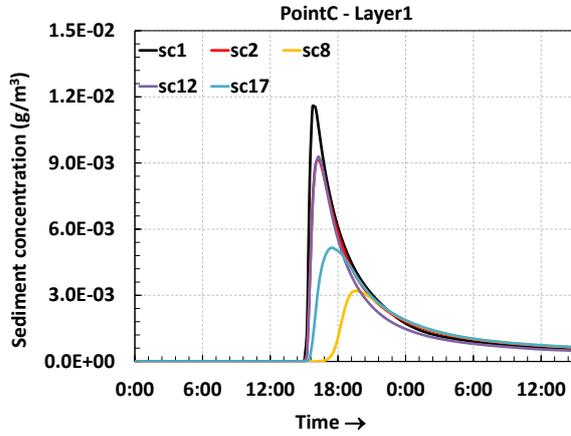
I grafici che seguono riportano l'andamento della concentrazione del sedimento nei due layer (1 e 9) espressa in g/m^3 . Normalmente le scale che vengono utilizzate nelle rappresentazioni grafiche devono riportare lo stesso range di misura per permettere confronti tra i grafici stessi: nel nostro caso per l'asse Y delle ordinate, a causa della ridotta quantità di materiale sospeso simulato nel rilascio, abbiamo dovuto utilizzare range che ci permettessero di visualizzare, e apprezzare, l'andamento della concentrazione. Questo ha permesso di non dover inserire grafici vuoti nel testo qualora si fosse utilizzato un unico ampio range.

Quindi l'asse Y indica l'andamento della concentrazione del sedimento nel tempo nei due livelli, andamento che deve essere considerato contestualmente al range che viene indicato nel grafico. È importante notare come i range possano differire notevolmente da grafico a grafico.



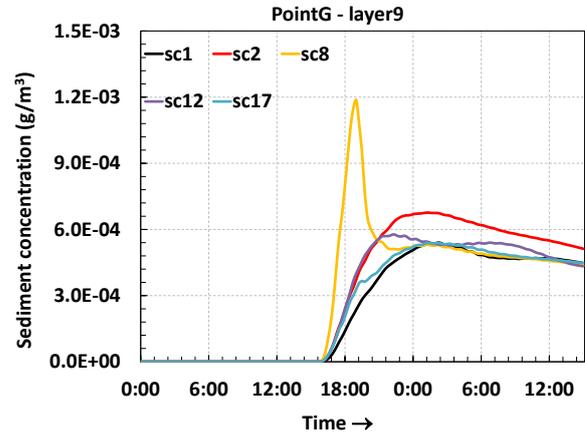
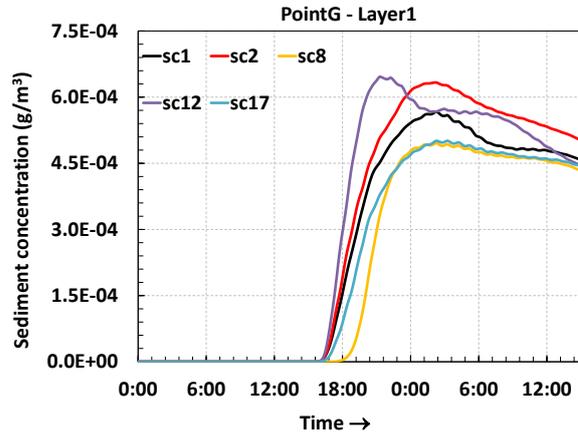
	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 49 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA		REL-AMB-E-09109
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE		Fg. 50 di 52

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109



	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 51 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

6. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato redatto al fine di verificare in maniera cautelativa gli eventuali effetti delle lavorazioni di adeguamento dell'esistente pontile principale del Terminale di Panigaglia, in termini di aumento di torbidità in acqua. Tale intervento di adeguamento prevede l'infissione dei pali (attraverso battitura e vibroinfissione) a sostegno delle nuove briccole di accosto e di ormeggio.

Si precisa tuttavia che l'installazione dei pali in mare, combinata alla composizione del sedimento prevalentemente limoso costituente il fondale prossimo al pontile secondario, non dovrebbe comportare un aumento di torbidità, poiché il materiale potenzialmente immesso è pari esclusivamente alla circonferenza del palo stesso (si veda dettaglio geometria palo nel cap. 1), pertanto di una superficie molto limitata.

Il valore di torbidità ante-operam è stato determinato attraverso la caratterizzazione chimico-fisica e dinamica dell'area molo secondario, effettuata dall'Università degli Studi di Genova – DISTAV in data 26 e 27 febbraio 2021. Da tale caratterizzazione è emerso un valore di torbidità massima durante i due giorni di rilevamento pari a 33 gr/m³ ovvero 33 mg/L, identificato come riferimento ante operam da non superare durante le lavorazioni in oggetto, come indicato nella Verifica di Ottemperanza alle condizioni ambientali contenute nel Parere della CTVIA n. 451 del 28/03/2022 allegato al Decreto di esclusione da VIA, DM n. 108 del 20/06/2022 (Condizione Ambientale n. 3), ottemperata positivamente visto il contributo della Regione Liguria di cui al prot. 2023-1462993 del 02/11/2023 trasmesso alla Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA/VAS del Ministero della Transizione Ecologica.

I risultati presentati relativi all'evoluzione temporale in prossimità delle stazioni di controllo virtuali mostrano come il decadimento della concentrazione segua un classico andamento esponenziale con tempi contenuti di decadimento (e-folding time nel caso peggiore rappresentato dallo scenario 8, ovvero dalle condizioni assimilabili a "bonaccia", pari a circa 3 ore; l'e-folding time è il tempo per cui la concentrazione in esame decade di circa il 64% e quindi subisce una forte diluizione; più il tempo di e-folding time è corto, meno saranno gli impatti risultanti dalla nuvola di torbida nella posizione di misura dell'e-folding time).

È necessario sottolineare anche come i risultati ottenuti mostrino che le quantità di sedimento in sospensione siano molto limitate (frazioni di grammi a metro cubo, con valori quindi di tre ordini di grandezza rispetto al valore di riferimento di 33 mg/L, sempre nel caso peggiore corrispondente allo scenario 8) e subiscano un decadimento significativo in tempi contenuti.

Inoltre, è anche apprezzabile come per le concentrazioni fuori dal paraggio di Panigaglia (punti di monitoraggio E, F e G) i valori della concentrazione siano significativamente inferiori rispetto a quelli osservati all'interno del paraggio (nella maggioranza dei casi i valori appaiono addirittura trascurabili o quasi nulli).

Il valore di fondo di 33 gr/m³ ovvero 33 mg/L, identificato come riferimento ante operam da non superare durante le lavorazioni viene rispettato già nelle vicinanze del punto di infissione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/G21016	UNITA' 000
	PROGETTO / IMPIANTO AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO - IMPIANTO GNL DI PANIGAGLIA	REL-AMB-E-09109	
	DOCUMENTO SIMULAZIONE DELLA DIFFUSIONE DELLA TORBIDITÀ DURANTE L'INFISSIONE DEI PALI NEL PARAGGIO DEL TERMINALE DI PANIGAGLIA - MOLO PRINCIPALE	Fg. 52 di 52	Rev. 00

Rif. Cod. Soc. Prog.: 0698-TITA-H-DA-000-109

Alla luce di quanto indicato dalle simulazioni, l'eventuale nuvola torbida che potenzialmente potrebbe risospendere, in base ai parametri utilizzati per le simulazioni stesse, avrebbe concentrazioni molto limitate anche nello scenario peggiore e resterebbe principalmente confinata nell'area del Terminale GNL senza interagire con le attività presenti nelle aree intorno. Inoltre, l'eventuale dispersione all'esterno dell'area del terminale presenta valori talmente limitati di sedimento in sospensione per cui è possibile stimare un impatto trascurabile sull'ambiente marino.