

Progetto

SINAPSI

asSistenza alla Navigazione per l'Accesso ai Porti in Sicurezza



**OUTPUT T2.1: MODELLI NUMERICI DELLE CONDIZIONI METEO-MARINE
ALL'INTERNO DEI PORTI**

Partner responsabile: UNIGE

Partner contributori: CNR-ISMAR, UTLN, ADSP-MTS, LaMMA, ERI, CCI VAR



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

INDICE

<i>Descrizione del prodotto</i>	1
<i>Description du livrable</i>	1
1. INTRODUZIONE	1
2. PUNTI DI FORZA E DEBOLEZZA DEI MODELLI NUMERICI	1
3. MODELLI COMUNEMENTE USATI	2
3.1 Solutori Navier-Sokes (CFD)	2
3.2 Modelli Idrostatici	3
3.3 Modelli a Potenziale	3
3.4 Shallow Water Equations	3
3.5 Boussinesq	4
3.6 Modelli Spettrali	4
4. MODELLI OPEN SOURCE USATI IN CAMPO COSTIERO	7
4.1 ROMS	7
4.2 DELFT3D	7
4.3 Open-Telemac	7
4.4 NEMO	8
4.5 SHYFEM	8
4.6 CMS	8
4.7 Conclusioni	8
5. APPLICABILITÀ DI DELFT3D PER IL FORECAST IN AREE PORTUALI	9
6. APPLICABILITÀ DI NEMO E CMS NELL'AREA PORTUALE DI TOLONE	14
<i>Bibliografia</i>	16



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

Descrizione del prodotto

Il progetto SINAPSI ha previsto uno studio di valutazione dell'applicabilità di diversi modelli numerici per la descrizione dell'idrodinamica all'interno dei bacini portuali che ne ha permesso la definizione condivisa tra i Partners.

Description du livrable

Le projet SINAPSI comprenait une étude visant à évaluer l'applicabilité de différents modèles numériques pour la description de l'hydrodynamique dans les bassins portuaires, ce qui a permis leur définition commune par les Partenaires.

1. INTRODUZIONE

Lo scopo della modellistica è la previsione del comportamento di un sistema fisico sottoposto ad un cambiamento a partire dalle sue condizioni iniziali. L'obiettivo è quello di esaminare un sistema che viene sollecitato da azioni esterne al fine di valutare l'evoluzione del sistema stesso.

A causa della loro complessità, gli studi legati alla meccanica dei fluidi ambientale sono stati tradizionalmente condotti con modelli fisici. I modelli fisici sono solitamente dei modelli che riproducono a scala più piccola, utilizzando le leggi di similitudine, il sistema reale da analizzare.

Tuttavia, oggi, i modelli numerici guadagnano terreno soprattutto grazie alla crescente potenza di calcolo e al loro basso costo. I modelli numerici sono ormai in grado di descrivere accuratamente flussi turbolenti sia in campo ambientale che industriale. Comunque, l'applicazione dei modelli numerici nasconde molte insidie e il risultato finale potrebbe differire notevolmente dalla realtà se non si è consapevoli dei limiti e delle incertezze legate, per esempio, alla scelta dei parametri propri di ogni modello.

L'analisi dei punti di forza e debolezza dei modelli numerici è un prezioso strumento per avere una adeguata consapevolezza dello strumento in esame.

2. PUNTI DI FORZA E DEBOLEZZA DEI MODELLI NUMERICI

Al giorno d'oggi la maggior parte dei modelli e dei codici numerici sono stati validati per i casi più comuni dei moti a superficie libera. È presente un'ampia documentazione che testimonia il fatto che i modelli numerici possano rappresentare adeguatamente molti processi fisici nel campo della meccanica dei fluidi ambientale.



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

I vantaggi della modellistica numerica sono il basso costo rispetto alla modellistica fisica e la quantità di possibili diverse configurazioni e opzioni che è possibile approntare senza costi aggiuntivi. Inoltre, vi è la possibilità di ripetere la simulazione anche parecchio tempo dopo la prima analisi.

La modellistica numerica può anche mitigare, sebbene solo parzialmente, due dei maggiori punti deboli della modellistica fisica: la misura dei dati sperimentali e gli effetti di scala.

Nei modelli numerici, dati di ogni tipo, come ad esempio velocità, pressione, elevazione superficiale, energia cinetica turbolenta, ecc., possono essere estratti da qualsiasi punto e istante della simulazione e, naturalmente, le sonde "virtuali" non interferiscono con la soluzione del problema. Per quanto riguarda gli effetti di scala, i modelli numerici possono essere utilizzati per l'esecuzione di modelli in scala reale.

Al contrario, esistono anche forti limitazioni nell'uso dei modelli in quanto alcuni di questi si basano sulla parametrizzazione dei processi fisici. Solitamente queste parametrizzazioni hanno un campo di applicazione ridotto e, se il modello viene utilizzato al di fuori di questa gamma di valori, i risultati potrebbero essere irrealistici. Allo stesso tempo, il risultato finale è soggetto alle ipotesi fatte in principio. Per esempio, e non in via esaustiva, i modelli di turbolenza, le condizioni al contorno, le condizioni iniziali influenzano significativamente i risultati.

L'accuratezza di un modello numerico dipende anche dalla risoluzione della maglia di calcolo: più essa è fitta, più i risultati sono tendenzialmente accurati, con lo svantaggio che la potenza di calcolo richiesta è maggiore. Bisogna, pertanto, trovare un compromesso tra precisione del risultato e l'onere computazionale.

L'utilizzo di codici open-source distribuiti liberamente fa sì che sempre più persone possano lavorare e sviluppare i codici autonomamente, migliorando le funzioni esistenti e integrandone di nuove.

Il dettaglio sui modelli matematici è riportato nel Prodotto T2.1.1 "Definizione modelli numerici per la dinamica marina nei porti".

3. MODELLI COMUNEMENTE USATI

3.1 Solutori Navier-Sokes (CFD)

Il termine CFD sta per Computational Fluid Dynamics e consiste in un approccio numerico per esaminare il moto di fluidi e i fenomeni chimico-fisici ad esso associati. Pertanto, il termine CFD potrebbe essere usato per descrivere qualsiasi modello numerico che viene impiegato per modellare flussi turbolenti e non. Tuttavia, in pratica, il termine si riferisce principalmente a codici in grado di risolvere le equazioni di Navier-



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

Stokes complete in tutte e tre le dimensioni. Di conseguenza, CFD si riferisce a simulazioni computerizzate di grande complessità che possono gestire diversi fenomeni: le sue applicazioni spaziano dall'aerodinamica alle turbomacchine, dall'ingegneria costiera alla biochimica.

La CFD è una tecnica all'avanguardia per l'industria e le applicazioni di ricerca; tuttavia, il suo alto costo di calcolo spesso ne preclude l'utilizzo. Storicamente, la CFD è stata utilizzata per la prima volta negli anni '60 nell'industria aerospaziale. Tuttavia, il forte costo computazionale di esecuzione dei codici CFD ha determinato il loro utilizzo principalmente in ambienti di ricerca fino agli anni '90, quando iniziarono a diventare economicamente accessibili le risorse computazionali. Da allora, sono stati molti i codici CFD sviluppati utilizzando una vasta gamma di strumenti di pre-elaborazione, risoluzione e post-elaborazione.

3.2 Modelli Idrostatici

La maggior parte dei modelli numerici usati per la circolazione oceanica e gli studi costieri risolvono le equazioni di Navier-Stokes mediate, dette Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS) equations. Infatti, per queste scale, le equazioni complete di Navier-Stokes sono computazionalmente difficili da gestire. Viene invece utilizzata una versione delle RANS semplificata, definita idrostatica. Ciò significa che l'equazione della quantità di moto verticale è ridotta ad un'approssimazione dell'equilibrio idrostatico. La pressione è calcolata secondo l'approssimazione idrostatica mentre la componente verticale della velocità è calcolata attraverso l'equazione di continuità. Al contrario, se le equazioni complete di Navier-Stokes fossero prese in considerazione, tutte le componenti di

3.3 Modelli a Potenziale

I modelli a potenziale presuppongono che il moto sia irrotazionale e ad alti numeri di Reynolds. Pertanto, viene spesso usato il moto a potenziale per analizzare flussi esterni su superfici solide. Questo tipo di modello presuppone l'esistenza di una funzione potenziale di velocità.

3.4 Shallow Water Equations

Quando ci si trova in condizioni di profondità basse, il moto è fondamentalmente orizzontale e le accelerazioni verticali sono trascurabili. Il moto può dunque essere espresso in questo caso dalle cosiddette Shallow Water Equations.

3.5 Boussinesq

La propagazione del moto ondoso nella regione compresa tra basse e alte profondità può essere descritta dal modello di Boussinesq. La distribuzione verticale della velocità non viene calcolata dalle equazioni del bilancio non lineare. Invece, la componente orizzontale della velocità è assunta essere costante nella colonna d'acqua e la componente verticale varia quasi linearmente.

Essenzialmente le equazioni che vengono risolte sono le equazioni shallow-water con termini che tengono in conto le accelerazioni verticali.

3.6 Modelli Spettrali

Per la descrizione delle onde di mare è possibile fare riferimento a modelli spettrali.

Negli ultimi due decenni sono stati sviluppati numerosi modelli, noti come modelli di terza generazione, come WAM, WAVEWATCH III, TOMAWAC e SWAN. Questi modelli risolvono l'equazione detta spectral action balance, senza alcuna restrizione a priori sullo spettro, per l'evoluzione delle onde.

La Tabella 1 riporta i codici open-source per la modellistica del moto ondoso.

La Tabella 2 riepiloga una serie di codici di calcolo open-source e proprietari con le relative equazioni di governo.



MODELLI NUMERICI OPEN-SOURCE			
TIPO	NOME	DIMENSIONI	NUMERICA
CFD	OLAFLOW	3D	FV
	OPENFOAM	3D	FV
	REEFF3D:CFD	3D	FD
3D EQUATION MODELS	FVCOM	3D	FV
	NHWAVE	3D	FV/FD
	REEF3D - NSEWAVE(NH)	3D	FD
	SCHIMS	3D	FE/FV
	TSUNAMI3D	3D	FD
SPECTRAL WIND WAVE MODELS	STWAVE	2D	FD
	SWAN	1D/2D	FD
	TELEMAC/TOMAWAC	2D	FV
	WAVEWATCH III	2D	FD
BOUSSINESQ	CELERIS	2D	FV/FD
	COULWAVE	1D/2D	FV/FD
	FUNWAVE-TVD	1D/2D	FV/FD
NON LINEAR SHALLOW WATER	CLIFFS	1D/2D	FV
	COMCOT	2D	FV
	GeoClaw	2D	FD
	NAMI-DANCE	2D	FV
	NEOWAVE	2D	FV
	REEF3D - SFLOW	2D	FV
	SUSTANS	2D	FE
	SWASH	1D/2D	FV/FD
	TELEMAC	2D	FE/FD
XBEACH	2D	FV	
OCEAN CIRCULATION STORM SURGE	ADCIRC	2D/3D	FE
	DELFT3D	2D/3D	FD
	MOHID	2D/3D	FV
	ROMS	2D/3D	FV/FD
	SCHISM	1D/2D/3D	FE/FV
	SELFE	2D/3D	FE
	SHYFEM	2D/3D	FE
	TELEMAC	2D/3D	FE/FV
	UnTRIM	1D/2D/3D	FV/FD

Tabella 1 - Riepilogo principali modelli numerici esistenti



	Navier-Stokes (CFD)	Hydrostatic	Potential flow	Shallow Water Equations	Boussinesq	Spectral
OpenFOAM	>			>		
ANSYS CFX	>					
DualSPHysics	>			>		
SHYFEM		>				
TELEMAC-MASCARET		>			>	
FUNWAVE		>		>		>
Delft3D			>			
ANSYS AQWA			>			
QALE-FEM			>			
OrcaFlex			>			
Pom		>				
COHERENS		>				
WAM						>
WAVEMATCH III						>
SWAN						>
MIKE 21		>				>
WAMIT			>			

Tabella 2 - Riepilogo Applicabilità di alcuni modelli numerici

4. MODELLI OPEN SOURCE USATI IN CAMPO COSTIERO

4.1 ROMS

ROMS (Regional Ocean Modeling System) è un modello numerico open-source largamente utilizzato dalla comunità oceanografica internazionale.

4.2 DELFT3D

Delft3D è una suite di codici di calcolo sviluppata da Deltares, precedentemente nota come Delft Hydraulics, per modellare le aree costiere, fluviali e gli estuari. Copre, tra le altre cose, la modellazione numerica di correnti, trasporto di sedimenti, onde, qualità dell'acqua e trasporto solido. 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.

4.3 Open-Telemac

Il sistema TELEMAC-MASCARET è uno strumento di modellazione integrato per l'impiego nel campo dei flussi a superficie libera.

I vari moduli di simulazione utilizzano algoritmi basati sul metodo degli elementi finiti. Lo spazio è discretizzato sotto forma di una griglia non strutturata di elementi triangolari, il che significa che può essere raffinato in particolare in aree di specifico interesse. Ciò evita l'uso sistematico di modelli incorporati, come nel caso del metodo delle differenze finite. Il sistema TELEMAC-MASCARET è composto dai seguenti moduli per il trattamento dei fenomeni idrodinamici:

- ARTEMIS: agitazione ondosa nei porti;
- MASCARET: flussi monodimensionali;
- TELEMAC-2D: flussi bidimensionali - equazioni di Saint-Venant (compreso il trasporto di un tracciante diluito);
- TELEMAC-3D: flussi tridimensionali - equazioni di Navier-Stokes (compreso il trasporto di traccianti attivi o passivi);
- TOMAWAC: propagazione di onde nella zona costiera.
- e dei seguenti moduli per i fenomeni di trasporto e/o dispersione:
- SISYPHE: trasporto solido 2D;
- SEDI-3D: trasporto di sedimenti in sospensione 3D;



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

- DREDGESIM: simulazione di operazioni di dragaggio.

4.4 NEMO

NEMO (Nucleus for European Modelling of the Ocean) è un modello numerico open-source sviluppato in Francia e largamente utilizzato dalla comunità oceanografica internazionale.

4.5 SHYFEM

SHYFEM (Shallow Water Hydrodynamic Finite Element Model) è un modello numerico open-source sviluppato da ISMAR-CNR e utilizzato dalla comunità scientifica internazionale per risolvere le equazioni del moto in lagune, estuari, laghi, aree portuali e zone marittime prettamente costiere.

4.6 CMS

CMS (Connectivity Modeling System) è un modello lagrangiano stocastico multiscala sviluppato al Rosenstiel School of Marine & Atmospheric Science e utilizzato dalla comunità scientifica internazionale per studiare fenomeni lagrangiani quali stime di dispersione, propagazione di inquinanti e migrazioni complesse. Il CMS è un toolbox opensource scritto in Fortran per il tracciamento di particelle in mare e in oceano. Lo strumento è intrinsecamente multiscala poiché consente lo spostamento continuo di particelle tra griglie a risoluzioni diverse. Utilizza lo schema numerico RungeKutta4 ed è progettato per essere modulare, il che significa che è relativamente semplice aggiungere ulteriori "comportamenti" alle particelle: infatti i moduli supplementari del codice includono la diffusione "random-walk", la mortalità e la miscelazione mista.

4.7 Conclusioni

Dal confronto tra i risultati ottenuti con i modelli numerici TELEMAC-3D, ROMS e DELFT3D si può dedurre che:

- TELEMAC-3D non risulta idoneo poiché non è in grado di rappresentare un moto uniforme in un canale.
- I risultati ottenuti con ROMS e DELFT3D riescono a modellare il moto uniforme con particolari errori in corrispondenza dei primi punti di calcolo a partire dal fondo.



Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

Si preferisce l'utilizzo di DELFT3D in quanto più facilmente utilizzabile e più completo prendendo in considerazione tutti i moduli per il trasporto di inquinanti di cui dispone.

5. APPLICABILITÀ DI DELFT3D PER IL FORECAST IN AREE PORTUALI

Il codice di calcolo Delft3D può essere utilizzato in maniera opportuna per descrivere dettagliatamente aree di piccola estensione. Caso comune di tale applicazione riguarda la modellistica associata ai porti. In particolare, è possibile costruire un forecast tramite il quale prevedere, sulla base degli input meteorologici, correnti e livello idrico.

In particolare, è stato sviluppato un nesting riguardante i porti di Genova e La Spezia al fine di fornire tali dati a cadenza giornali e per i successivi due giorni.

Il nesting è una procedura che consiste nel creare un modello a grandi scale, ovvero in grado di estendersi verso il mare aperto per svariati chilometri, e successivamente, un modello di dettaglio dell'area portuale in esame che posso incorporare sul contorno più esterno le correnti e i livelli generati dal modello a grande scala.

In particolare, le previsioni sui porti menzionati derivano dall'uso combinato di Delft3D e del codice di calcolo Weather Research & Forecasting Model (WRF).

Il modello utilizzato per la simulazione dello stato atmosferico ed in particolare dei campi di vento necessari per l'inizializzazione dei forecast delle condizioni portuali è il Weather Research and Forecasting (WRF), modello numerico di previsione nato, con la doppia finalità sia di ricerca che di previsione, dalla collaborazione tra il National Center for Atmospheric Research (NCAR), la Mesoscale and Microscale Meteorology (MMM) Division, il National Centre for Environmental Prediction (NCEP) del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ed altri enti ed università statunitensi. Il modello WRF integra le equazioni di Navier-Stokes non idrostatiche compressibili (Ooyama, 1990), formulate usando come coordinata verticale le così dette coordinate terrain-following con lo scopo di ottenere un infittimento dei livelli negli strati atmosferici più vicini al suolo, ed in particolare in corrispondenza dell'orografia, ossia in aree in cui la dinamica è più difficile da rappresentare per il gran numero di interazioni che vi avvengono.

Il Modello WRF prevede tutta una serie di parametrizzazioni, sia per quei fenomeni strettamente legati alla fluidodinamica ma che non sono risolti alla scala a cui si lavora, come può essere ad esempio la convezione per griglie di passo superiore alla decina di chilometri o la diffusione turbolenta, sia per quei fenomeni fisici non direttamente fluidodinamici, ma che hanno influenza rilevante sull'evoluzione degli eventi meteorologici, come gli effetti dello scambio di radiazione tra sole, atmosfera, nubi e



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1

superficie terrestre (Skamarock et al., 2008), la microfisica delle nuvole, i flussi verticali a scala non risolta dovuti a trasporto turbolento (Skamarock et al., 2008), ecc.

Nello specifico il setup del modello e la scelta degli schemi di parametrizzazione dei fenomeni a scala non risolta sono stati analoghi a quelli adottati in recenti lavori di Bove et al. (2014), Cassola et al. (2015) e Cassola et al. (2016) dove il modello è stato oggetto di validazione.

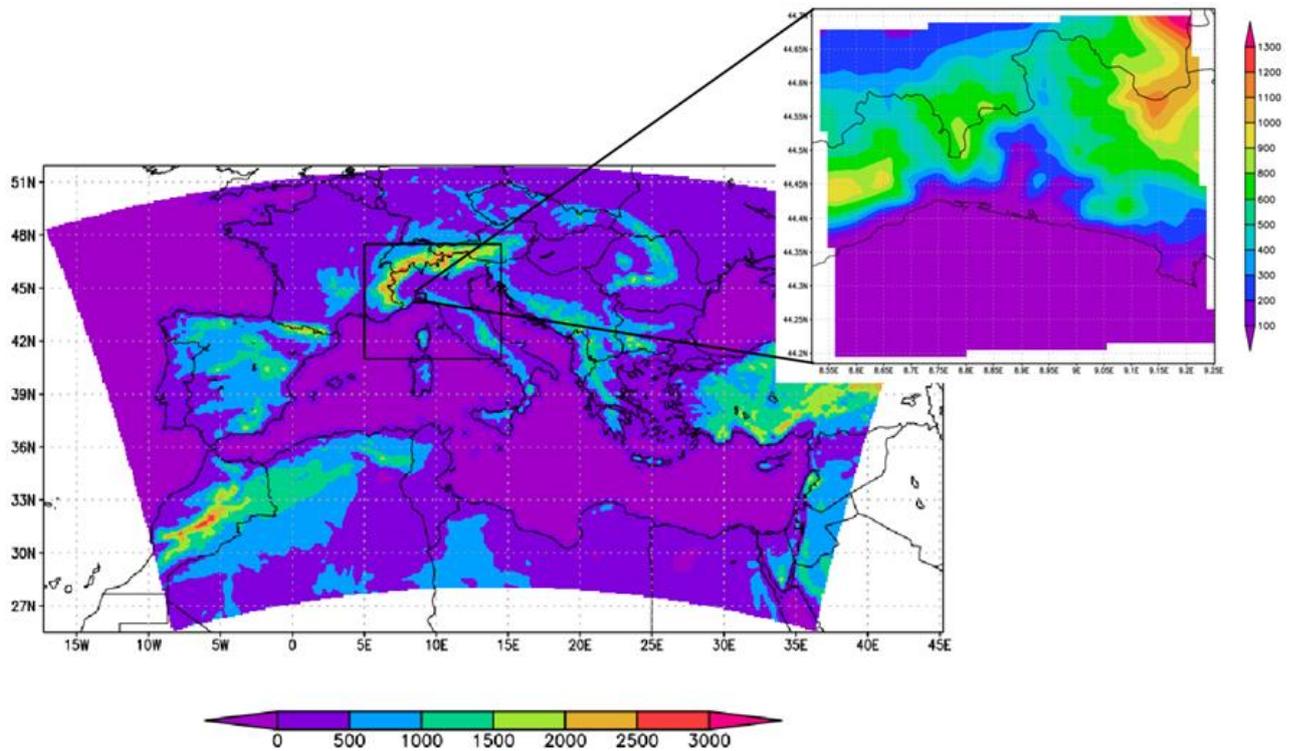
In particolare i principali schemi di parametrizzazione adottati sono stati lo schema Rapid Radiation Transfer Model (RRTM) per la long wave radiation (Mlawer et al., 1997), lo schema di Goddard per la short wave radiation (Chou and Suarez, 1994), lo schema di Kain-Fritsch (Kain, 2004) per la parametrizzazione della convezione nel dominio più esterno, in quanto la bassa risoluzione caratterizzante tale dominio non permetteva di risolvere esplicitamente la convezione, lo schema di Mellor-Yamada-Janjic (Janjic, 2002) per la descrizione del planetary boundary layer e lo schema di parametrizzazione della microfisica delle nuvole di Thompson (Thompson et al., 2004), per la descrizione dell'evoluzione delle varie classi di idrometeorie all'interno della nuvola, dalla nucleazione fino alla formazione della precipitazione. Per una più dettagliata descrizione del modello WRF si rimanda a Skamarock et al., (2008).

Le simulazioni prodotte hanno riguardato i tre domini nidificati in cascata riportati nella figura seguente, comprendenti l'Europa centro meridionale ed il nord Africa con una risoluzione orizzontale di 10 km, il centro-nord Italia con una risoluzione di 3.3 km e l'area di attorno alla città di Genova, con una risoluzione di 1.1 km. Per quanto riguarda il numero di livelli verticali adottati questo è stato 35 per tutti e tre i domini di simulazione.

Operativamente sono state prodotte due simulazioni giornaliere, inizializzate con i run del modello a scala globale Global Forecast System (Environmental Modeling Center, 2003) delle 00 e delle 12 UTC, che hanno coperto ciascuna un range temporale di 48 ore sui due domini a più alta risoluzione e di 120 ore su quello più esterno.



OUTPUT T2.1



Collocazione ed orografia dei tre domini di calcolo utilizzati per le simulazioni

La costruzione di due maglie con diversa risoluzione ha lo scopo di fornire le condizioni al contorno per la maglia di dettaglio. La maglia a grande scala presenta viene risolta fornendo come input le velocità del vento e le pressioni atmosferiche che insistono sull'area in esame e ottenute grazie alla previsione di WRF. Inoltre, al bordo esterno vengono fornite le condizioni di marea necessarie al fine di ricreare il corretto andamento del pelo libero.

Il codice di calcolo Delft3D si appropria al nesting tramite due condizioni principali: fornire come condizioni al contorno dei boundary del modello di dettaglio livelli idrici o correnti. Questi ultimi vanno scelti in maniera esclusiva. La possibilità di scegliere una delle due condizioni al contorno impone una scelta ragionata. Dato che l'ordine di grandezza delle correnti è pari a circa 10 cm/s e sono lentamente variabili, si è preferito optare per utilizzare i livelli idrici come condizione al contorno del modello di dettaglio. In questo modo si ha la sicurezza di catturare gli effetti di possibili variazioni di livello dovute a storm surge e, al contempo, di generare delle correnti, conseguenza delle variazioni di livello, che siano in accordo con la direzione e l'ordine di grandezza proprie dei fenomeni che si sviluppano nelle zone di interesse.

Le figure seguenti mostrano i domini utilizzati e i risultati che si ottengono nelle simulazioni che adottano il nesting. In particolare, si sono adottate delle maglie curvilinee



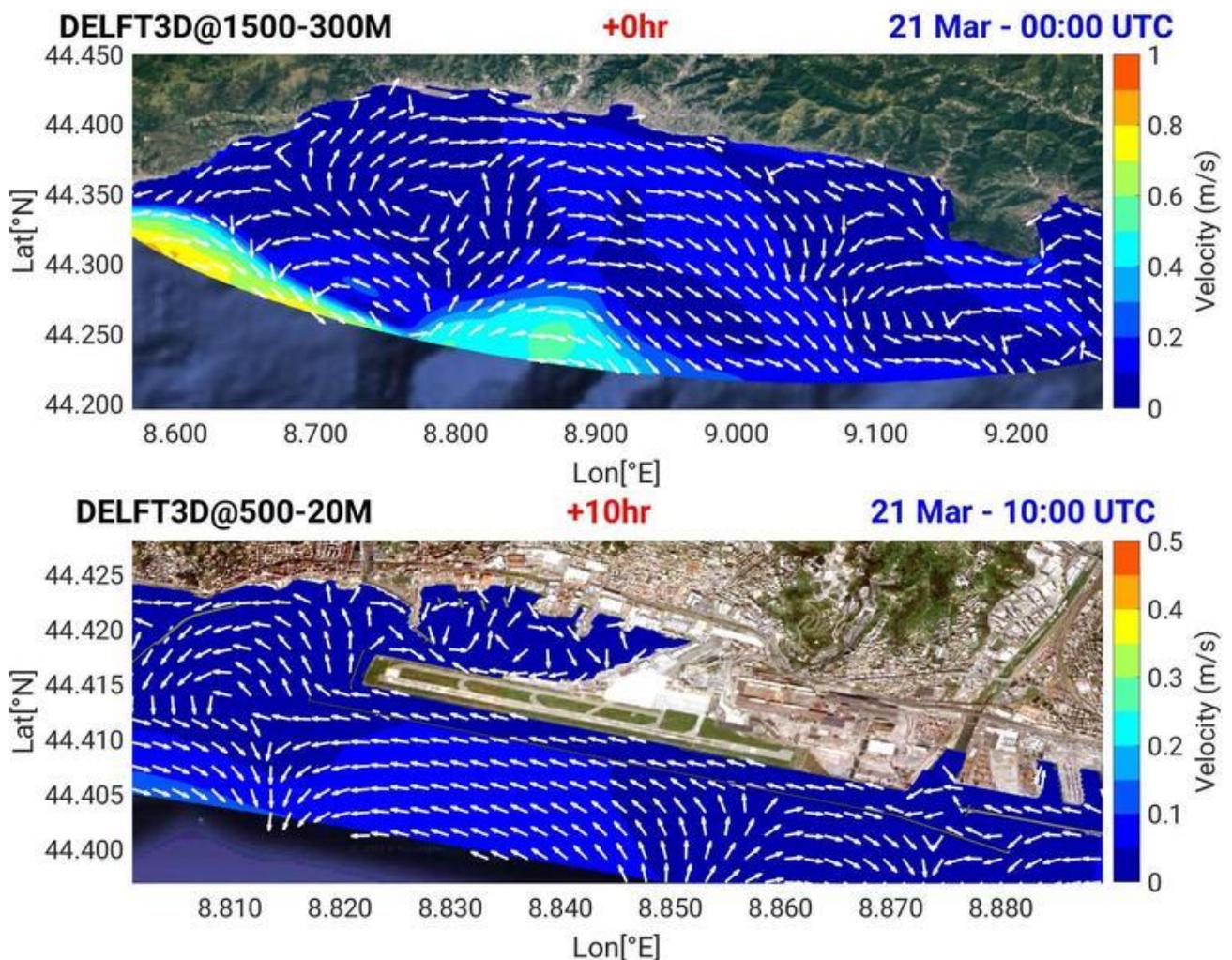
OUTPUT T2.1

per la simulazione delle aree prospicienti il Porto di Genova e all'interno del porto stesso al fine di poter seguire con maggiore dettaglio la linea di costa. Queste maglie curvilinee sono state create a partire da delle spline che potessero riprodurre al meglio il contorno della costa.

Per il Porto di La Spezia si è optato per una maglia curvilinea ma a passo regolare: le celle tendono a cambiare di forma telescopicamente dal punto centrale spostandosi verso il largo.

Per il porto di Olbia si è optato un nesting con maglie quadrate visto che la conformazione della costa non richiedeva particolari accorgimenti per quanto riguarda la disposizione delle celle.

Le figure seguenti mostrano il dominio computazionale completo utilizzato per il Porto di Genova e il dettaglio delle diverse aree portuali ottenute grazie al nesting.





Interreg



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

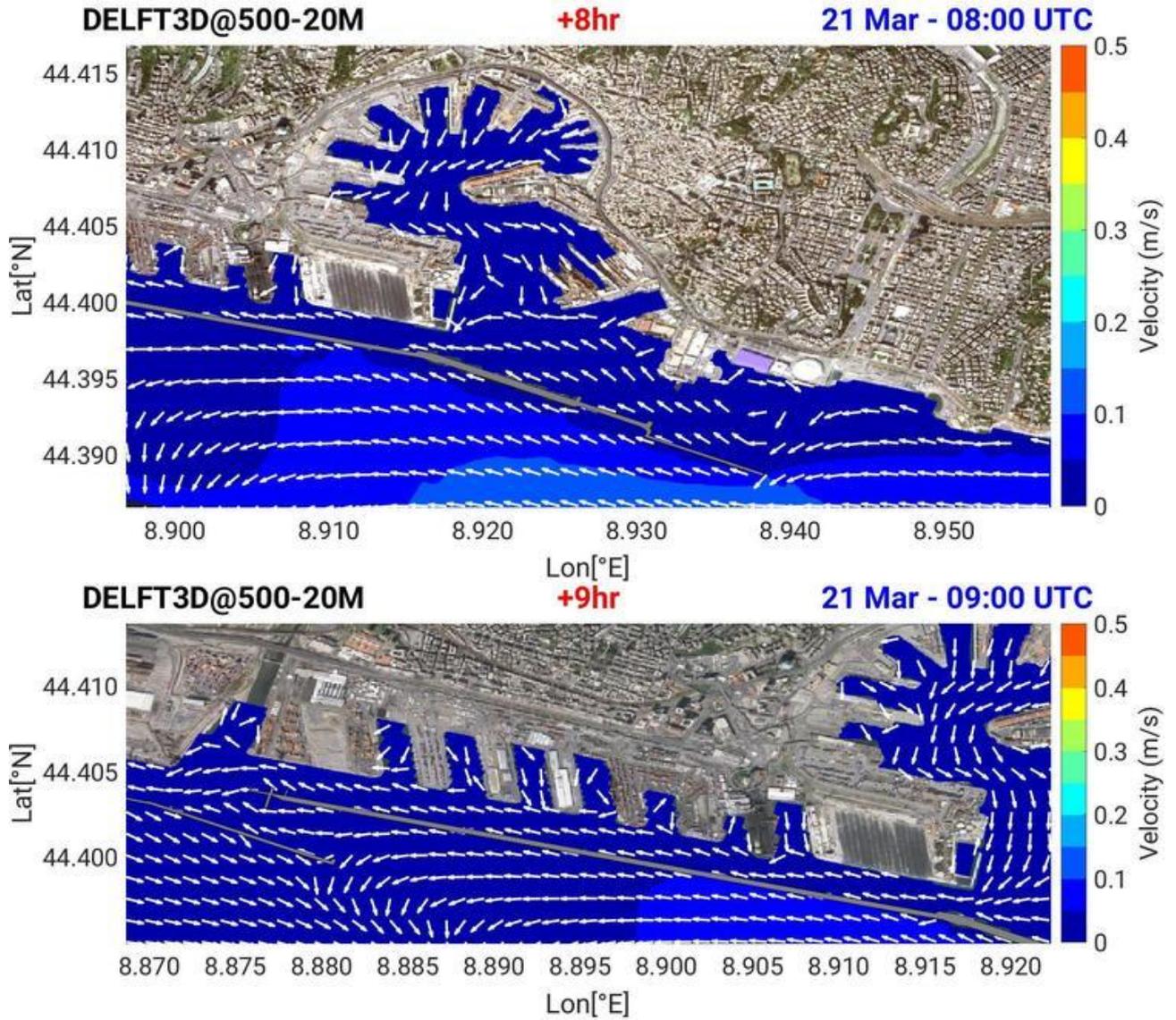


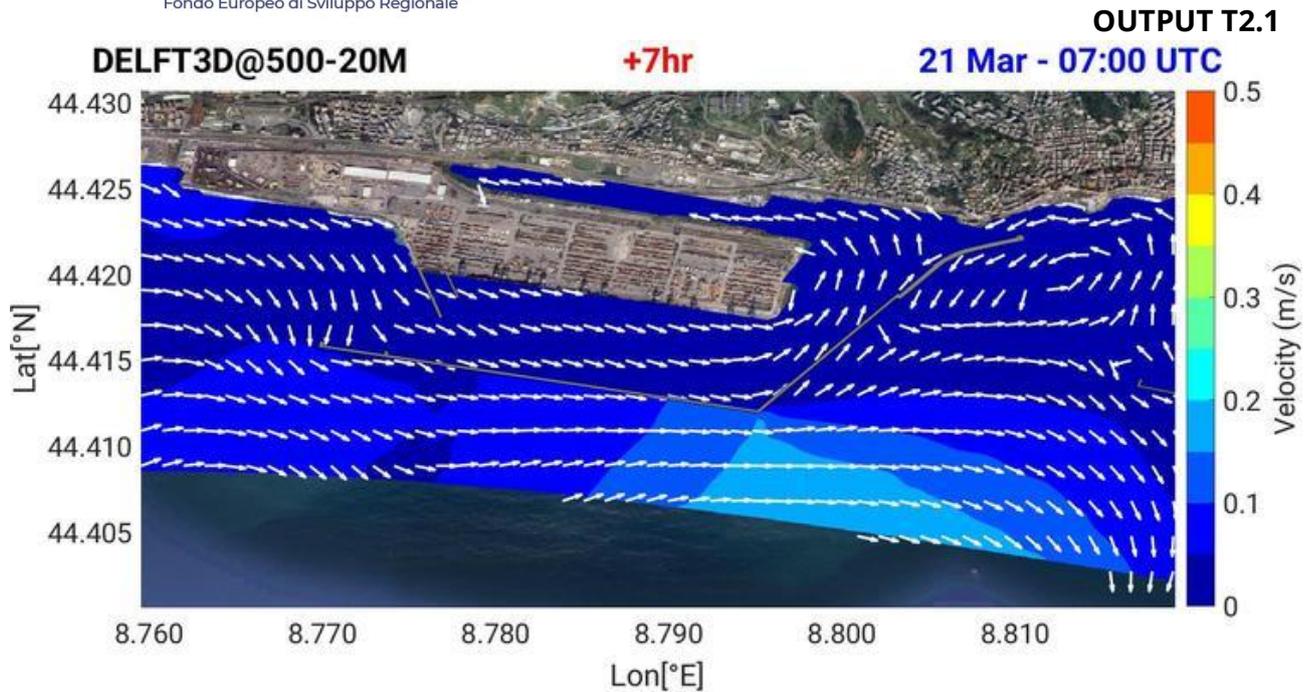
SINAPSI

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

OUTPUT T2.1



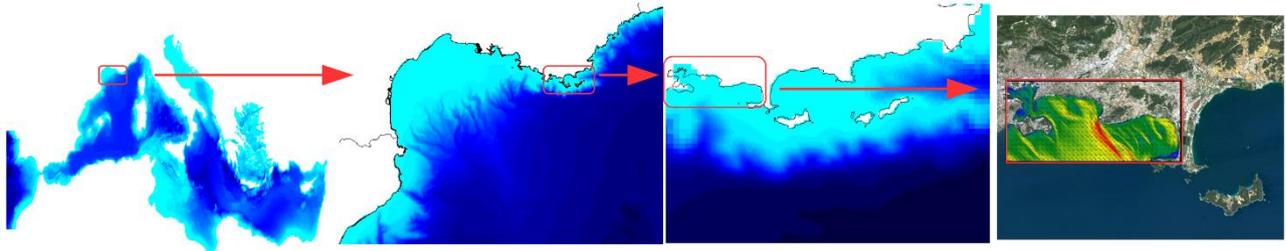


Simulazioni del Porto di Genova con il nesting

6. APPLICABILITÀ DI NEMO E CMS NELL'AREA PORTUALE DI TOLONE

Le esperienze di modellizzazione che saranno effettuate sulla zona del porto di Tolone saranno basate su due elementi principali: a) L'utilizzo di modelli numerici oceanografici innestati a cascata e b) un modello lagrangiano per il trasporto passivo.

I modelli numerici sono innestati a "cascata": si parte da una configurazione di NEMO chiamata PSY4V3R1 che risolve il campo di moto in una griglia madre con risoluzione a 1/12 di grado del Mar Mediterraneo completo (prodotto dal Mercator-Ocean International), poi proseguendo, NEMO in versione GLAZUR64 risolve una griglia più fine con risoluzione a 1/64 di grado del Mar Mediterraneo Occidentale (Ourmières et al., 2011), versione operativa nel laboratorio del dipartimento MIO, in seguito la configurazione di NEMO nominata NIDOR192 risolve il campo di moto a una risoluzione di 1/192 di grado nella zona del litorale del Var, (questo modulo è accoppiato dinamicamente col modulo GLAZUR64 (Declerck et al., 2016) attraverso l'accoppiatore AGRIF), infine la griglia più fitta con risoluzione a 100 m per la risoluzione del porto di Tolone viene risolta dal modello MITGCM TBAY100, modello operativo nel dipartimento del MIO (Mazoyer et al., soumis). La figura mostra i domini delle 4 diverse configurazioni a cascata. Le forzanti atmosferiche per GLAZUR64, NIDOR192 e TBAY100 sono simili e provengono da MeteoFrance, in questo modo si garantisce una grande coerenza di strutture dinamiche oceanografiche che verranno ottenute con le configurazioni implementate.



Il modello lagrangiano che sarà utilizzato è il modello CMS (<https://github.com/beatrixparis/connectivity-modeling-system>). È un modello lagrangiano opensource che sarà dunque “modificabile” secondo alcune delle diverse tracce che saranno seguite.

Il modello CMS utilizzerà in input il campo di moto ottenuto tramite i calcoli effettuati dai modelli idrodinamici innestati a cascata di cui si è parlato in precedenza.

La metodologia proposta sarà basata sugli aspetti citati sopra. Le simulazioni numeriche saranno effettuate sulle macchine appartenenti al dipartimento MIO ma anche sui mezzi di calcolo del GENCI (CNRS).

Bibliografia

- Bove M.C., Brotto P., Cassola F., Cuccia E., Massabò D., Mazzino A., Piazzalunga A., Prati P. (2014). An integrated PM2.5 source apportionment study: Positive Matrix Factorization vs. the chemical transport model CAMx. *Atmospheric Environment*, 94, 474–286.
- Cassola F., Ferrari F., Mazzino A. (2015). Numerical simulations of Mediterranean heavy precipitation events with the {WRF} model: A verification exercise using different approaches. *Atmospheric Research*, 164-165, 210–225.
- Cassola F., Ferrari F., Mazzino A., Miglietta M.M. (2016). The role of the sea on the flash floods events over Liguria (northwestern Italy). *Geophysical Research Letters*, 43, 3534–3542.
- Environmental Modeling Center (2003). The GFS atmospheric model. NCEP Office Note 442, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Kain J.S. (2004). The Kain-Fritsch convective parameterization: An update. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 43, 170–181.
- Janjic Z.I. (2002). Non-singular implementation of the Mellor-Yamada level 2.5 scheme in the NCEP meso model. Technical Report 437, NOAA Science Center.
- Mlawer E.J., Taubman S.J., Brown P.D., Iacono J.M., Clough S.A. (1997). Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the long-wave. *Journal of Geophysical Research*, 102, 16663–16682.
- Ooyama K.V. (1990). A Thermodynamic foundation for modelling the moist atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 47, 2580–2593.
- Skamarock W.C., Klemp J.B., Dudhia J., Gill D.O., Barker D.M., Huang X.Z., Wang W., Powers J.G. (2008). A description of the Advanced Research WRF Version 3. Technical report, National Center for Atmospheric Research.
- Thompson G., Rasmussen R.M., Manning K. (2004). Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part I: Description and sensitivity analysis. *Monthly Weather Review*, 132, 519–542.