

# ARPA FVG: infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni e modellistica ambientale

ARPA FVG  
Centro Regionale di Modellistica Ambientale

21 ottobre 2021



## Indice

<b>1</b>	<b>Il Centro Regionale di Modellistica Ambientale</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Le catene modellistiche ed i servizi</b>	<b>3</b>
2.1	Previsione meteorologica numerica (WRF) . . . . .	3
2.2	Previsione e valutazione della Qualità dell'Aria (FARM) . . . . .	4
2.3	Valutazione degli impatti di emissioni in atmosfera (SPRAY) . . . . .	5
2.4	Valutazione delle ricadute da incendi (DELFI) . . . . .	5
2.5	Stato del mare per l'Alto Adriatico e la Laguna di Grado - Marano (SHYFEM) . . . . .	6
2.6	Dispersione di idrocarburi e rifiuti in mare (GNOME/MedSlick-II) . . . . .	7
2.7	Previsione del moto ondoso per l'Alto Adriatico (MWM) . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Il cluster di Calcolo ad Alte Prestazioni (FENICE)</b>	<b>7</b>
3.1	Storia . . . . .	7
3.2	Consistenza attuale . . . . .	8

## Introduzione

La presente relazione viene redatta nell'ambito dei contatti fra ARPA FVG, INSIEL e il Servizio Sistemi Informativi Digitalizzazione ed E-Government (SIDEG) della Regione FVG relativi alla gestione del centro di calcolo ad alte prestazioni FENICE di Amaro (Ud).

## 1. Il Centro Regionale di Modellistica Ambientale

Il Centro Regionale di Modellistica Ambientale dell'ARPA FVG, istituito con [Legge Regionale n.16/2007](#), "sviluppa la modellistica integrata ambientale atta a riprodurre le pressioni, i cicli naturali e antropizzati nell'atmosfera e nell'idrosfera a supporto delle attività dell'Agenzia", assicurando "il supporto tecnico per lo svolgimento delle attività della Direzione Tecnico Scientifica per la definizione del contesto interpretativo dei monitoraggi e dei controlli ambientali" ([Decr. Dir.Gen.n. 25/2020](#)): da queste due voci principali derivano le altre competenze ed aree di attività attribuite al CRMA, in virtù delle quali la struttura contribuisce annualmente ad una decina di Servizi del [Catalogo delle Prestazioni del Sistema Nazionale di Protezione dell'Ambiente](#), in numero variabile a seconda degli [indirizzi regionali \(Focus\)](#), del [Programma annuale delle Attività dell'Agenzia](#) e delle richieste che pervengono di anno in anno.

L'attività consiste principalmente nella costruzione, mantenimento in esercizio e progressivo miglioramento di catene modellistiche, caratterizzate da un elevato livello di automazione, con gli annessi servizi di acquisizione, analisi e distribuzione dati.

Essa è pertanto caratterizzata dall'utilizzo intensivo dell'infrastruttura informatica dell'Agenzia, ed in particolare del Centro di Calcolo ad Alte Prestazioni FENICE.

I servizi sono erogati ad altre strutture dell'Agenzia (SOS Qualità Acque Marine e di Transizione, SOS Qualità dell'Aria; SOS Autorizzazioni e Valutazioni Ambientali, Dipartimenti territoriali; Direzione Tecnico scientifica; ecc.) oppure destinati all'esterno, attraverso la pubblicazione di dati sul sito, la loro messa a disposizione giornaliera su canali dedicati (Protezione Civile del FVG, ARPA Veneto, Comuni del FVG, ecc.) o la loro fornitura su richiesta.

I modelli ed i servizi che via via raggiungono un adeguato grado di sviluppo e di utilizzo entrano nel Ciclo della Performance dell'ARPA e sono inseriti nel Sistema di Gestione della Qualità dell'Agenzia.

Una descrizione dei modelli attualmente operativi sul cluster Fenice è disponibile alla seguente pagina:

<http://www.arpa.fvg.it/cms/tema/crma/modelli/modelli.html>

## 2. Le catene modellistiche ed i servizi

Le seguenti catene modellistiche sono operative (o in fase di sviluppo, dove specificato) sul cluster di calcolo FENICE. Alcune prevedono l'esecuzione giornaliera, totalmente automatizzata; altre sono eseguite on-demand dagli operatori. In tutti i casi, le simulazioni sono sottoposte al sistema di calcolo parallelo attraverso un sistema di gestione delle code di calcolo, mentre i workflow manager di ciascuna catena modellistica sono gestiti con un sistema di versionamento del software.

### 2.1 Previsione meteorologica numerica (WRF)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Mantenimento in esercizio e progressivo miglioramento della modellistica meteorologica numerica (modello non idrostatico WRF), sia per la previsione che per l'analisi, e dei servizi connes-*

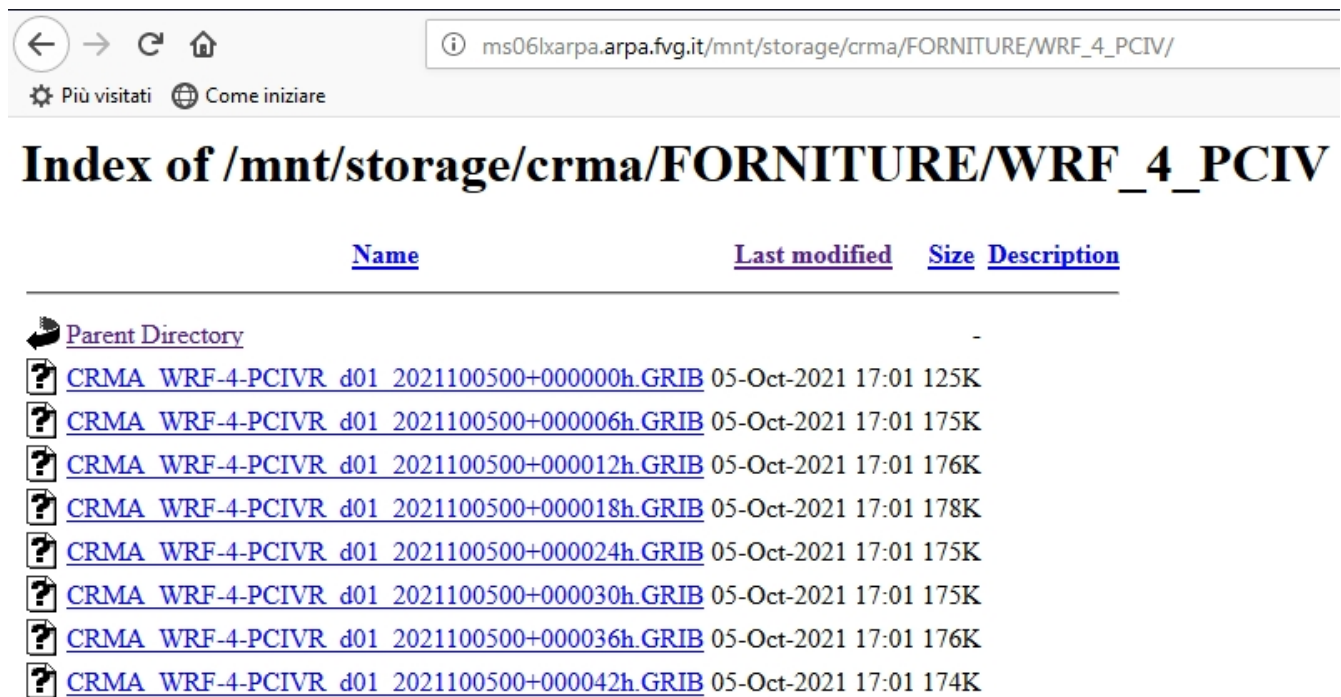
si (prestazioni tecniche A.1.7.2, A.1.7.3, H.14.1.2, H.14.1.3 del Catalogo SNPA; procedura di processo PP23.02 del Manuale di Gestione della Qualità dell'ARPA FVG).

Il modello di previsione meteorologica numerica (WRF) esegue quotidianamente le previsioni su un dominio corrispondente alla regione Alpe Adria per un periodo di 120 ore (5 giorni). I campi prodotti sono necessari agli altri modelli e servizi mantenuti dal CRMA (previsioni della qualità dell'aria, previsioni meteo-marine, ecc.). Sono altresì messi a disposizione via http/ftp (Fig. 1) ed utilizzati da altri Enti (es. Protezione Civile della Regione, ARPA Veneto, Università degli Studi di Udine) per alimentare proprie catene modellistiche (es. modello di piena dei bacini di Tagliamento, Isonzo e Cormor) e dall'Osservatorio Meteorologico Regionale a supporto dell'attività dei previsori.

Il modello meteorologico WRF è attualmente l'elemento computazionalmente più impegnativo nelle catene modellistiche mantenute dal CRMA sul cluster FENICE.

Alcuni prodotti, derivati dagli output numerici del modello, sono visualizzabili su questa pagina:

<http://www.arpaweb.fvg.it/fcm/gmapsmt.asp>












<u>Name</u>	<u>Last modified</u>	<u>Size</u>	<u>Description</u>
 <a href="#">Parent Directory</a>			-
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000000h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	125K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000006h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	175K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000012h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	176K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000018h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	178K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000024h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	175K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000030h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	175K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000036h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	176K	
 <a href="#">CRMA WRF-4-PCIVR d01 2021100500+000042h.GRIB</a>	05-Oct-2021 17:01	174K	

Figura 1: Messa a disposizione della Protezione Civile regionale, su un'area di scambio dedicata, dei campi meteo-numerici prodotti dal modello WRF, in formato GRIB

## 2.2 Previsione e valutazione della Qualità dell'Aria (FARM)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Mantenimento in esercizio e progressivo miglioramento della catena modellistica per la Qualità dell'Aria a scala regionale (modello euleriano chimico e di trasporto FARM), sia per la previsione che per la valutazione di scenari, e dei servizi connessi (prestazioni tecniche A.1.1.1, A.2.1.3 del Catalogo SNPA; procedura di processo PP23.01 del Manuale di Gestione della Qualità dell'ARPA FVG).*

Alimentato dai campi meteo numerici di WRF, il modello di previsione della qualità dell'aria (**FARM**) fornisce le previsioni dei principali indici di qualità dell'aria (PM10, PM2.5, O3, NO2) per le successive 120 ore (5 giorni). Su tali previsioni, trasmesse via P.E.C., i Comuni attivano i provvedimenti previsti dai **Piani d'Azione per la Prevenzione degli Episodi Acuti di Inquinamento Atmosferico** (blocchi del traffico, limitazioni nell'uso di impianti a legna, limiti per la temperatura interna degli edifici, ecc.).

FARM è computazionalmente intensivo e viene eseguito sul sistema di calcolo parallelo ad alte prestazioni della FENICE.

Tecniche di data-fusion (filtro di Kalman, universal kriging), fra modelli e misure, consentono di migliorare le previsioni e di fornire la "miglior stima" della qualità dell'aria per il giorno precedente.

Alcuni prodotti, derivati dagli output numerici del modello, sono visualizzabili su queste pagine:

<http://www.arpaweb.fvg.it/fcm/gmapsfc.asp>

<http://www.arpaweb.fvg.it/md/gmapsmd.asp>

Lo stesso modello, eseguito su periodi lunghi (anziché in previsione) e alterando gli scenari emissivi, è lo strumento fondamentale per la **pianificazione regionale in materia di Qualità dell'Aria**, prevista dal DLgs 155/2010.

### 2.3 Valutazione degli impatti di emissioni in atmosfera (SPRAY)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Applicazione e progressivo miglioramento della modellistica per la valutazione degli impatti locali delle sorgenti di emissione in atmosfera (prestazioni tecniche B.4.1.1, B.4.1.2, B.4.1.6 del Catalogo SNPA; procedura di processo PP23.03 del Manuale di Gestione della Qualità dell'ARPA FVG).*

Alimentato dai campi meteo numerici prodotti dal modello WRF, il modello lagrangiano a particelle **SPRAY** permette di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria di specifiche sorgenti di emissione in atmosfera.

Esso viene correntemente applicato presso il CRMA per le **Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA)**, le Valutazioni Ambientali Strategiche (VAS), le valutazioni sul Danno Ambientale nel caso di emissioni anomale e, in alcuni casi, nell'ambito dei procedimenti di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e di Autorizzazione Unica Ambientale (AUA).

In ARPA vengono trattati con tale modello, mediamente, 35 casi all'anno (impianti industriali, allevamenti, cantieri e attività di cava, ecc.).

Anche questo modello richiede un ambiente di calcolo ad alte prestazioni e viene eseguito sulle code di calcolo della FENICE.

### 2.4 Valutazione delle ricadute da incendi (DELFI)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Applicazione e progressivo miglioramento della modellistica per a supporto degli interventi tecnico-operativi specialistici in caso di emergenze (incendi, sversamenti, rilasci di inquinanti in atmosfera, ecc.): prestazione tecnica B.5.1.1 del Catalogo SNPA.*

Si tratta di una specifica implementazione della catena modellistica basata su **SPRAY**, descritta in precedenza, ottimizzata per la valutazione delle ricadute dei fumi dovuti ad incendi (impianti industriali, magazzini, depositi di rifiuti, ecc.), che consente di guidare le attività di campionamento dell'aria-ambiente verso i punti di maggior ricaduta (con una capacità potenziale di previsione fino a +120 ore).

Viene utilizzata nel Sistema di Risposta in Emergenza dell'Agenzia, con reperibilità di un operatore H24.

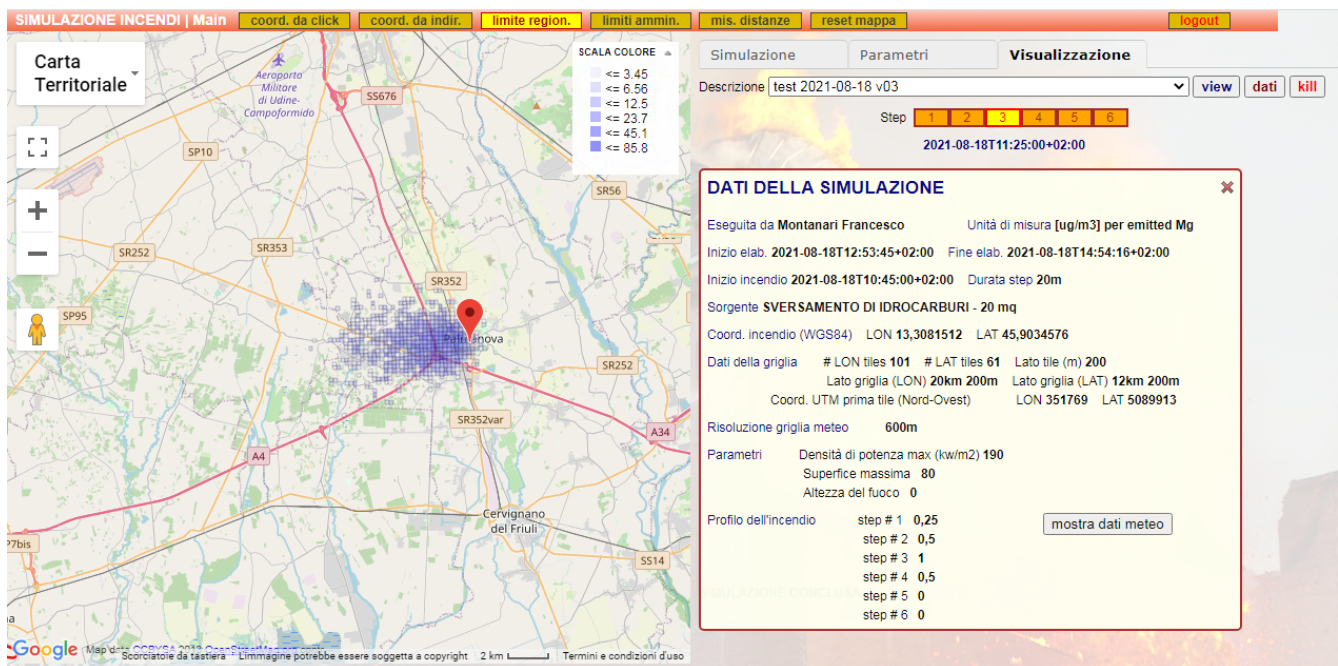


Figura 2: Interfaccia web-based per l'esecuzione e la visualizzazione dei risultati della catena modellistica DELFI (ricadute di emissioni da incendi)

Anche in questo caso l'esecuzione del modello avviene nell'ambiente di calcolo parallelo della FENICE, mentre - per agevolare gli operatori - è stata sviluppata un'interfaccia grafica web-based dedicata (Fig. 2).

## 2.5 Stato del mare per l'Alto Adriatico e la Laguna di Grado - Marano (SHYFEM)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Sviluppo e messa in esercizio delle catene modellistiche di ambito marino secondo il programma MADAM (prestazioni tecniche A.1.2..5, A.1.2.6, A.1.2.7, B.4.1.4, H.14.1.2, H.14.1.3 del Catalogo SNPA).*

Il modello SHYFEM, sviluppato dall'ISMAR-CNR, è un programma agli elementi finiti che consente di risolvere le equazioni idrodinamiche in presenza di geometrie e batimetrie complesse, arrivando a risoluzione spaziale e temporale molto spinte.

A differenza di altri modelli oceanografici, è perciò in grado di prevedere e descrivere le condizioni del mare (salinità, temperatura, correnti, ecc.) in lagune ed aree costiere.

Accanto all'acquisizione operativa di campi oceanografici resi disponibili da altre fonti (COPERNICUS Marine Services, Centro Mediterraneo per lo studio dei Cambiamenti Climatici (CMCC), ARPAE Emilia Romagna) le caratteristiche del Golfo di Trieste e della Laguna di Grado-Marano richiedono l'utilizzo di un modello ad alta risoluzione come SHYFEM.

La realizzazione di catene modellistiche operative basate sul modello SHYFEM è attualmente condotta in un ambiente di calcolo "gemello" rispetto al cluster FENICE, nell'ambito dei progetti Interreg Ita-Hr FireSpill, AdriaClim e CASCADE, dove il modello SHYFEM ha raggiunto una condizione di pre-operatività, con l'esecuzione di run annuali.

A conclusione dei citati progetti Interreg Ita-Hr progetto (dicembre 2022), l'operatività di queste catene verrà trasferita sul cluster FENICE.

## 2.6 Dispersione di idrocarburi e rifiuti in mare (GNOME/MedSlick-II)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Applicazione e progressivo miglioramento della modellistica per a supporto degli interventi tecnico-operativi specialistici in caso di emergenze (incendi, sversamenti, rilasci di inquinanti in atmosfera, ecc.): prestazione tecnica B.5.1.1 del Catalogo SNPA.*

La realizzazione di catene modellistiche operative basate sui modelli [NOAA GNOME](#) e [MedSlick-II \(CMCC, INGV, UniBo et al.\)](#), destinati alla simulazione della dispersione di idrocarburi in mare, è attualmente condotta in un ambiente di calcolo "gemello" rispetto al cluster FENICE, nell'ambito del progetto [Interreg Ita-Hr Fire-Spill](#).

L'operatività del modello [GNOME](#) è già stata raggiunta ed assicurata per l'utilizzo durante le emergenze.

A conclusione del progetto FireSpill (dicembre 2022), l'operatività di queste catene verrà trasferita sul cluster FENICE.

## 2.7 Previsione del moto ondoso per l'Alto Adriatico (MWM)

Attività del CRMA sul cluster FENICE: *Sviluppo e messa in esercizio delle catene modellistiche di ambito marino secondo il programma MAdAM (prestazioni tecniche A.1.2.5, A.1.2.6, A.1.2.7, B.4.1.4, H.14.1.2, H.14.1.3 del Catalogo SNPA).*

La struttura [HyMOLab \(Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory\)](#) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi di Trieste (DIA-UniTS), in collaborazione con DHI Italia, mantiene operativo, su una propria infrastruttura di calcolo, il [Mediterranean Wind and Wave Model \(MWM\)](#): una catena modellistica comprendente il modello meteorologico WRF e il modello MIKE21, utilizzato per la previsione del moto ondoso.

I prodotti di tale modello, con un ritaglio sull'Alto Adriatico, sono [utilizzati correntemente dall'Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA FVG e dalla Protezione Civile della Regione FVG](#) (Fig. 3).

In virtù di una convenzione fra ARPA FVG e DIA-UniTS, è prevista la messa in operatività di una replica di tale catena modellistica sul cluster FENICE, al fine di garantire la business continuity del servizio, con particolare riguardo alle necessità degli utenti istituzionali sopra richiamati.

## 3. Il cluster di Calcolo ad Alte Prestazioni (FENICE)

### 3.1 Storia

Il cluster di calcolo ad alte prestazioni FENICE ha le radici nel progetto [GRID@FVG](#), con il quale era stata realizzata (2008) un'infrastruttura di calcolo parallelo ad Amaro (Ud), con una gemella presso la SISSA di Trieste. Nello stesso anno, l'ARPA FVG di dotava di un piccolo cluster per il calcolo parallelo, destinato all'avvio delle attività di modellistica ambientale, denominato inizialmente Ugolino e quindi NEXUS.

Nel 2013 il cluster di Amaro risultava inutilizzato: un'attività congiunta di INSIEL, ARPA FVG, Regione FVG ed eXact lab s.r.l. consentiva di riattivare le macchine (di qui il nome FENICE), aggiornando alcune componenti e creando un ambiente di calcolo atto ad ospitare i modelli e le attività, in crescita, del Centro Regionale di Modellistica Ambientale dell'ARPA.

Il 6 agosto 2015 un crash catastrofico causava la perdita quasi totale del filesystem di NEXUS, con la conseguente migrazione definitiva delle attività di modellistica ambientale sul cluster FENICE.

I server che avevano costituito NEXUS venivano quindi integrati a loro volta nella FENICE, determinando la

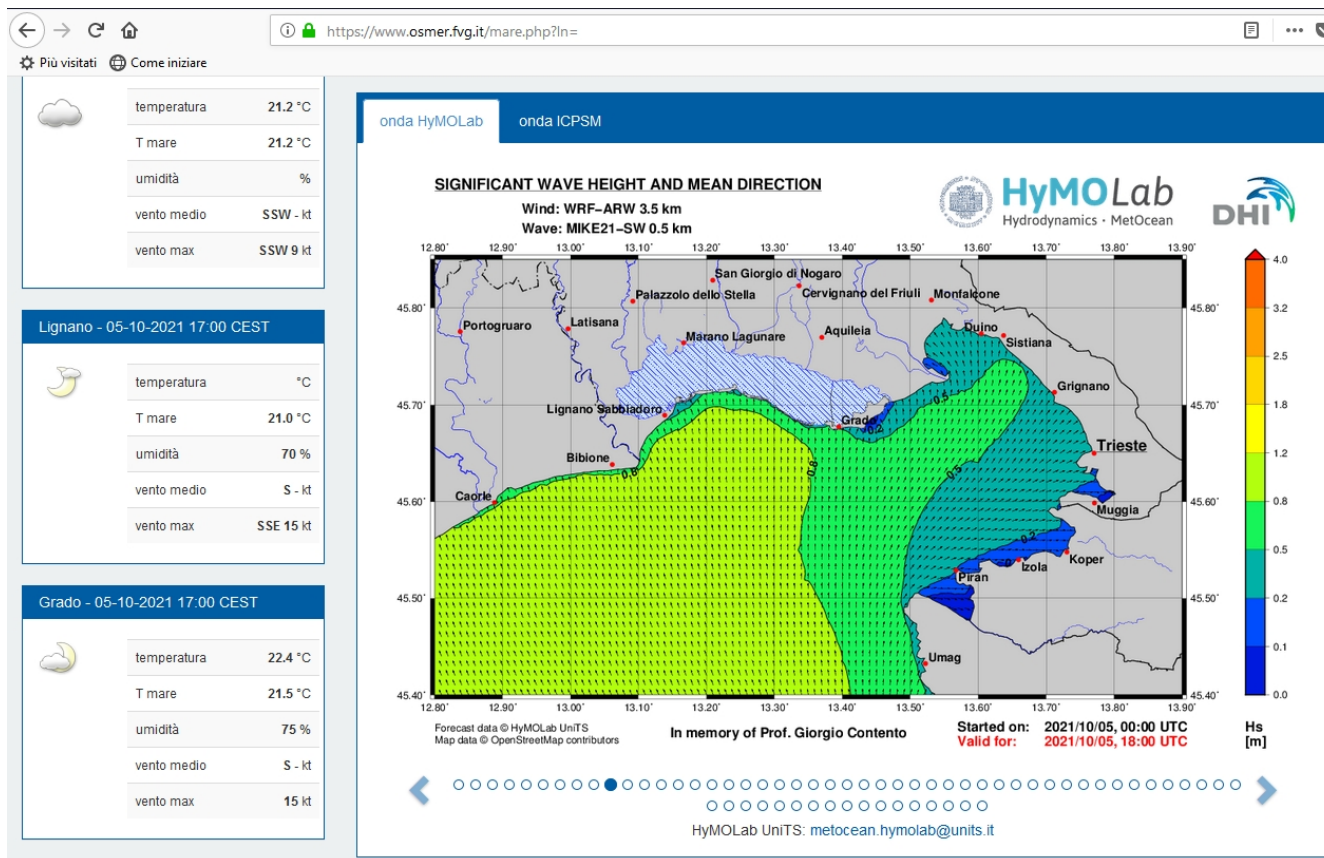


Figura 3: Previsioni del modello d’onda MWM di HyMOLab - DHI pubblicate sul sito dell’Osservatorio Meteorologico Regionale. La catena modellistica è in fase di replica sul cluster FENICE, al fine di garantire la continuità nella disponibilità dei prodotti (business continuity).

proprietà "mista" dell’hardware (Regione/ARPA FVG).

In aggiunta al servizio esistente di system management per tale infrastruttura, ARPA FVG affidava i servizi aggiuntivi di disaster recovery (back-up) e business continuity (replica dell’ambiente di calcolo e delle catene modellistiche su un ambiente gemello), la cui necessità si era palesata con il crash di NEXUS.

### 3.2 Consistenza attuale

Attualmente il cluster di calcolo parallelo FENICE è costituito da (Tab. 1):

- 14 nodi di calcolo (tutti HPE, Hewlett Packard Enterprise), di cui: 2 di proprietà ARPA, del 2021, con 192 CPU in totale; 12 di proprietà RAFVG, del 2015/2016, con 448 CPU in totale).
- 7 nodi (tutti DELL), con 172 CPU in totale, destinati a: accesso utenti (masternode), storage, servizi (gestore delle code, git, trac, jenkins, ganglia, data management, interfacce web, ecc.). Uno di questi nodi, destinato a storage, è di proprietà ARPA (del 2021), gli altri sono della RAFVG (2016-2018).

L’ambiente di calcolo parallelo (librerie, compilatori, moduli, workflow manager, ecc.) ed i servizi disponibili non vengono qui descritti per brevità.



Nodi	CPU	mem	CPUs	Anno	Funzione	Modello - unita' rack per nodo	Unità rack totali
1 storage (arpa)	2.20G	64G	28x1	2021	storage	Dell R740 - 2U	2U
2 computing (arpa)	2.30G	128G	96x2	2021	queue: 'arpa'	HPE DL560 - 2U	4U
4 computing	2.30G	126G	32x4	2015	queue: 'hp'	HPE DL560 - 2U	8U
8 computing	2.10G	126G	40x8	2016	queue: 'Julia'	HPE DL560 - 2U	16U
2 I/O server	2.10G	94G	32x2	2016	storage veloce	Dell R740 - 2U	4U
2 frontend	2.20G	64G	20x2	2018	login e home utenti	Dell R640 - 1U	2U
2 services	2.20G	64G	20x2	2018	pbspro, jenkins, git, trac, threads, ganglia, etc.	Dell R640 - 1U	2U
1 Switch Gigabit Ethernet						Dell - 1U	1U
1 Switch Gigabit Ethernet						Aruba - 1U	1U
1 Switch InfiniBand						Mellanox - 1U	1U
						Totale occupazione rack	41U

Tabella 1: Consistenza dell'infrastruttura HPC FENICE (settembre 2021). Un server di storage e 2 nodi di calcolo (prime due righe della tabella) sono stati acquistati dall'ARPA nel 2021. Nelle colonne: il numero di nodi di ciascun gruppo e la loro funzione; la frequenza di clock dei processori (Hz); la memoria (byte); l'anno di produzione; note ulteriori relative alla funzione; il modello e il numero di unità rack occupato da ciascun nodo; il numero totale di unità rack occupato da ciascun gruppo di nodi