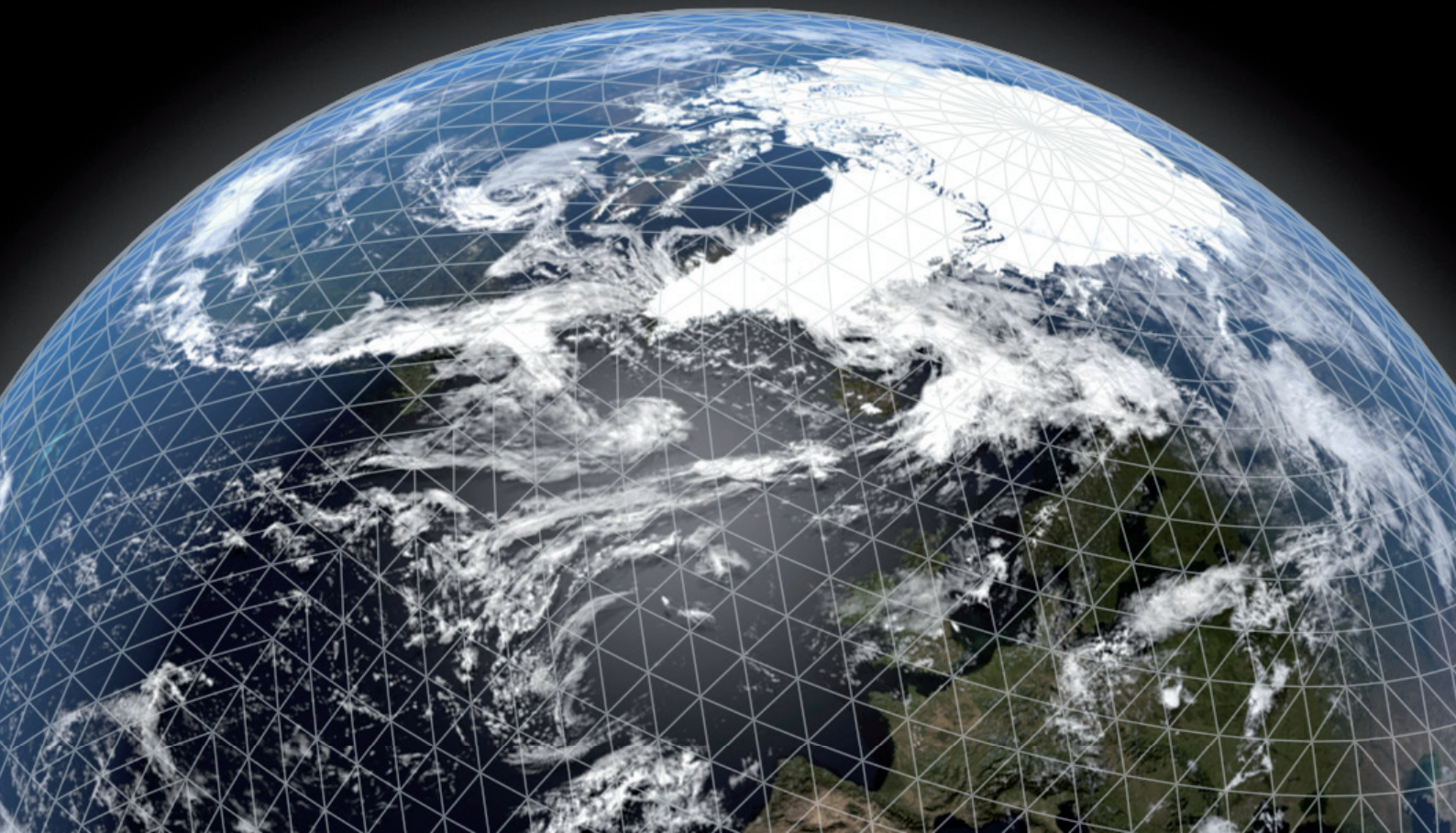




.....  
**LA FORZA DI UN OBIETTIVO COMUNE**  
.....











**ROADMAP PER IL 2025**



#### STATI MEMBRI A GENNAIO DEL 2016

-  **Austria** Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)
-  **Belgio** Royal Meteorological Institute of Belgium (RMI/KMI)
-  **Croazia** Meteorological and Hydrological Service of Croatia (DHMZ)
-  **Danimarca** Danish Meteorological Institute (DMI)
-  **Finlandia** Finnish Meteorological Institute (FMI)
-  **Francia** Météo-France
-  **Germania** Deutscher Wetterdienst (DWD)
-  **Grecia** Hellenic National Meteorological Service (HNMS)
-  **Irlanda** Met Éireann
-  **Islanda** Icelandic Meteorological Office (IMO)
-  **Italia** Ufficio Generale Spazio Aereo e Meteorologia (USAM)
-  **Lussemburgo** Air Navigation Administration
-  **Norvegia** Norwegian Meteorological Institute
-  **Paesi Bassi** Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)
-  **Portogallo** Portuguese Sea and Atmosphere Institute (IPMA)
-  **Regno Unito** Met Office
-  **Serbia** Republic Hydrometeorological Service of Serbia
-  **Slovenia** Meteorological Office, Slovenian Environment Agency (SEA)
-  **Spagna** Agencia Estatal de Meteorología / State Meteorological Agency (AEMET)
-  **Svezia** Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)
-  **Svizzera** Federal Office of Meteorology and Climatology MeteoSwiss
-  **Turchia** Turkish State Meteorological Service

#### STATI COOPERANTI A GENNAIO DEL 2016

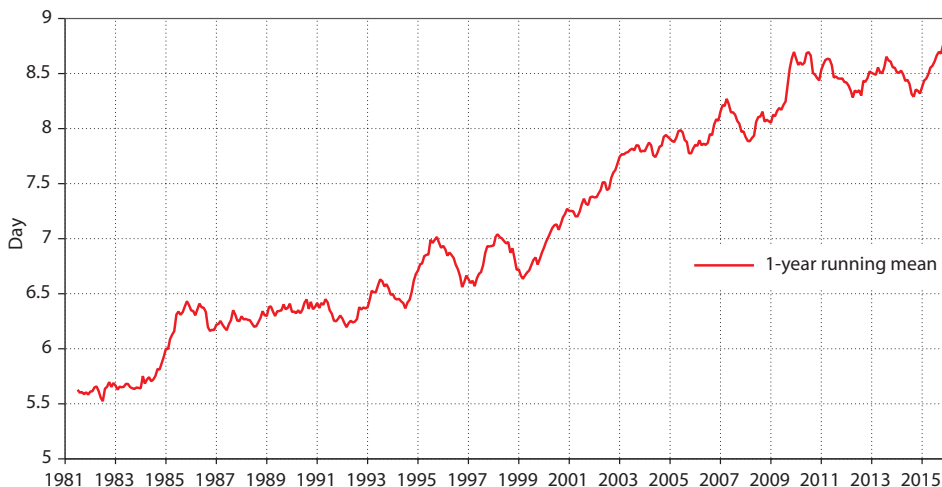
-  **Bulgaria** National Institute of Meteorology and Hydrology
-  **Estonia** Estonian Environment Agency
-  **ex Repubblica jugoslava di Macedonia** National Hydrometeorological Service Republic of Macedonia
-  **Israele** Israel Meteorological Service
-  **Lettonia** Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre
-  **Lituania** Lithuanian Hydrometeorological Service
-  **Marocco** Météorologie Nationale, Royaume du Maroc
-  **Montenegro** Institute of Hydrometeorology and Seismology of Montenegro (IHMS)
-  **Repubblica Ceca** Czech Hydrometeorological Institute (CHMI)
-  **Repubblica slovacca** Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ)
-  **Romania** National Meteorological Administration
-  **Ungheria** Hungarian Meteorological Service (OMSZ)

## LA METEOROLOGIA È IMPORTANTE

Il CEPMMT è un'organizzazione intergovernativa fondata nel 1975 su iniziativa di alcuni stati europei che desideravano unire le proprie risorse per trarre comune vantaggio da migliori previsioni meteorologiche numeriche.

Il ruolo del CEPMMT è sviluppare capacità di previsione meteorologica a medio termine e fornire queste previsioni ai suoi Stati Membri e Stati Cooperanti. A tale scopo, il CEPMMT sviluppa e utilizza a ciclo continuo 24/7 modelli globali e sistemi di assimilazione dei dati per analizzare dinamica, termodinamica e composizione dell'involucro fluido della Terra e le parti interagenti del sistema Terra. L'obiettivo principale del Centro è migliorare i prodotti di previsione meteorologica a medio termine globale dedicando particolare attenzione agli avvisi tempestivi di eventi meteorologici di elevata intensità. Ciò a sua volta consente ai servizi meteorologici nazionali di accedere a dati di qualità migliore e di risoluzione superiore da utilizzare per fornire servizi di previsione meteorologica.

L'attività scientifica del CEPMMT è basata su una strategia decennale sviluppata in stretta collaborazione con i suoi Stati Membri e riveduta e aggiornata ogni cinque anni. In questo modo il CEPMMT assicura che la sua strategia tenga conto degli ultimi sviluppi a livello scientifico, tecnologico ed economico.



*Evoluzione della capacità previsionale a medio termine del CEPMMT nel corso degli ultimi 35 anni. La curva mostra il numero di giorni in cui le previsioni forniscono informazioni utili. Questo valore viene definito come il giorno oltre il quale la correlazione di anomalia alla quota geopotenziale di 500 hPa nell'emisfero boreale scende al di sotto del 60%.*

## OBIETTIVI PER IL 2025

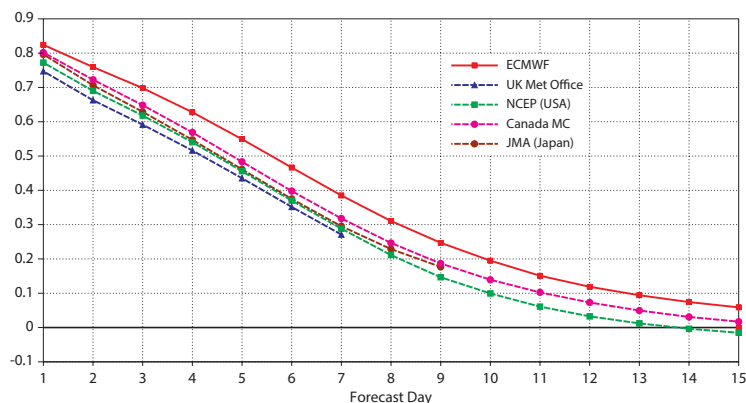
Fornire le informazioni di previsione necessarie per contribuire a salvare vite umane, proteggere l'infrastruttura e promuovere lo sviluppo economico nei Paesi Membri e nei Paesi Cooperanti attraverso:

**Ricerca** alle frontiere della conoscenza per sviluppare un modello globale integrato del sistema Terra in grado di produrre previsioni sempre più accurate con un anticipo temporale fino a un anno. In questo modo sarà possibile fronteggiare i problemi più difficili nel campo delle previsioni meteorologiche numeriche come ad esempio l'attuale capacità di previsione di basso livello delle condizioni meteorologiche in Europa con un mese di anticipo.

**Previsioni e analisi operative basate su un approccio di insieme** che siano in grado di descrivere i possibili scenari e indicare la loro probabilità di occorrenza e che consentano di aumentare le aspettative a livello internazionale per quanto riguarda qualità e affidabilità operativa. La capacità di previsione a medio termine nel 2016 si è estesa in media fino a circa una settimana di anticipo. Entro il 2025, l'obiettivo è effettuare previsioni d'insieme di buona qualità di eventi meteorologici di alto impatto con un anticipo fino a due settimane. Attraverso lo sviluppo di un approccio senza soluzione di continuità, ci prefiggiamo inoltre di prevedere andamenti su larga scala e transizioni di regime con un anticipo fino a quattro settimane, e le anomalie su scala mondiale con un anticipo fino a un anno.

La strategia del CEPMMT per i prossimi dieci anni, 'La forza di un obiettivo comune', definisce gli obiettivi ambiziosi richiesti per produrre previsioni di alta qualità di eventi meteorologici ad alto impatto con un anticipo fino a due settimane e dà priorità a previsioni basate su un approccio di insieme. Le previsioni di insieme, che forniscono una gamma di scenari probabili e danno un'indicazione del livello di affidabilità delle previsioni, sono operative al CEPMMT da quasi 25 anni. Questo approccio ha già consentito al CEPMMT di valutare la probabilità di eventi meteorologici estremi, cosa estremamente importante date le conseguenze potenzialmente disastrose di questi eventi. Per migliorare ulteriormente le sue capacità, questa strategia aspira a perfezionare le previsioni di insieme ad una risoluzione orizzontale di 5 km entro il 2025.

Per raggiungere gli ambiziosi obiettivi della strategia, il CEPMMT sta orientando la modellazione e l'assimilazione dei dati verso un approccio basato sul sistema Terra. Sebbene la modellazione del sistema Terra sia già iniziata, la sua applicazione all'assimilazione dei dati è qualcosa di completamente nuovo e il risultato potrebbe essere rivoluzionario. Sin dalla sua fondazione, il CEPMMT deve la sua posizione di primo piano alla creazione di un Centro di Eccellenza da parte dei suoi Stati Membri basato su una squadra di scienziati di altissimo livello e sull'uso di un sistema HPC di altissima potenza. Una delle priorità più importanti del CEPMMT è da un lato garantire la sua capacità di attrarre gli scienziati migliori del mondo e dall'altro poter fornire loro le migliori risorse di calcolo necessarie a raggiungere la sua missione chiave.



*Verifica della capacità di previsione d'insieme nel corso degli ultimi dodici mesi con confronto delle prestazioni del CEPMMT con quelle di altri centri globali. I valori più alti indicano una capacità superiore e 1 rappresenta una previsione perfetta. È importante notare che non tutti i centri producono previsioni d'insieme a due settimane.*

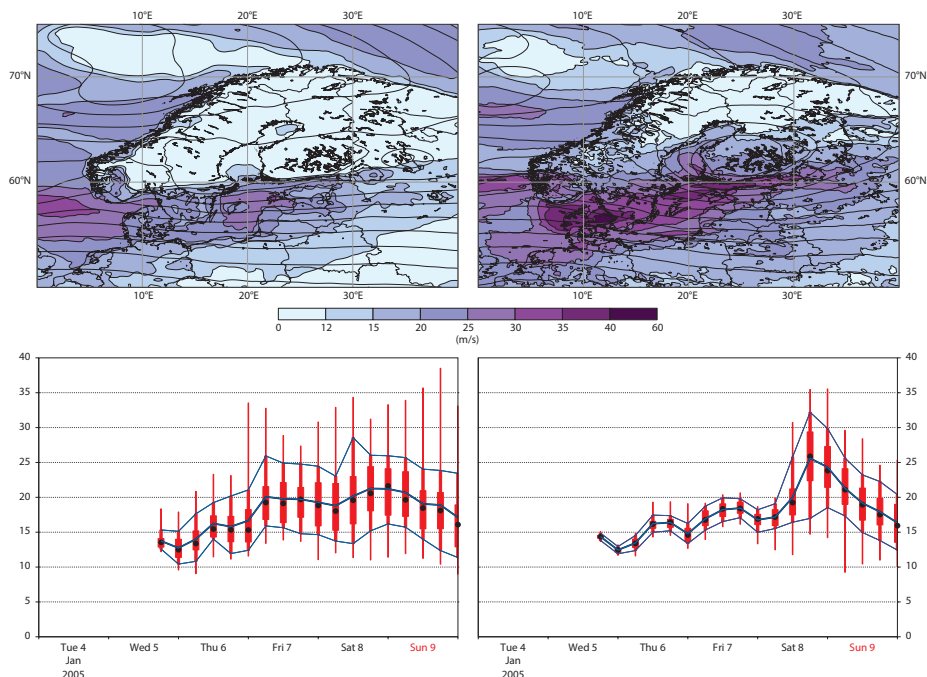
## CHE DIFFERENZA POSSONO FARE DIECI ANNI?

La scienza del tempo è stata descritta come una rivoluzione silenziosa, in quanto tende ad evolversi e a progredire in modo incrementale. Dieci anni di sviluppi scientifici producono tuttavia progressi che possono fare la differenza tra la vita e la morte se consentono di produrre avvisi tempestivi.

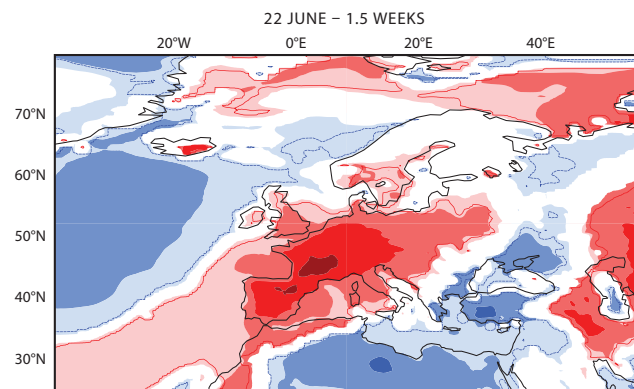
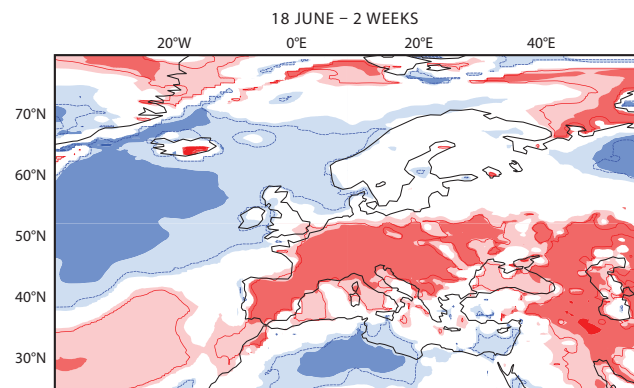
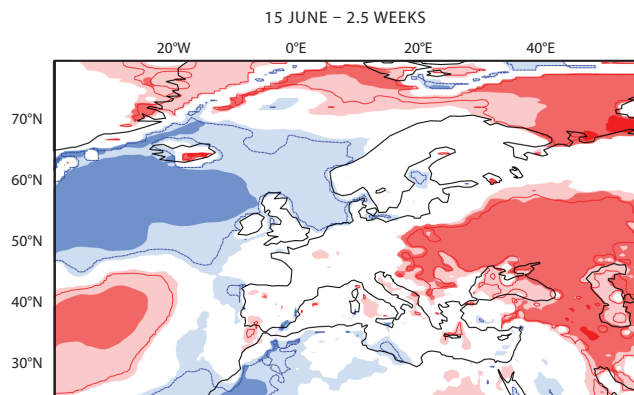
I due esempi riportati sotto illustrano dove vogliamo arrivare nel 2025, alla scadenza della nostra strategia.

Una riesecuzione delle previsioni della tempesta di vento Gudrun che ha colpito la Svezia a gennaio del 2005, mostra quanto progresso è stato compiuto negli ultimi dieci anni.

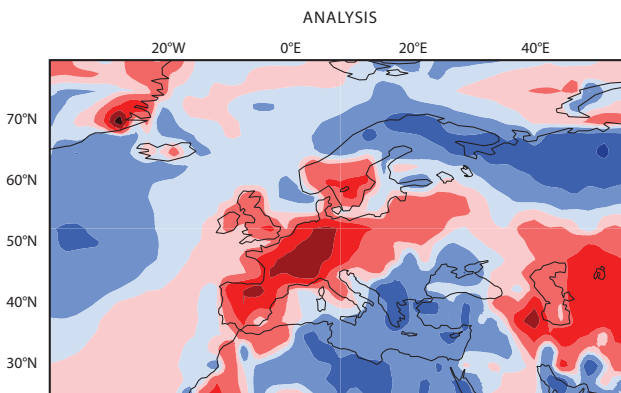
Nelle previsioni di oggi, l'incertezza per quanto riguarda le previsioni di raffiche di vento è molto inferiore a quella di dieci anni fa, come dimostrato dall'intervallo più ristretto nei diagrammi box-and-whisker. Le previsioni odierne sono inoltre molto più accurate: la previsione di raffiche di vento superiori a 30 m/s nella previsione ad alta risoluzione per aree della Svezia meridionale riflettono in modo più ravvicinato i valori osservati delle raffiche tra 30 e 35 m/s nella stessa regione rispetto ai valori da 15 a 25 m/s previsti nel 2005. Nel 2025, ci attendiamo previsioni affidabili di tempeste come questa con un anticipo medio di 10 giorni dall'evento e in alcuni casi con un anticipo fino a due settimane.



La tempesta di vento Gudrun ha colpito la Scandinavia l'8 e il 9 gennaio 2005. Il diagramma in alto a sinistra mostra la previsione a 3,5 giorni del CEPMMT della pressione superficiale (curve) e delle raffiche di vento massime (ombreggiatura) fornita a quel tempo. Il diagramma box-and-whisker riportato sotto mostra la previsione d'insieme corrispondente per un'area che si trova nella parte più meridionale della Svezia fino al giorno 4. I diagrammi a destra mostrano le previsioni equivalenti prodotte utilizzando il sistema di previsione del 2016. I netti miglioramenti riscontrati nelle previsioni odierne possono essere attribuiti a una migliore parametrizzazione fisica, a una risoluzione effettiva migliore e al modo in cui rappresentiamo l'incertezza del modello e la dipendenza di flusso dell'errore del modello.



Nell'estate del 2015 si è verificata un'ondata di calore pericolosa in Europa a partire dall'inizio di luglio. Sebbene in base alle nostre previsioni avessimo notato segni sporadici del suo arrivo due settimane e mezzo prima, due settimane prima del suo arrivo questo evento venne previsto in modo chiaro e costante. La nostra strategia aspira a rendere costantemente visibili previsioni di eventi ad alto impatto e andamenti su larga scala come questi con un anticipo medio di tre settimane e in certi casi con un anticipo di quattro settimane, in modo che i servizi competenti e la popolazione abbiano più tempo per prepararsi.



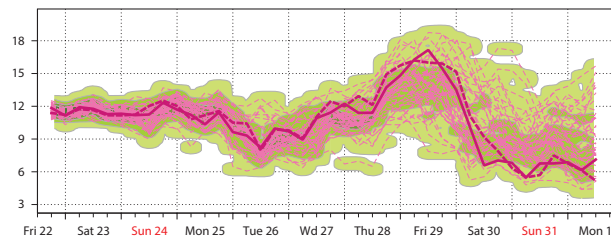
Previsione della temperatura a 2 metri: anomalia settimanale dal 29 giugno al 5 luglio 2015 per previsioni e analisi inizializzate il 22 giugno, 18 giugno e 15 giugno.

# APPROCCIO STRATEGICO DEL CEPMMT

L'estensione dei limiti di ricerca contribuirà a migliorare la nostra comprensione delle fonti di prevedibilità alle scale temporali pertinenti e a sviluppare ulteriormente il sistema IFS (Integrate Forecasting System) per poter estrarre il segnale prevedibile. Entro il prossimo decennio, la nostra strategia aspira a portare l'anticipo delle previsioni di eventi meteorologici ad alto impatto a due settimane e fino a quattro settimane per eventi con andamento su larga scala. In questo modo sarà possibile migliorare l'anticipo con il quale i vari servizi meteorologici nazionali potranno fornire avvisi di ondate di calore o di freddo.

## Previsione d'insieme: per fornire avvisi tempestivi di eventi meteorologici estremi

Il miglioramento della nostra capacità di prevedere eventi meteorologici ad alto impatto sarà affidato all'esecuzione del sistema di previsione d'insieme ad alta risoluzione con un anticipo fino a due settimane. Un obiettivo ambizioso per questo sistema d'insieme è raggiungere una risoluzione orizzontale di circa 5 km entro il 2025, ma ciò dipende dai progressi che verranno fatti a livello scientifico, di calcolo e di scalabilità. Una risoluzione di questo livello è indispensabile per consentire al modello di simulare i fenomeni meteorologici che hanno i maggiori effetti su persone e proprietà. Un'elevata risoluzione offre inoltre vantaggi di importanza cruciale per quanto riguarda la riduzione degli errori relativi alle condizioni di partenza in quanto ciò consentirebbe di assimilare meglio tutti i tipi di osservazione, aumentare la precisione dei calcoli numerici e, in particolare, migliorare la descrizione degli elementi meteorologici di superficie. Un approccio d'insieme è inoltre indispensabile a causa dell'incertezza insita nelle previsioni e della necessità di determinare in modo adeguato la probabilità di eventi meteorologici estremi, dati i potenziali effetti disastrosi di questi eventi. Per scale temporali più estese, le configurazioni del modello utilizzato per le previsioni stagionali e sottostagionali convergeranno gradualmente durante il periodo coperto dalla strategia.



*L'incertezza della previsione può essere visualizzata attraverso pennacchi di previsione che si allargano man mano che la previsione diventa sempre più incerta. Ciò viene mostrato qui in esempi di previsione della temperatura (°C) a 850 hPa.*

## Un approccio orientato al sistema Terra

Gli obiettivi chiave per poter fornire previsioni d'insieme di alta qualità di eventi meteorologici ad elevato impatto con un anticipo fino a due settimane e poter prevedere andamenti su larga scala e transizioni di regime con un anticipo fino a quattro settimane richiedono non solo un miglioramento del modello dell'atmosfera ma anche una maggiore attenzione ai componenti aggiuntivi del sistema Terra, compresi gli oceani, le onde, il ghiaccio marino, la superficie del terreno, aerosol e tutte le loro interazioni.

## Sviluppo del modello

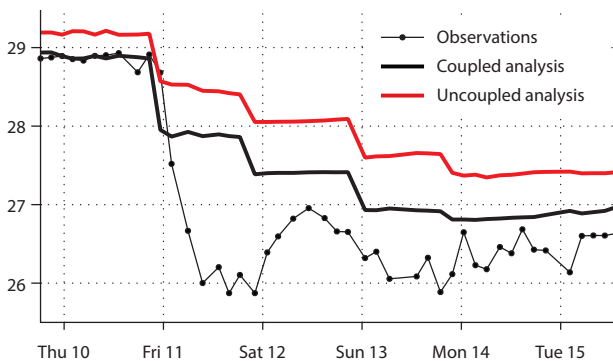
Gli attuali modelli di previsione globale sono in grado di definire scale atmosferiche fino a decine di chilometri e includono interazioni con oceani e la superficie del terreno. Per poter migliorare il realismo e la qualità delle previsioni, è necessario includere più componenti nel modello e ottenere una risoluzione spaziale superiore.

Per i prossimi dieci anni è indispensabile condurre ricerche per migliorare la comprensione dei processi fisici che avvengono nell'atmosfera, in modo da ottenere una migliore rappresentazione delle nubi e delle precipitazioni, della radiazione, del mescolamento turbolento e della convezione. Il modello atmosferico verrà utilizzato in una gamma sempre più estesa di scale a risoluzione spaziale, da

risoluzioni più basse per previsioni stagionali fino a insieme a risoluzione più elevata dove la convezione profonda verrà rilevata a una risoluzione sempre maggiore. Per assicurare che i processi fisici del modello funzionino efficacemente e uniformemente per tutte queste risoluzioni è necessario altro lavoro di ricerca. Ulteriori progressi per quando riguarda la modellazione della superficie del terreno sono indispensabili per tutte le scale temporali di previsione ed è inoltre indispensabile sviluppare ulteriormente la modellazione dell'oceano, delle onde superficiali, della criosfera e della fisica degli aerosol. Per ottenere un efficace insieme di previsione è inoltre indispensabile condurre ulteriori ricerche per scoprire modi di rappresentare l'incertezza inerente dei processi fisici in tutti i componenti del sistema Terra.

### Comprensione del presente: assimilazione delle osservazioni

La capacità di previsione del CEPMMT è spesso legata alla sua abilità e competenza per quanto riguarda la ricerca e le tecniche pionieristiche di assimilazione dei dati. Le iniziative proattive per trovare soluzioni innovative per l'assimilazione dei dati (come ad esempio tecniche



#### Impatto dell'assimilazione accoppiata durante un ciclone.

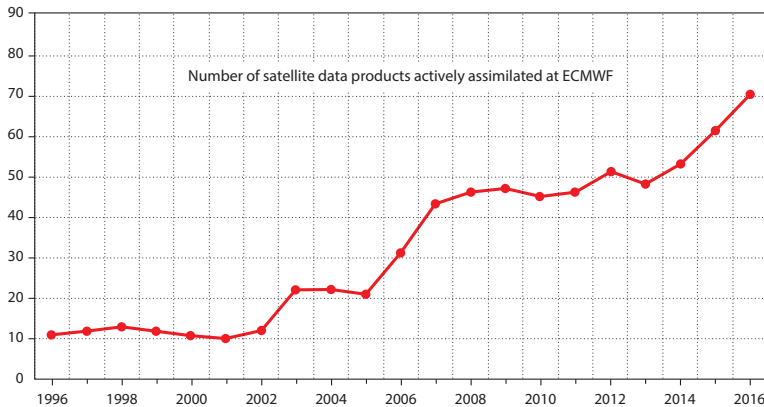
La linea punteggiata mostra le osservazioni della temperatura oceanica nel tempo a una profondità di 40 metri misurata da una sonda galleggiante Argo situata sul percorso del ciclone Phailin. La temperatura è scesa venerdì 11 ottobre 2013 in seguito alla scia fredda prodotta dal ciclone. La differenza tra le curve rossa e nera di maggiore spessore mostra l'impatto dell'uso di un sistema di assimilazione accoppiata. L'analisi accoppiata (curva nera) è più vicina alle osservazioni effettuate in situ in parte a causa di un uso migliore delle misurazioni satellitari del vento di superficie.

variazionali e insieme di assimilazioni di dati), oltre a framework di stretta collaborazione con fornitori di dati (EUMETNET per dati in situ, EUMETSAT e altre agenzie spaziali per osservazioni satellitari) hanno svolto un ruolo importante per il mantenimento della posizione di primo piano del CEPMMT in questo campo.

Poiché l'attività di previsione del CEPMMT si affida sempre più a una modellazione accoppiata, occorre tenere conto delle interazioni tra i diversi componenti, non solo durante la previsione ma anche per la definizione delle condizioni di partenza delle previsioni. Il CEPMMT ha iniziato a esplorare un nuovo sistema di assimilazione accoppiata per inizializzare le previsioni meteorologiche numeriche in modo più completo ed equilibrato. Un approccio di questo tipo potrebbe potenzialmente portare a un migliore utilizzo delle misurazioni satellitari e a un miglioramento della qualità delle nostre previsioni. Ciò porterà a una riduzione delle perturbazioni di inizializzazione in previsioni accoppiate tenendo pienamente conto delle interazioni tra i componenti. Porterà inoltre alla generazione di uno stato del sistema Terra coerente per l'inizializzazione delle previsioni in tutte le scale temporali.

La nostra strategia orientata a una risoluzione spaziale superiore e a un maggiore accoppiamento di componenti diversi del sistema Terra richiederà nuove osservazioni. Sebbene il CEPMMT utilizzi osservazioni fornite da numerosi tipi di strumenti, tra cui palloni, radar, aeromobili, ecc., oltre il 95% dei 40 milioni di osservazioni elaborate ogni giorno vengono fornite da satelliti. Il CEPMMT lavora a stretto contatto con agenzie spaziali di tutto il mondo e in particolare con la sua organizzazione sorella EUMETSAT, per assicurare che tali strumenti soddisfino le esigenze meteorologiche. Nei prossimi dieci anni verranno introdotti i primi strumenti iperspettrali in orbite geostazionarie, oltre all'introduzione del sistema polare di EUMETSAT di 2a generazione in orbita terrestre bassa, che conterrà strumenti nuovi e migliorati, e che rafforzerà inoltre la capacità di sondaggio a microonde di base. Inoltre collaboreremo strettamente allo sviluppo del sistema USA di nuova generazione JPSS e all'evoluzione del programma cinese Feng Yun. Oltre a tutto ciò, sono previste interessanti missioni dimostrative di carattere scientifico e tecnico come ad esempio ADM-Aeolus e EarthCARE di ESA per le quali il CEPMMT rimane, e cercherà di rimanere, all'avanguardia per quanto riguarda la ricerca nel campo dell'assimilazione di nuove osservazioni.





*Questo grafico mostra il numero di prodotti di dati satellitari assimilati attivamente al CEPMMT. Ogni giorno il Centro elabora una media di 40 milioni di osservazioni provenienti da oltre 70 strumenti. La collaborazione con l'organizzazione sorella EUMETSAT e anche con ESA, CMA, JMA, NASA, NOAA e altre organizzazioni assicura che il CEPMMT abbia accesso alle osservazioni meteorologiche richieste. L'uso di dati satellitari da parte del CEPMMT è destinato a crescere in seguito agli entusiasmi progressi nel campo della tecnologia spaziale e al lancio di nuovi strumenti programmato dalle agenzie spaziali.*

## Un approccio scalabile al supercalcolo

L'evoluzione verso una modellazione del sistema Terra ad alta risoluzione introduce problemi a livello di scalabilità e operatività che verranno affrontati attraverso l'utilizzo di metodologie scientifiche e di calcolo fondamentalmente nuove. Considerare la capacità di calcolo indipendentemente da un approccio scalabile non è un'opzione. Per raggiungere questi ambiziosi obiettivi, garantendo al contempo una sostenibilità ambientale ed economica, il CEPMMT ha bisogno di poter accedere alla tecnologia di calcolo più adatta e di sviluppare contemporaneamente il proprio approccio scalabile allo sviluppo del codice sorgente.

### Scalabilità: i codici sorgente devono essere scalabili per poter utilizzare in modo efficiente la potenza di calcolo disponibile

Un codice scalabile è richiesto in tutte le parti del processo di previsione, dagli input di osservazione fino alla modellazione delle previsioni e dalla generazione fino alla fornitura delle previsioni agli utenti degli Stati Membri. Le previsioni di insieme ad alta risoluzione di prossima generazione richiedono operazioni numeriche e di calcolo di un ordine di grandezza molto superiore rispetto alle attuali previsioni e a ciò bisogna aggiungere il notevole aumento previsto nel volume dei dati di osservazione. Con l'aumento del volume dei dati, i tempi di produzione devono rimanere entro il limite di un'ora per rispettare le rigide scadenze degli Stati Membri. Al tempo stesso, il settore dei sistemi di calcolo ad alte prestazioni è in rapida

evoluzione ed emergono continuamente nuove soluzioni come ad esempio l'utilizzo di sistemi accelerati e l'uso di core leggeri con larghezza di banda ad elevata memoria. Per implementare un approccio integrato a elementi come i metodi numerici, le risorse informatiche hardware e la progettazione di codici, è necessario un cambiamento di paradigma.

Per riuscire a implementare questa strategia sono necessari progressi nel campo delle previsioni meteorologiche numeriche e della scienza di calcolo che mirino a produrre tecnologia e algoritmi ad alta efficienza energetica e a ottenere stabilità e accuratezza numerica. Tutto ciò dipende inoltre dalla capacità del Centro di mantenere e sviluppare stretti contatti con i maggiori fornitori in modo da poter beneficiare delle loro roadmap tecnologiche e al contempo stare al passo con lo sviluppo di possibili nuove tecnologie di rottura.

Sono già stati avviati progetti di ricerca per l'esplorazione di future architetture eterogenee per computer ed è importante che entro il periodo coperto dalla nostra strategia il CEPMMT si prepari all'adozione del migliore modello possibile, in modo da tenere conto e far fronte alle future restrizioni a livello di potenza di calcolo e gestione dei dati.

**Il CEPMMT aspira a fornire impianti di calcolo ad alte prestazioni che consentano di sfruttare i vantaggi delle innovazioni in questo settore in modo sostenibile per l'ambiente e con un uso efficiente dell'energia.**

Nel corso degli ultimi quarant'anni, il CEPMMT ha goduto del supporto di un numero sempre maggiore di Stati Membri e Stati Cooperanti: supporto finanziario ma anche a livello di cooperazione scientifica e condivisione di competenze. Il CEPMMT ha inoltre esteso il suo approccio collaborativo attraverso cooperazioni di vario tipo con servizi meteorologici, centri di ricerca, università, agenzie spaziali in Cina, USA, Brasile, Giappone e naturalmente con l'OMM (Organizzazione Meteorologica Mondiale). Pur avendo un ruolo indipendente, il CEPMMT ha allacciato una stretta partnership con l'Unione Europea. Le sovvenzioni di ricerca concesse dalla UE hanno consentito al Centro di sviluppare le sue competenze in vari campi tra cui la scalabilità e le previsioni stagionali. Più recentemente, il CEPMMT è diventato l'operatore di due servizi del prestigioso programma Copernicus dell'UE riguardanti il cambiamento climatico e il monitoraggio dell'atmosfera.

La strategia del CEPMMT è il frutto di questa ampia collaborazione e il suo successo dipende dallo spirito di collaborazione che ha caratterizzato il CEPMMT e la sua comunità.

