

Lo studio del cambiamento globale e della predicibilità climatica in ENEA tramite l'utilizzo di modelli del Sistema Terra

Possibili cambiamenti futuri nella distribuzione su scala globale delle aree a clima mediterraneo e progressi nelle previsioni climatiche tramite il modello del Sistema Terra EC-Earth

DOI 10.12910/EAI2016-010

di **Andrea Alessandri** e **Franco Catalano**, ENEA

La possibilità di prevedere il clima (predicibilità) deriva dall'interazione dell'atmosfera con componenti del sistema caratterizzate da variabilità lenta, come oceano e superficie terrestre. In particolare, recenti studi ENEA [1, 2] hanno evidenziato l'importante contributo di vegetazione, umidità del suolo ed evapotraspirazione alla predicibilità della precipitazione. Per studiare il clima del passato e del presente e per prevedere quali saranno le probabilità di anomalie climatiche per la prossima stagione o le tendenze tra qualche anno o tra qualche secolo, si utilizzano dei mo-

delli matematici che risolvono numericamente le complesse equazioni del moto dell'atmosfera e dell'oceano. Il Sistema Terra si basa su un intervallo ampio di interazioni dinamiche, fisiche, biologiche e chimiche che interessano la variabilità spaziale e temporale su più scale, meteorologiche e climatiche. L'importanza dei cicli biogeochimici e delle interazioni tra biosfera terrestre e clima (incluso l'effetto antropico) ha portato negli ultimi anni allo sviluppo di veri e propri modelli globali del Sistema Terra che hanno permesso di conseguire continui miglioramenti nella previsione del Clima. Tali mo-

delli consentono infatti di simulare il ciclo del carbonio nel Sistema Terra ed i relativi processi biofisici e biogeochimici, considerando quindi in modo esaustivo gli effetti dei gas ad effetto serra su variabilità e cambiamento climatico.

Le attività ENEA nell'ambito della modellistica e della predicibilità climatica per mezzo dell'utilizzo dei modelli del Sistema Terra sono presenti nel panorama europeo e internazionale grazie alle proposte innovative all'interno del consorzio EC-Earth per lo sviluppo del modello del Sistema Terra europeo (EC-Earth; <http://www.ec-earth>).

org/), alla partecipazione come uno dei main partner dell'EU-FP7 Collaborative-project *Seasonal-to-decadal climate Prediction for the improvement of European Climate Service* (SPECS; <http://specs-fp7.eu/>) ed alla costituzione di un network internazionale di collaborazioni tramite il progetto Marie Curie FP7 *Performance and usefulness of CLimate predictions: Beyond current liMITationS* (CLIMITS; <http://tinyurl.com/fp7-iof-climits>).

Grazie alle notevoli competenze acquisite, ENEA ha potuto partecipare alla call H2020 *Advanced Earth-system models; SC5-01-2014* come uno dei main partners del HORIZON 2020 Collaborative-Project *Coordinated Research in Earth Systems and Climate: Experiment, kNowledge, Dissemination and Outreach* (CRESCENDO; Coordinatore Leeds University). Il progetto è stato finanziato e, formalmente iniziato il 1 novembre 2015, ha l'obiettivo di sviluppare una nuova generazione di modelli del Sistema Terra europei che migliori la rappresentazione dei processi e la affidabilità delle proiezioni climatiche globali. I miglioramenti apportati a EC-Earth saranno la base modellistica per il contributo alle simulazioni degli scenari climatici (*Coupled Models Intercomparison Project Phase 6; CMIP6*) che vedrà ENEA per la prima volta in prima linea insieme ai maggiori Centri Climatici mondiali nel percorso verso il prossimo assessment report dell'IPCC (AR6) atteso verso fine 2020. In particolare, nell'ambito di CRESCENDO, ENEA implementerà e utilizzerà approcci innovativi per analizzare le simulazioni storiche e di scenario compiute, al fine di meglio comprendere le interazioni tra uso del suolo e cambiamenti climatici.

La proiezione dei cambiamenti delle aree a clima Mediterraneo nel 21mo secolo usando i modelli del Sistema Terra

Uno studio ENEA basato sulle ultime proiezioni climatiche per il secolo in corso, che utilizza l'insieme dei modelli del Sistema Terra disponibili nella comunità scientifica internazionale, ha recentemente evidenzia-

to una situazione di particolare criticità nelle aree a clima Mediterraneo [3]. Infatti, lo studio ENEA ha evidenziato come le regioni del pianeta con clima di tipo mediterraneo siano tra le più vulnerabili ai cambiamenti climatici. In particolare le zone euro-mediterranee meridionali come l'Italia peninsulare e il sud di Spagna, Grecia e Turchia potrebbero diventare sub-aride e aride, con estati ed

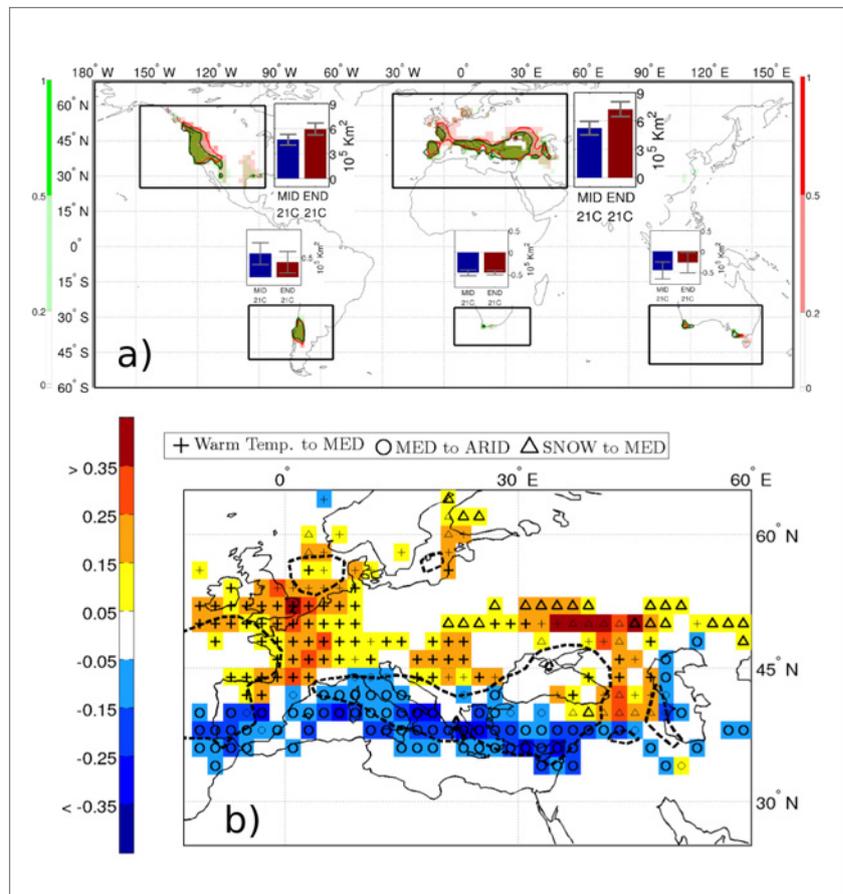


Fig. 1 a) Probabilità associata al clima di tipo mediterraneo dalle simulazioni CMIP5. In rosso per il periodo 2070-2100, in verde per il periodo 1979-2005. Gli istogrammi indicano, per ogni area sensibile, il cambiamento di area associata a clima mediterraneo rispetto al 1979-2005, in blu per il 2035-2065 ed in rosso per il 2070-2100. b) Proiezioni di cambiamento del clima nella regione euro-mediterranea. La scala di colore rappresenta la probabilità di variazione del clima mediterraneo nel periodo 2070-2100 rispetto al clima presente (periodo 1979-2005). I simboli indicano il tipo di transizione dominante: da clima temperato a mediterraneo (Warm Temp. to MED, croci); da clima mediterraneo a clima arido (MED to ARID, cerchi); da clima freddo con neve a mediterraneo (SNOW to MED, triangoli)

Fonte: [3]

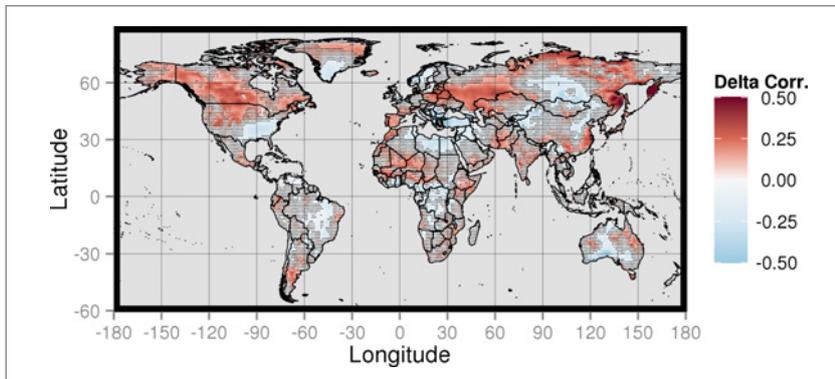


Fig. 2 Miglioramento dello skill (differenza di correlazione con le osservazioni) del modello in seguito alla nuova parametrizzazione della vegetazione sviluppata da ENEA per la temperatura a 2 m in inverno (dicembre-gennaio-febbraio), previsione a 1 mese
Fonte: [4]

inverni sempre più secchi rispetto a oggi (Figura 1). Questo è quanto emerge dall'articolo pubblicato da *Nature Scientific Reports* che riporta i risultati della ricerca ENEA in collaborazione con altri istituti di ricerca internazionali.

Lo studio delinea i possibili cambiamenti futuri nella distribuzione su scala globale delle aree a clima mediterraneo, tipicamente caratterizzate da estati asciutte e inverni umidi, evidenziando una loro espansione verso Nord e verso Est nel bacino euro-mediterraneo. Anche la parte occidentale del Nord America potrebbe essere interessata dallo stesso fenomeno. Queste proiezioni climatiche mettono in evidenza scenari che comportano serie ripercussioni sulle condizioni di vita in alcune delle aree più densamente abitate del pianeta.

Il miglioramento della predicibilità climatica nelle aree continentali alle diverse scale temporali usando il modello EC-Earth

Lo stato e la variabilità di superfici continentali e vegetazione caratte-

rizzano l'evoluzione di importanti parametri biofisici: evapotraspirazione, rugosità superficiale, contenuto d'acqua del terreno e albedo. Le dinamiche di vegetazione in particolare si sviluppano su un arco ampio e continuo di scale temporali, da quelle caratteristiche delle previsioni meteorologiche con orizzonte di 3-4 giorni, alla scala stagionale, decennale, fino alle scale caratteristiche del cambiamento climatico (centinaia di anni). Di conseguenza, una realistica modellazione delle dinamiche e degli effetti della vegetazione nei modelli climatici contribuisce in maniera decisiva al miglioramento delle previsioni climatiche.

A tale scopo è stata sviluppata in ENEA una nuova versione dello schema delle superfici continentali in grado di massimizzare la sensibilità del modello alla variabilità della vegetazione. In particolare, la evapotraspirazione, la rugosità superficiale, la capacità di campo del suolo e l'albedo sono ora rese dipendenti dalla vegetazione e dalla sua variabilità temporale.

La versione modificata di EC-Earth è stata utilizzata per eseguire delle previsioni climatiche retrospettive

e per valutare gli effetti della vegetazione sulla predicibilità del clima. I risultati mostrano un aumento significativo della performance del modello nella versione sviluppata da ENEA (MODIF) rispetto a quella originale (CTRL). In particolare, si osserva un notevole miglioramento nella previsione della temperatura a 2 m nella stagione invernale su Europa, Nord America, Nord Est, Argentina, Sahel, India, Medio Oriente, foreste boreali della Russia e costa Pacifica del continente asiatico (Figura 2). Il miglioramento è da attribuirsi principalmente alla variabilità introdotta sull'effetto di mascheramento della copertura nevosa da parte della vegetazione arborea ed al conseguente effetto sulla riflettività della radiazione solare alla superficie (albedo superficiale). Allo stesso tempo, sono stati osservati notevoli miglioramenti nella previsione della precipitazione, in particolar modo nella stagione estiva.

I risultati evidenziano come l'aumento della sensibilità del modello alla vegetazione permetta di migliorare le capacità predittive a scala globale anche su orizzonti di previsione lunghi, fino a cinque anni (Figura 3). Gli sviluppi del modello e la sensibilità delle previsioni climatiche alla vegetazione sono descritti in un articolo redatto in collaborazione con altri istituti di ricerca internazionali, in corso di pubblicazione su *Climate Dynamics* [4].

La vegetazione ha effetti rilevanti, sia locali e sia remoti, sul fenomeno delle onde di calore, mediati da evapotraspirazione, umidità del suolo ed albedo. La versione di EC-Earth migliorata da ENEA ha evidenziato un sensibile progresso nella previsione della temperatura a 2 m nella regione euro-mediterranea, inclusa



la previsione delle anomalie estive legate al persistere di onde di calore, che appaiono ancora così difficili da prevedere. In particolare, la dinamica della vegetazione introdotta da ENEA appare amplificare le anomalie di temperatura migliorando così considerevolmente la previsione delle anomalie legate all'onda di calore del 2003 sull'Europa (Figura 4). I risultati dello studio sono descritti in un articolo in preparazione [5].

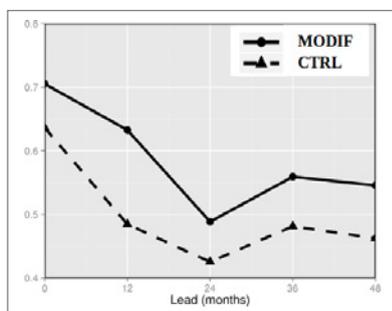


Fig. 3 Miglioramento della performance del modello a differenti orizzonti temporali di previsione per la temperatura a 2 metri. Le linee rappresentano la media, sull'intero globo, delle correlazioni con le osservazioni per la temperatura a 2 m. La linea continua corrisponde alla versione del modello migliorata da ENEA e la linea tratteggiata corrisponde alla versione originale del modello
Fonte: [4]

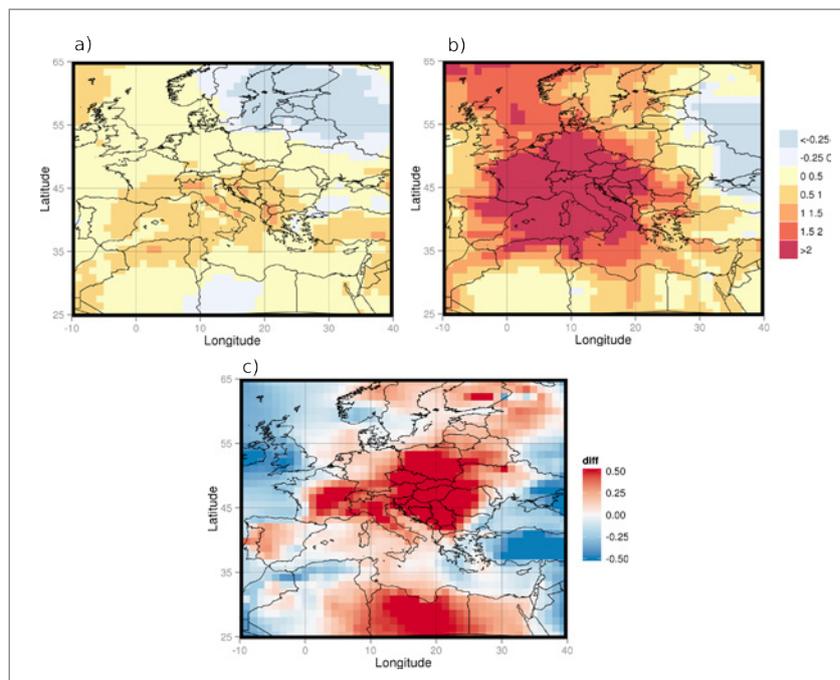


Fig. 4 Temperatura a 2 m durante l'onda di calore dell'estate (giugno-luglio-agosto) 2003: a) anomalie nella versione originale del modello; b) anomalie nelle osservazioni; c) differenza di anomalie nella versione sviluppata da ENEA rispetto alla versione originale
Fonte: [5]

Per saperne di più:
andrea.alessandri@enea.it

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Alessandri, A. Navarra (2008), "On the coupling between vegetation and rainfall inter-annual anomalies: Possible contributions to seasonal rainfall predictability over land areas", *Geophys. Res. Lett.*, 35, L02718, doi:10.1029/2007GL032415
- [2] F. Catalano, A. Alessandri, M. De Felice, Z. Zhu, R. B. Myneni (2016), "Observationally based analysis of land-atmosphere coupling", *Earth Syst. Dynam.*, 7, 251-266, doi:10.5194/esd-7-251-2016"
- [3] A. Alessandri, M. De Felice, N. Zeng, A. Mariotti, Y. Pan, A. Cherchi, J-Y. Lee, B. Wang, K-J. Ha, P. Ruti, V. Artale (2014), "Robust assessment of the expansion and retreat of Mediterranean climate in the 21st century", *Nature Sci. Rep.*, 4, 7211, doi:10.1038/srep07211. <http://www.nature.com/srep/2014/141202/srep07211/full/srep07211.html>
- [4] A. Alessandri, F. Catalano, M. De Felice, B. Van Den Hurk, F. Doblas Reyes, S. Boussetta, G. Balsamo, P. Miller (2016), "Multi-scale enhancement of climate prediction over land by increasing the model sensitivity to vegetation variability in EC-Earth".
- [5] F. Catalano, A. Alessandri, M. De Felice (2016), "Vegetation contribution to seasonal climate prediction", In preparation