

CAMBIAMENTI CLIMATICI: FATTI VS SPECULAZIONI

CARLO CACCIAMANI

Direttore Servizio IdroMeteoClima Arpa Emilia Romagna

1. INTRODUZIONE: IL CLIMA STA CAMBIANDO

Le intense anomalie climatiche verificatesi nel corso dell'ultimo decennio hanno unanimemente indotto la comunità scientifica ad ammettere l'esistenza di una modificazione del clima osservato, dovuta alle attività umane. Durante l'ultimo secolo, l'uomo ha provocato un profondo mutamento nella composizione dell'atmosfera terrestre per quanto riguarda specie chimiche che contribuiscono alla determinazione dell'equilibrio radiativo del nostro pianeta. Variazioni anche piccole nelle concentrazioni di "gas serra" possono modificare la forzatura radiativa del clima e l'equilibrio del sistema climatico terrestre sia a livello globale che a livello regionale. Dal IV report pubblicato nel 2007 dal WG1 dell'IPCC (www.ipcc.ch) emergono per l'intero pianeta alcune conclusioni che possono essere così riassunte:

- L'insieme crescente delle osservazioni disponibili presenta l'immagine di un mondo in via di generale riscaldamento con rilevanti evidenze di cambiamenti nel sistema climatico;
- Le emissioni di gas serra ed aerosol dovute alle attività umane continuano ad alterare l'atmosfera e ad influire sul clima;
- Nuove e più stringenti prove confermano che il riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni si possa attribuire alle attività umane;
- L'uomo continuerà a modificare la composizione atmosferica per tutto il secolo 21°;
- Tutti gli scenari esaminati conducono ad un futuro stato del pianeta caratterizzato da un aumento globale delle temperature e del livello dei mari;
- Il cambiamento climatico dovuto all'attività umana persisterà per molti secoli.
- Anche applicando interventi di mitigazione per limitare il riscaldamento globale al di sotto dei 2°C rispetto al periodo pre-industriale dovranno essere comunque fronteggiati gli impatti dovuti al cambiamento climatico già in atto.

2. I CAMBIAMENTI A SCALA LOCALE

Il segnale di cambiamento è visibile anche alla scala locale: ad esempio alla scala del Nord Italia e dell'Emilia-Romagna si notano dei chiari segni di cambiamento sia per quanto concerne le temperature, sia per le piogge. Ad esempio, le temperature massime (Figura 1) mostrano un'evidente impennata dall'inizio degli anni '80 sino a tutt'oggi con una crescita dell'ordine di quasi 2°C in poco più di 40 anni (circa 0.5°C/10 anni). Tale segnale è visibile in tutte le stagioni. In particolare, durante la stagione estiva si osservano valori di temperatura massima sempre superiori ai valori di riferimento climatici. Per quanto concerne le precipitazioni (Figura 2) si denota una generale tendenza negativa che in realtà sembra essere dovuta, più che ad una graduale e costante diminuzione delle piogge in tutto il periodo, ad una diminuzione repentina del valor medio della distribuzione, avvenuta all'inizio degli anni '80; è infatti abbastanza evidente come il tipico andamento altalenante che evidenzia la variabilità inter-annuale si sia spostato al di sotto dei valori della media climatica trentennale (calcolata nel periodo di riferimento 1960-1990) a partire dall'inizio appunto degli anni ottanta.



Figura 1: andamento delle temperature massime giornaliere (medie annuali) nel periodo 1961-2006. Media regionale calcolata su un insieme di circa 30 stazioni meteorologiche ubicate sul territorio regionale



Figura 2: Andamento delle precipitazioni medie annuali in regione Emilia-Romagna. Media regionale calcolata su circa 100 stazioni pluviometriche.

3. GLI SCENARI CLIMATICI FUTURI

Per quanto riguarda lo studio degli scenari di cambiamento climatico futuro, gli strumenti modellistici globali sono il principale strumento a disposizione della comunità scientifica e hanno permesso di formulare degli scenari di cambiamento sempre più dettagliati, anche se sono sicuramente presenti molteplici cause di incertezza determinate da cause diverse. Al fine proprio di diminuire tali incertezze o quantomeno per definirle in maniera più quantitativa, recentemente è stato proposto un uso di “ensemble” delle diverse catene modellistiche, analogamente a quanto si attua già da tempo nel settore della previsione meteorologica. La valutazione delle potenzialità di un uso di “ensemble” dei GCMs è stato l’oggetto di un importante progetto europeo, denominato appunto ENSEMBLES (il sito del progetto è: <http://ensembles-eu.metoffice.com>), un importante IP project finanziato dalla Commissione Europea nell’ambito della sub-priorità “Global Change and Ecosystems” del sesto programma Quadro di ricerca e sviluppo. All’interno di ENSEMBLES è stata sviluppata ed utilizzata una aggiornata serie di strumenti modellistici. Le nuove simulazioni globali prodotte sono state poi opportunamente regionalizzate e infine utilizzate come input di molteplici studi e valutazioni di impatto, anch’essi sviluppati all’interno del progetto.

La conclusione principale di sintesi a cui ENSEMBLES giunge è che il *continente europeo sarà interessato da una tangibile modifica del clima attuale nei prossimi decenni*. Uno dei risultati più solidi che sono scaturiti dal progetto Ensemble riguarda gli

scenari di cambiamento climatico prodotti sul continente europeo, per quanto concerne le temperature e le precipitazioni (Figura 3 e Figura 4 sotto riportate, estratta dal documento finale di progetto). Gli scenari sono riferiti al trentennio 2021-2050 rispetto al 1961-1990.

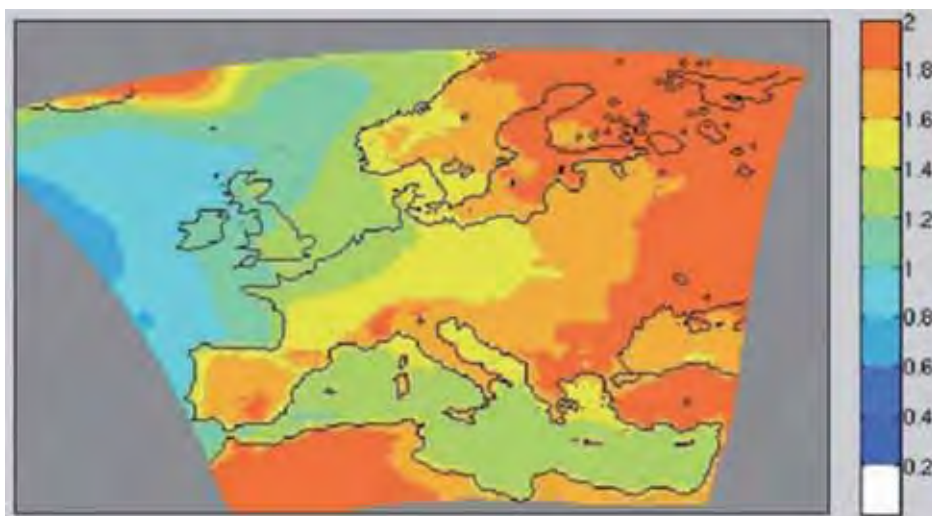


Figura 3: Segnale di cambiamento climatico (2021–2050 meno 1961–1990) per quanto riguarda la temperatura a due metri dal suolo. Media di 16 simulazioni di modelli regionali del clima

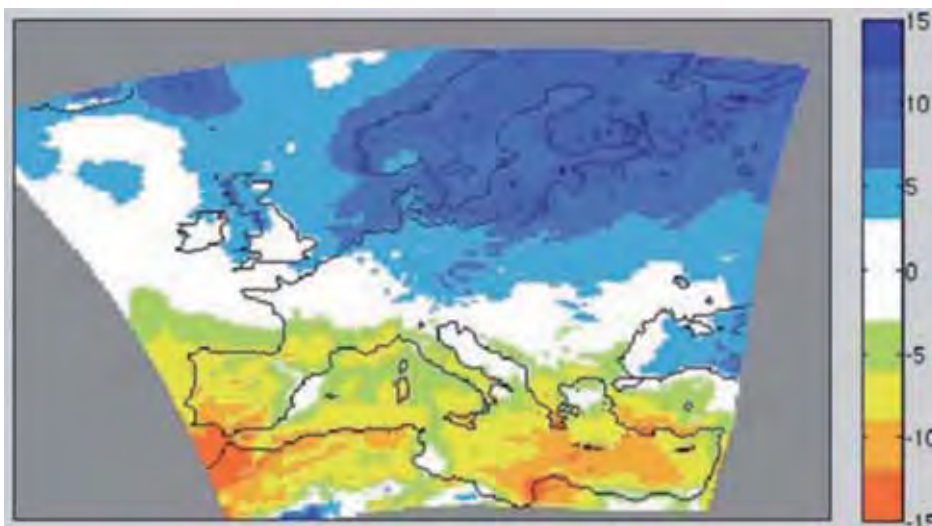


Figura 4: Segnale di cambiamento climatico (rapporto percentuale tra la media 2021–2050 e quella del trentennio) per quanto riguarda la precipitazione . Media di 16 simulazioni di modelli regionali del clima

E' da notare come il segnale di aumento termico sia omogeneo sulla gran parte del continente europeo con punte tra 1.5 e 2 °C e un'altrettanto evidente difformità di andamento tra Nord e Sud d'Europa per quanto concerne le precipitazioni, per le quali gli scenari mostrano un aumento in Nord Europa e una chiara diminuzione sul Mediterraneo. I risultati per la stagione estiva (figure non riportate) sono ancora più significativi e mostrano un ancor maggior aumento delle temperature e una diminuzione più significativa delle piogge nell'area mediterranea. Gli scenari riferiti all'ultimo trentennio 2071-2100 amplificano la portata di questi cambiamenti per queste due grandezze. La modesta variabilità tra i diversi modelli è una misura della solidità delle simulazioni e fa crescere la credibilità dei segnali di cambiamento nell'Area Mediterranea, caratteristica questa non sempre riscontrabile in altre aree del pianeta. Da questo tipo di analisi emerge come siano presenti delle ampie zone europee con una forte coerenza nei *pattern* spaziali dei trend estivi e invernali delle temperature e precipitazioni e come siano allo stesso tempo anche presenti delle aree ampie in cui al contrario il segnale di cambiamento è poco significativo.

L'uso di diverse metodologie di Statistical Downscaling (SD) ha reso possibile poi la definizione di scenari probabilistici di cambiamento a scale spaziali ancora più piccole, come ad esempio sotto-aree europee o addirittura piccole regioni amministrative. Le tecniche di SD si basano sulla definizione di set di predittori, estratti dai GCMs (ad esempio degli indici di circolazione in quota), che vengono connessi in modo statistico a dei "predittandi" (ad esempio le temperature al suolo).

I risultati ottenuti nell'area del Nord Italia ottenuti applicando una tecnica di SD a 6 modelli globali (1), sono mostrati nella Figura 5 ed evidenziano la struttura delle funzioni di distribuzione di probabilità, (*probability density function, pdf*) delle anomalie di Temperatura Massima estiva proiettate ai trentenni 2021-2050 e 2071-2100 (le anomalie sono sempre valutate rispetto al trentennio 1961-1990). E' ben visibile lo spostamento verso "destra" delle due funzioni di distribuzione, che nel periodo 2071-2100 ha il massimo centrato attorno a 4 gradi di aumento. E' da notare che lo spostamento della funzione di distribuzione implica non solo un cambiamento dei valori medi ma anche una maggiore probabilità di occorrenza dei valori estremi. Ad esempio se un'anomalia uguale o superiore a 2 gradi potrebbe avere più o meno un 50% di probabilità di accadere nel trentennio 2021-2050, la stessa anomalia potrebbe avere una probabilità superiore al 90% di accadere nell'ultimo trentennio 2071-2100. Parallelamente, se periodi molto caldi (ad esempio con anomalie positive di 4-5 gradi) sarebbero ancora giudicati come eventi quasi "rari" nel vicino trentennio 2021-2050, gli stessi risulterebbero essere nella norma alla fine del secolo. Analoghe tecniche sono state usate per definire degli scenari di precipitazione alla scala del Nord Italia ed anche nella regione Emilia-Romagna. I risultati mostrano, come elemento più rilevante, un chiaro segnale di diminuzione delle piogge estive ed un aumento degli eventi estremi. In sintesi, le caratteristiche più salienti che emergono dagli scenari di cambiamento ottenuti possono essere riassunte in: aumento generale delle temperature, in particolare delle massime estive, aumento dell'intensità e della durata delle "ondate di calore", diminuzione del numero di giorni di gelo nei periodi invernali, diminuzione delle precipitazioni, più sensibile nel periodo estivo. E' molto probabile anche un aumento dell'intensità delle precipitazioni di breve durata nel periodo primaverile-estivo che saranno alternate da più frequenti e lunghi eventi siccitosi.

1 elaborazioni svolte da ARPA, Servizio IdroMeteoClima Emilia-Romagna, partner del progetto Ensembles

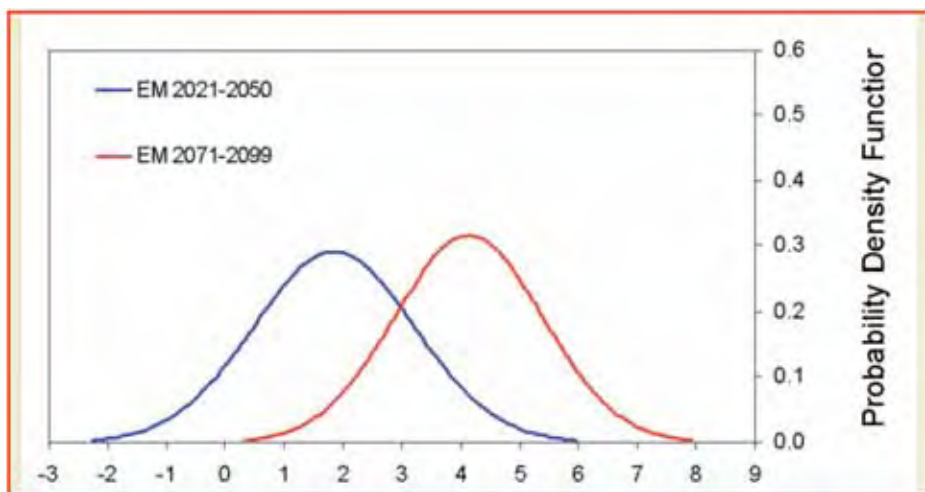


Figura 5: Cambiamenti della pdf della Temperatura massima estiva sul Nord Italia (°C)

4. LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Le modifiche del clima brevemente descritte nei paragrafi precedenti e che interesseranno anche la scala locale produrranno degli impatti sull'uomo e l'ambiente in cui vive in modo diretto ed indiretto, interagendo con l'intero sistema sociale ed economico. Le vulnerabilità associate ai molti sistemi suscettibili al cambiamento climatico riguardano la risorsa idrica, gli ecosistemi naturali, le aree costiere, l'industria e la capacità produttiva, l'agricoltura e la salute. Tali vulnerabilità, non solo dell'ambiente e del territorio, ma anche delle attività e dei sistemi socio-economici, sta aumentando in tutto il mondo ed è estremizzata dalla presenza di altri fattori di stress.

Possiamo riassumere in alcuni punti gli impatti più rilevanti che il climate change potrà determinare sull'area del Mediterraneo dove è ubicato il nostro paese e la nostra regione:

- La maggior frequenza di episodi di precipitazione intensa avrà un impatto molto elevato nell'area del Mediterraneo aumentando il rischio idrogeologico-idraulico in aree già molto esposte. In parallelo, l'occorrenza di più frequenti eventi di precipitazione intensa alternati a lunghi periodi di siccità potrà alterare il ciclo idrologico;
- La maggior frequenza di episodi siccitosi avrà ricadute negative sulla disponibilità di risorsa idrica (water scarcity) con conseguente aumentata "concorrenza" per l'approvvigionamento idrico tra diversi settori della società;
- L'innalzamento del livello del mare e gli aumentati eventi di invasione marina delle aree costiere basse potranno accelerare l'erosione delle coste, aumentare la salinità negli estuari e nei delta a causa dell'ingresso del cuneo salino;
- L'aumento delle temperature medie ed estreme potrà determinare un'aumentata frequenza e durata delle onde di calore con gravi disagi alla salute delle popolazioni e notevoli ricadute anche in altre attività umane (es: turismo);
- L'ulteriore impoverimento delle acque sotterranee e quindi il maggior inaridimento del territorio avrà conseguenze negative sull'agricoltura dove potranno verificarsi delle riduzioni delle rese e della qualità delle produzioni agrarie;
- Le aumentate temperature determineranno un aumento della richiesta energetica per condizionamento nei periodi estivi e causerà anche un maggior ristagno della circolazione estiva con impatti sulla qualità dell'aria (inquinamento da Ozono).

5. LE AZIONI DI ADATTAMENTO DA PREDISPORRE

Date tali premesse, diverrà sempre più strategico attuare politiche di mitigazione che conducano ad una riduzione delle emissioni di gas “serra” ed anche decise e razionali azioni di adattamento al cambiamento climatico, che siano orientate a limitare i “danni” potenziali delle conseguenze di tale cambiamento e sfruttarne le opportunità. Mentre le politiche di mitigazione possono essere attuate solo attraverso un’azione globale di coordinamento e attraverso trattati internazionali che poi potranno essere declinati anche alla scala locale, le azioni di adattamento possono essere di natura più locale poichè dipendono dalle diverse e locali condizioni di vulnerabilità territoriale e antropica che sono presenti nei sistemi naturali. E’ su queste azioni che sicuramente l’azione locale dovrà più energicamente e rapidamente essere intrapresa, anche perchè i cambiamenti del clima sono inequivocabilmente già presenti e stanno già iniziando a creare problemi a diversi settori della società e a vari ecosistemi naturali.

Le azioni di adattamento servono ad ostacolare gli effetti del mutamento del clima puntando a ridurre il rischio e i danni derivanti dagli impatti negativi (presenti e futuri) del fenomeno in maniera efficace anche dal punto di vista economico. Molti impatti del cambiamento climatico possono essere affrontati efficacemente attraverso l’adattamento, in particolare quelli a breve termine, mentre all’aumentare dell’entità del cambiamento le opzioni efficaci diminuiscono ed i costi associati aumentano. Le conoscenze attuali già consentono la selezione di azioni di adattamento preventivo, che hanno costi limitati e non minacciano sistemi sociali e settori economici, e sono da preferire rispetto all’adozione di forme di adattamento di tipo reattivo, cioè applicate a seguito di frequenti crisi e disastri. Tuttavia tali opzioni sono attualmente applicate in modo limitato ed estemporaneo.

Tra le misure di adattamento, vi sono quelle di tipo infrastrutturale e tecnologico, caratterizzate da tempi di realizzazione spesso lunghi e da investimenti maggiori, la cui sostenibilità deve essere dimostrata sulla base dei costi stimati del non-agire, in un contesto di conoscenze che presenta margini di incertezza, tanto più elevati quanto più gli scenari di cambiamento sono a lungo termine. Poichè il dimensionamento dell’impatto è importante per definire le priorità ed indirizzare di conseguenza gli interventi, l’applicazione di queste misure, se non fortemente sostenute da politiche ambientali o sanitarie, potrebbe essere limitata.

Le misure di adattamento di tipo non-strutturale o “soft” sono invece basate su sistemi di ottimizzazione della gestione delle risorse, di prevenzione dei rischi e di adozione di buone pratiche in tutti i campi di attività dell’uomo, come, ad esempio, la gestione della risorsa idrica orientata ad un uso ottimale e conservativo, la variazione delle rotazioni delle colture e delle date di semina e l’uso di colture meno idroesigenti, i sistemi di preannuncio dei rischi che consentono l’adozione di misure preventive, la sensibilizzazione della popolazione finalizzata all’adozione di stili di vita consapevoli degli effetti del cambiamento climatico ed orientati a contrastarlo. I costi di queste forme di adattamento sono spesso trascurabili rispetto ai costi derivati dalla non-applicazione e sono già inclusi nei costi dell’evoluzione socio-economica, in quanto, rispondendo a necessità di tipo locale implicano benefici ambientali complessivi e creano importanti sinergie con le politiche di sostenibilità ambientale. Queste forme di adattamento, se da un lato sono più facilmente realizzabili, richiedono però la formazione di un contesto sociale e culturale permeabile e pro-attivo, insieme ad una capacità di governance coordinata a tutti i livelli.

I principali settori dove possono essere definite azioni di adattamento efficaci sono sicuramente l’agricoltura e lo sviluppo rurale, la produzione e il consumo di energia, la gestione della risorsa idrica. In agricoltura gli impatti dei cambiamenti del clima sulle rese e sulle produzioni potranno essere mitigati con politiche di adattamento imperniate su una più accorta gestione agricola e forestale sotto vari aspetti, ad esempio per l’utilizzo efficiente delle risorse idriche

in particolare nelle zone più aride, la gestione ottimale dei sistemi colturali, l'uso di colture e varietà meno idroesigenti, la protezione dei corsi d'acqua e delle falde contro un eccessivo afflusso di nutrienti, il miglioramento della gestione delle bonifiche.

Per quanto concerne la produzione e il consumo dell'energia il mutamento del clima offre nuove opportunità a fonti come l'eolico, e il solare termico e fotovoltaico. Estate più lunghe e secche potrebbero incidere negativamente su altri fonti energetiche, come l'idroelettrica, e faranno aumentare i consumi di elettricità connessi all'impiego degli impianti di condizionamento. Tutti questi aspetti mettono in evidenza la necessità di intraprendere azioni di diversificazione delle fonti energetiche, che promuovano le rinnovabili e facciano uso di reti di distribuzione in grado di far fronte alle fluttuazioni più consistenti in termini di domanda e di produzione di energia elettrica.

Per quanto riguarda la siccità e l'uso dell'acqua in tutti i settori (domestico, trasporti, energia, agricoltura e turismo), dato che si prevede una sempre più frequente occorrenza e intensità degli eventi estremi, dovrebbero essere studiate azioni di adattamento quali l'applicazione di politiche tariffarie efficienti, la strategia di elevare il risparmio idrico a priorità e il miglioramento dell'efficienza in tutti i settori.

RIFERIMENTI BIBLOGRAFICI

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (www.ipcc.ch)

R. Tomozeiu, C. Cacciamani, V. Pavan, A. Morgillo e A. Busuioc, 2007: Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. In stampa su *Theor. Appl. Climatol.* (2007)

R. Tomozeiu, V. Pavan, C. Cacciamani, M. Amici, 2006: Observed temperature changes in Emilia-Romagna: mean values and extremes. *Climate Research*, 31, 217–225