

CLIMA, QUALE FUTURO?

Autori Vari
Clima, quale futuro?

© 2013 21^{mo} SECOLO s.r.l.
via L. Di Breme 18, 20156 Milano
Tel. 02-38000534, 02-33408361
Fax 02-87389137
www.21mosecolo.it
robertoirsuti@21mosecolo.it

Tutti i diritti riservati
ISBN: 978-88-87731-49-1

In copertina:
Elaborazione grafica di Claudio Rossi

Autori Vari

CLIMA, QUALE FUTURO?

Atti del Convegno tenutosi a Chieti, il 12 giugno 2012,
Auditorium Rettorato, Campus Universitario
Università degli Studi G. d'Annunzio Chieti-Pescara
Dipartimento di Ingegneria e Geologia

INDICE

PREFAZIONE		
Renato Angelo Ricci	pag.	7
PRESENTAZIONE E SCOPO DEL CONVEGNO		
CLIMA, QUALE FUTURO		
Uberto Crescenti	»	11
LA STORIA DEL CLIMA IN VAL D'AOSTA		
A.V. Cerutti	»	27
IL CAMBIAMENTO CLIMATICO EUROPEO DAGLI		
ANNI '80 AL XX SECOLO: CAUSA, FENOMENOLOGIA		
ED EFFETTI SULLE AREE PRODUTTIVE AGRARIE		
S.G. Parisi	»	53
LE VARIAZIONI DEL CLIMA E L'AGRICOLTURA		
L. Mariani	»	65
VARIAZIONI CLIMATICHE: DAL PASSATO AL FUTURO		
IN UN SISTEMA COMPLESSO		
A. Praturlon	»	77
LE VARIAZIONE CLIMATICHE DEL BACINO		
DEL MEDITERRANEO NEGLI ULTIMI 2000 ANNI		
F. Ortolani - S. Pagliuca	»	95

IL CLIMA URBANO COME CONSEGUENZA
DELL'URBANIZZAZIONE

T. Georgiadis

» 117

CLIMATE AND ENERGY POLICY

F. Battaglia

» 131

PREFAZIONE

del Prof. Renato Angelo Ricci

Presidente dell'Associazione Galileo 2001

Il Convegno *Clima, quale futuro?* organizzato dal Dipartimento di Ingegneria e Geologia dell'Università di Chieti nel giugno 2012, fa parte di una serie di dibattiti e discussioni che, ormai da diversi anni, occupano non soltanto la scienza climatologica ma, più in generale, il contesto socio politico, l'opinione pubblica ed il circuito mass-mediatico. Il momento, diciamo così, più “parossistico” che ha visto l'affermarsi in termini addirittura “messianici” di un allarmismo catastrofistico per effetto di “proiezioni”, pur sempre modellistiche, lette e utilizzate come “previsioni” di un futuro pressoché apocalittico, si è avuto negli anni 2006-2009, culminando nella Conferenza sul Clima di Copenaghen nel dicembre 2009.

A quel momento la discussione ed il confronto tra valutazioni ed interpretazioni diverse e addirittura contrapposte, erano quanto mai accese e, purtroppo, sulla falsariga delle posizioni ideologiche di un ambientalismo integralista e intollerante, erano eccessivamente condizionate e difficili da districare secondo criteri più propriamente e correttamente scientifici. Il Convegno dell'Associazione Galileo 2001 che si tenne nel dicembre di quell'anno (1), fu organizzato proprio non solo per mettere a confronto le varie tesi, tenendo conto dei dati osservativi e delle ricostruzioni storiche e modellistiche relative ai cambiamenti climatici, ma anche per meglio valutarne le effettive conseguenze in campo energetico e sociale. Il titolo del Convegno: *Clima, Energia e Società* era chiaro al riguardo ed ebbe il merito di ottenere

¹ *Clima, Energia e Società*, Associazione Galileo 2001 per la libertà e la dignità della Scienza; a cura di A. Rosati, 2011, 21^{mo} Secolo editore.

per lo meno una visione più completa del problema e fornire elementi più stringenti di valutazione del confronto tra rischi (costi) e benefici rispetto ad indicazioni spesso troppo affrettate. Purtroppo Copenaghen, costituendo per l'occasione e per la pressione delle tesi catastrofistiche da ultima spiaggia (tipico l'appello addirittura del Segretario delle Nazioni Unite “...*prima che sia troppo tardi.*”) il paradigma della versione catastrofistica, rischiò di costituire quello che avremmo potuto chiamare “*il punto di non ritorno*” dell'accettazione universale dell'ipotesi non solo del “*Riscaldamento Globale*” prossimo venturo, il che poteva rientrare nella dialettica scientifica anche con fondate ragioni, ma soprattutto delle “certezze” pressoché apodittiche del predominio assoluto delle *cause antropiche* della corrispondente fenomenologia (si veda il termine quasi dogmatico di AGW, ossia l'*Anthropogenic Global Warming*).

Ricorderò in ogni caso alcune affermazioni che, in chiusura del Convegno e, più ancora, nella presentazione degli Atti del Convegno stesso, furono pronunciate indicando come: “...*il caso del riscaldamento globale risulti tuttora di non facile comprensione sia nella sua effettiva entità che nelle sue cause. In particolare la relazione causa-effetto tra le emissioni di CO₂ dovute ad attività umane a partire dall'era industriale ed eventuali fenomeni di riscaldamento o, più in generale, di variazioni climatiche, è ancora sostanzialmente aperta e quindi non dimostrata, malgrado i progressi nelle osservazioni sperimentali e i miglioramenti delle tecniche modellistiche...*”. Ciò prima di Copenaghen. E dopo: “...*Si è constatato che Copenaghen ha sostanzialmente dichiarato il superamento del Protocollo di Kyoto, dovendo, fra l'altro, far fronte a critiche sollevate sull'IPCC per alcuni errori nel suo rapporto 2007 (...) ed alcune posizioni non sufficientemente neutrali, per finire con il caso dei messaggi privati dei ricercatori dell'Anglia (il caso Climategate per intenderci). In tal senso la vexata questio del Riscaldamento Globale di origine antropica, riaffermato da tali indagini e contestato da altre, rimane un punto essenziale dell'attuale dibattito sul clima, che in ogni caso non può precludere il carattere di ricerca individuale e di esplorazione libera e non soggetta ad alcun condizionamento politico o pregiudizio ideologico*”.

Dopo Copenaghen, c'è stata Cancun (2010) e poi di seguito Durban (2011) e Doha (2012). In tutte queste Conferenze mondiali sul

Clima si è assistito da una parte ad una elencazione di possibili proposte più o meno atte a contrastare ipotetici aumenti di temperatura del pianeta sistematicamente attribuite ai gas-serra di origine industriale, dall'altra a constatare le difficoltà di accordo sui costi e sugli impegni finanziari, con il risultato di accentuare in pratica la parte organizzativa della macchina burocratica messa ormai in moto per fissare obiettivi poi spostati nel tempo. A titolo di esempio il cosiddetto "*trattato globale*" per la riduzione delle emissioni di gas-serra viene spostato al 2020 rispetto al protocollo di Kyoto 2, previsto per entrare in vigore nel 2013, di fronte ad una situazione in cui l'adesione esplicita viene soltanto dall'UE e da alcuni paesi industrializzati, mentre i paesi cosiddetti maggiori inquinanti (Stati Uniti, Cina, India, Giappone, Canada) ne restano sostanzialmente ancora fuori (Durban 2011).

Situazione non migliorata a Doha, come previsto, visto che il delicato punto degli impegni finanziari si è trovato di fronte alle misure di austerità richieste dalla crisi economica in corso.

La quale crisi economica, causa di riduzione di consumi, verrà ovviamente portata a giustificazione di osservazioni sperimentali che dovessero, come pare, non concordare con le conclamate previsioni di aumento della temperatura globale del pianeta.

Resta quindi la necessità di esaminare la "*questione climatica*" con maggiore cautela e senso di responsabilità, che non sono mai in accordo con l'accanimento ideologico o la fretta per conclusioni dettate dalla forzatura delle dimostrazioni o, peggio, da interessi politico-finanziari. Lasciare libera la ricerca e non imporle conclusioni acritiche e fuori dalla seria metodologia scientifica è l'unica politica culturale, ma anche sociale, che si possa raccomandare al riguardo. E accettare il dibattito che non può emarginare le posizioni, sempre più numerose, che danno spazio ad un sano "*pragmatismo*" figlio del metodo galileiano e che concede cittadinanza allo *scetticismo* metodologico relativo alla affermazioni non dimostrate e confutabili.

In questo senso il Convegno di Chieti e gli interventi che ne hanno costituito l'ossatura qui riportata negli Atti acquistano un significato di rilievo.

CLIMA: QUALE FUTURO?

Uberto Crescenti

Dipartimento di Ingegneria e Geologia
Università G. d'Annunzio Chieti-Pescara

Premessa

In occasione del Convegno Geoitalia tenuto a Rimini nel settembre 2009 dalla FIST (Federazione Italiana di Scienze della Terra) ho organizzato con Franco Ortolani un workshop dal titolo: “L’Uomo e il Clima”. Al termine dei lavori abbiamo curato, con alcuni partecipanti, il documento qui sotto riportato.

“Negli ultimi decenni i mass media si sono molto occupati dei problemi relativi ai cambiamenti climatici dando ampio risalto prevalentemente a pareri mirati a sostenere che attualmente ci troviamo in presenza di un riscaldamento globale del nostro Pianeta causato dalle attività antropiche ed in particolare dalla immissione in atmosfera dei cosiddetti gas serra, soprattutto anidride carbonica. Al cambiamento climatico sono stati inoltre abbinati scenari di modificazioni ambientali catastrofiche che preoccupano la opinione pubblica.

Dando per certo che l’uomo provoca il cambiamento climatico in atto, numerosi Paesi del mondo, tra cui il nostro, hanno aderito al Protocollo di Kyoto, dalla cui attuazione (che comporta pesanti oneri che si riflettono sulle economie dei Paesi aderenti) dipenderebbe il controllo/attenuazione del cambiamento del clima.

In occasione del Convegno Geoitalia 2009 della FIST (Federazione Italiana di Scienze della Terra) si è tenuto il workshop “L’Uomo e il Clima” in cui è stato dibattuto il tema del cambiamento climatico per valutare il ruolo dell’Uomo nel determinare e/o modificare il fenomeno naturale.

Al termine dei lavori, è stato concordato che allo stato attuale delle conoscenze non sembra possibile individuare nell’Uomo la causa prin-

cipale dei cambiamenti climatici avvenuti negli ultimi due secoli. Inoltre, un'ampia messe di fonti geologiche e documentali attesta che cambiamenti climatici ben più rilevanti di quelli in corso hanno avuto luogo ben prima che l'Uomo potesse avere un impatto significativo sull'ecosistema.

A seguito di queste considerazioni non si condividono le iniziative mirate alla riduzione della immissione in atmosfera della anidride carbonica.

I sottoscritti rivolgono pertanto un caloroso invito ai responsabili politici affinché non si aderisca alla esiziale politica che vorrebbe combattere il cambiamento climatico mediante la riduzione della immissione di anidride al carbonica in atmosfera.

Questo appello è in linea con tante altre iniziative di scienziati di tutto il mondo, tutte tese a sollevare documentati dubbi sulla responsabilità umana nei cambiamenti climatici e sulla efficacia di provvedimenti quali il Protocollo di Kyoto, ritenuti non solo inutili ma anche dannosi. In particolare citiamo i lavori dell'N-IPCC (Non-Governmental International Panel on Climate Change), il quale ha effettuato una analisi critica della letteratura scientifica e ha prodotto un Rapporto (*Climate Change Reconsidered*, 2009) pervenendo alla conclusione condensata nel titolo del riassunto (disponibile anche in italiano) di quel Rapporto, e cioè *La Natura, non l'attività dell'Uomo, governa il Clima*, conclusione sottoscritta da 31.000 scienziati di tutto il mondo”.

Rimini, 8 settembre 2009

Aderirono al documento oltre 60 ricercatori italiani, che così andarono ad accrescere l'esercito dei cosiddetti scettici, di cui si dirà più sotto.

Sullo stesso tema Clima-Uomo, con alcuni colleghi ho ritenuto opportuno, a distanza di pochi anni, proporre il Convegno “Clima: quale futuro?”, tenuto a Chieti presso la Università G. d'Annunzio il 12 giugno 2012, per approfondire e verificare lo stato delle conoscenze sull'argomento, con relazioni di specialisti di varie discipline, nel tentativo di fornire elementi scientifici utili a rispondere ad un interrogativo così importante. Importante perché su questo tema sono da tempo in atto provvedimenti molto costosi tesi alla mitigazione del cosid-

detto riscaldamento globale del nostro Pianeta attribuito alle attività antropiche, provvedimenti che trovano nel famoso Protocollo di Kyoto la ragione della loro adozione.

1 – Gli scettici

Come noto coloro che non ritengono l’Uomo responsabile del riscaldamento globale (RG), vengono definiti “scettici”, o in tono quasi dispregiativo “negazionisti”. Al contrario, coloro che si riconoscono nelle affermazioni dell’IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), appartengono alla schiera dei cosiddetti “catastrofisti”.

È affermazione ricorrente da parte dei catastrofisti quella di asserire che quasi tutti gli scienziati (in particolare il 98%) che si occupano di clima sono d’accordo nell’attribuire all’Uomo il RG indicato con AGW (Antropogenic Global Warming), a causa dell’immissione in atmosfera dei cosiddetti gas serra.

È opportuno contestare decisamente questa affermazione, per fornire un contributo di verità all’argomento.

La comunità scientifica è equamente divisa tra catastrofisti e scettici, questi ultimi forse in maggior numero. Allo scopo di documentare la “forza numerica” degli scettici ricordo di seguito alcune loro iniziative.

Nel 2009, un gruppo spontaneo di scienziati (tra cui l’italiano Franco Battaglia) si riconoscono nella sigla N-IPCC (N sta per not) producendo un corposo volume in cui sono stati contestati capitolo per capitolo, i risultati del rapporto 2007 dell’IPCC. Una traduzione sintetica ma comunque dettagliata del rapporto del N-IPCC è stata pubblicata da 21^{mo} Secolo, nel volume dal titolo: *La Natura, non l’attività dell’uomo, governa il Clima*. (Singer e Battaglia, 2008). Questo importante volume, che potremmo definire come “Bibbia” degli scettici, ha avuto l’adesione di oltre 31 mila scienziati di tutto il mondo. In precedenza, le iniziative anti-catastrofismo, sono state numerose, anche se non valutate opportunamente dai decisori politici. Ne ho riferito in alcune mie note (Crescenti 2008, 2009). Si veda pure Mariani 2008, Battaglia e Ricci 2007, G. Possa 2011. Di seguito aggiungo qualche altra informazione.

Nel 2008 un folto gruppo di scienziati riuniti a Time Square parteciparono alla Conferenza Internazionale sul cambiamento climatico. Da quell'incontro nacque la "Manhattan Declaration on Climate Change" di cui riporto in sintesi le affermazioni principali:

- non ci sono prove convincenti che le emissioni di CO₂ prodotte dalle moderne attività industriali causeranno catastrofici cambiamenti climatici;
 - la limitazione delle emissioni di CO₂ di origine antropica da parte dei governi, con tasse e regolamenti costosi per le industrie e i singoli cittadini, limita inutilmente la prosperità dell'Occidente e non risolve i veri problemi dei popoli;
 - si consiglia ai leader mondiali di respingere le opinioni dell'IPCC;
 - tutte le tasse, i regolamenti e altri interventi destinati a ridurre le emissioni di CO₂ devono essere immediatamente abbandonati.
- Sulla stessa linea è il documento di Rimini sopra ricordato.

In Australia da alcuni anni è stato costituito il club "The Climate Sceptics" che cerca di fare informazione sui cambiamenti climatici contrastando le opinioni correnti sulle responsabilità dell'uomo in merito al RG, con documenti molto dettagliati. Si possono avere notizie sull'attività di questo club su internet (www.climatesceptics.com.au), così pure cliccando sul *link* del suo presidente Leon Ashby. Il club è così impegnato sul tema clima che a volte organizza cortei per informare la popolazione (fig. 1).

Infine ricordo la lettera inviata al Segretario Generale dell'ONU in occasione della Conferenza di Bali, nel dicembre 2007, da parte di 101 scienziati (tra cui l'italiano A. Zichichi) di cui di seguito riporto alcuni passi: "La Conferenza ONU sul Clima sta portando il mondo in una direzione completamente sbagliata. Non è possibile fermare il cambiamento climatico, un fenomeno naturale che ha interessato l'umanità attraverso i secoli (...) Il Comitato Intergovernativo delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (IPCC) ha pubblicato delle conclusioni sempre più allarmanti circa le influenze sul clima da parte delle attività umane che producono anidride carbonica (...) le conclusioni dell'IPCC sono proprio inadeguate come giustificazione per mettere in atto delle politiche che diminuiranno considerevolmente la prosperità futura (...) I Sommari dell'IPCC (...) non possono es-



Figura 1

sere correttamente presentati come se rappresentassero un consenso fra gli esperti (...) I tentativi di impedire che accada un cambiamento climatico globale sono, in ultima analisi, inutili e costituiscono un tragico errore nell'utilizzo delle risorse, che sarebbero meglio spese per affrontare altri problemi reali ed urgenti dell'umanità".

2 – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Come ampiamente noto l'IPCC è l'organismo fondato dall'ONU per lo studio dei cambiamenti climatici, in particolare per documentare la responsabilità dell'attività antropica nei confronti dell'attuale riscaldamento globale. Vi fanno parte migliaia di esperti di molte discipline, non solo climatologi di varia specializzazione (fisici dell'atmosfera, geologi, ecc.) ma anche economisti e giuristi. Nel tempo, vari scienziati si sono dissociati dalle attività di questo organismo, che è sembrato adeguarsi a direttive politiche ed ideologiche scientificamente non condivisibili. Così, ad es., si sono dimessi oltre 20 scienziati del

clima tra cui ricordo l'italiano G. Visconti, R. Lindzen, C. Landsea, J. Christy, N. Shaviv, D. Evans, Z. Jaworowsky, D. Clark, C. Alegre, B. Wiskel, D. Bellamy, T. Patterson, ecc.

Come noto l'IPCC nel report 1990 pubblicò un diagramma sulle temperature degli ultimi mille anni in cui risultavano ben documentati il Periodo Caldo Medioevale (PCM) e la Piccola Era Glaciale (PEG). Successivamente, nel Report del 2001, l'IPCC cancellò sia il PCM sia la PEG e fece propria la ricostruzione delle temperature del millennio ricostruita da Mann et alii (1998) nota come *mazza da hockey*. In questo modo appariva molto convincente la correlazione dell'aumento delle temperature nel nostro Pianeta a partire dal 1850 con l'era industriale ed in particolare con l'aumento in atmosfera dei cosiddetti gas serra, CO₂ soprattutto.

La mazza da hockey di Mann et alii fu criticata da vari autori, in particolare da McIntyre e McKittrick (2003, 2005), A.W. Montford (2009). Ricordo anche le precise critiche mosse da Z. Jaworowzki, famoso scienziato polacco, in particolare con le note del 2007, in cui si parla del "più grande scandalo scientifico del nostro tempo" in riferimento alla CO₂, e con le note del 2010.

In una recente nota Crescenti e Mariani (2010) hanno sottolineato il clamoroso falso della mazza da hockey di Mann et alii (1998) e Mann e Bradley (1999), fatto proprio dall'IPCC nel report 2001 in cui in merito così si dichiarava: «... le conoscenze attuali non consentono di sostenere che possano essere esistiti periodi globalmente sincroni di particolare caldo o freddo su tutto il globo terrestre ed i termini "periodo caldo medioevale" e "piccola era glaciale" hanno dei significati limitati e non possono essere ascritti a tutto il globo terrestre». Se la mazza da hockey è stato un falso, ancora più falsa è questa dichiarazione dell'IPCC. Vediamo subito il perché. È però bene tenere presente il motivo di tale affermazione: durante il PCM la temperatura è stata almeno di 1-2 gradi C superiore all'attuale quando la CO₂ in atmosfera non era così abbondante come oggi. Ciò non confermava quindi la correlazione CO₂-temperatura. Non solo, ma durante il Medio Evo non si sono riscontrate tutte le catastrofi annunciate dai sostenitori dell'Antropogenic Global Warming (AGW) come desertificazioni di aree, inondazioni lungo le coste, e così via. Il PCM è una verità scomoda per l'IPCC.

L'esistenza a livello globale sia del PCM sia della PEG è dimostrata da numerose ricerche, fornite soprattutto dalla scienza storica del clima e dalle discipline geologiche.

La storia del clima fornisce una poderosa documentazione sul clima del passato. Cancellare ad es. il PCM significa cancellare decenni di ricerca storica approfondita, come ad es. riferisce A.V. Cerutti in questo volume ove riporta tra l'altro il pensiero di Sergio Pinna (2006), famoso storico del clima.

La ricostruzione dei climi del passato su base storica si è basata su vari tipi di informazione, tra cui: rigidità o mitezza degli inverni, piovosità estiva, registrazione dei prezzi dei prodotti agro-alimentari, estensione dei ghiacciai, transitabilità di passi alpini, dati fenologici come inizio della raccolta dell'uva o della fioritura dei ciliegi, dati dendroclimatologici (ossia computo degli anelli meristemici degli alberi). Questi studi hanno prodotto volumi di grande interesse, come quelli di Le Roy Ladurie (1967, 2004), H.H. Lamb (1966, 1977, 1995), nonché innumerevoli relazioni raccolte in volumi (si veda in merito L. Bonardi 2004, *Storia e Clima*, 1991 collana diretta da L. Gambi). Non si possono cancellare decenni di approfonditi studi storici per sostenere l'affermazione dell'IPCC più sopra riferita.

Anche le scienze geologiche consentono la ricostruzione del clima in epoca storica. Rimando alla sintesi di Crescenti 2009, ai contributi numerosi di Ortolani e Pagliuca 1994, 1995, 2000, 2001, 2004 ecc. Si veda pure Crescenti e Mariani 2010b, ove viene documentata la temperatura della Pianura Padana durante il PCM con valori di 1-3°C superiori all'attuale.

Per quanto riguarda la PEG, un recente contributo sulla sua esistenza viene da un interessante lavoro di Vallefucio et alii (2011) basato sullo studio del contenuto in foraminiferi sia planctonici sia bentonici di carote prelevate nel Golfo di Salerno. Viene ricostruita la variazione climatica degli ultimi 500 anni. Gli autori inoltre concludono: "The climatic oscillations recorded by planctonic foraminiferal assemblages suggest a possible connections between changes in solar activity and seasonal hydrological patterns".

Ulteriori documentazioni della esistenza del PCM e della PEG si hanno in Matul et alii (2007) che riferiscono sui dati ottenuti dallo studio di carote prelevate nel mare Artico russo, Laptev Sea per la

precisione, sulla base della presenza di diatomee, foraminiferi e pollini, Oppo et alii (2009) su carote prelevate nei pressi dell'Indonesia e studiate per il contenuto di foraminiferi, Adhikari e Kumon (2001) su carote prelevate presso il lago Nakatsuna in Giappone, Millet et alii (2009) su campioni prelevati nel lago di Aterne in Francia, Sadori et alii (2012) sulla base di ostracodi presenti in carote prelevate nel lago di Shkodra in Albania, ecc. Per numerose altre notizie sull'argomento si veda su *Internet* le voci Periodo Caldo Medievale e Piccola Era Glaciale. In figura 2 è possibile avere una documentazione della globale diffusione del PCM (R. Kipp, 2009).

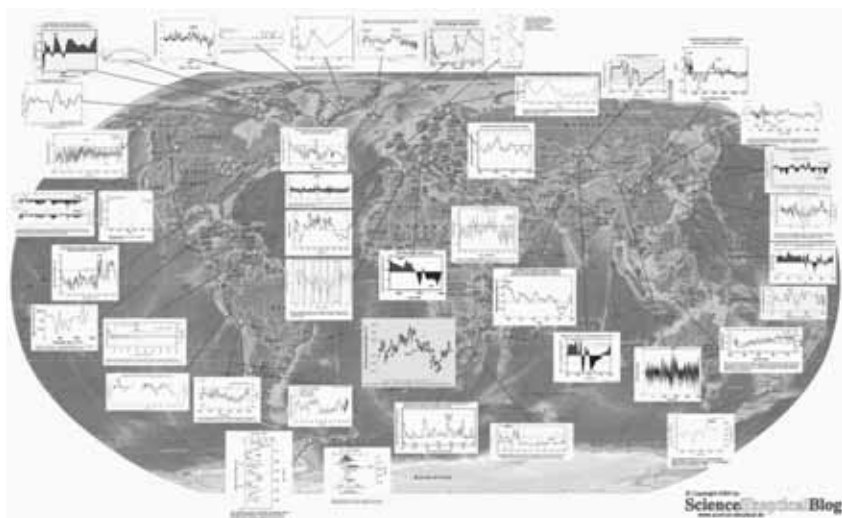


Figura 2

Infine c'è da ricordare che la credibilità scientifica dell'IPPC subì un duro colpo, come noto, dall'attività di un hacker russo che nel novembre 2009 entrò nei computer del centro di ricerca della East Anglia University di Londra, consulente privilegiato dell'IPCC, intercettando messaggi tra i ricercatori da cui risultava una attività di manipolazione dei dati per adattarli alle conclusioni dell'IPCC. Lo scandalo, noto come Climategate, ebbe grande rilevanza all'estero; ne è prova

un articolo apparso il 20 novembre 2009 sul *Daily Telegraph* a firma di Christopher Brooker dall'emblematico titolo "Cambiamento climatico il peggiore scandalo scientifico della nostra generazione".

3 – Quale futuro?

La previsione "scientifica" non "ideologica" del clima futuro è assai complessa. Si può essere tentati di seguire un concetto del Guicciardini secondo cui "Le cose passate fanno lume alle future". Secondo questo concetto Crescenti e Mariani (2010b) così si esprimevano "Al fine di ottenere una vera capacità di previsione del clima futuro è di fondamentale importanza una valutazione realistica del comportamento passato del nostro Pianeta". Con questa impostazione se consideriamo le variazioni climatiche degli ultimi 400 mila anni ricostruite, come noto, dagli studi sui campioni di ghiaccio prelevati nella perforazione del ghiacciaio di Vostok in Antartide, (Orombelli, 2000), dopo la fase calda dell'Olocene iniziato circa 11.500-12.000 anni fa, si dovrebbe passare ad una nuova fase fredda. D'altro canto se consideriamo gli ultimi 1.000 anni in cui è documentata la successione della fase calda medioevale e quindi la fase fredda della piccola era glaciale, si dovrebbe andare verso una nuova fase calda, che è appunto quella che stiamo vivendo. A questo punto non abbiamo certezze: farà più caldo o farà più freddo? La previsione pertanto è assai difficile. Del resto Matt Ridley, noto scienziato naturalista, in occasione della sua *Lectio Magistralis* tenuta presso la Royal Society of Arts di Edimburgo il 31 ottobre 2011, così si esprimeva: "Mai contare sul consenso di esperti riguardo al futuro. Gli esperti sono degni di essere ascoltati sul passato. La futurologia è pseudoscienza". Nell'occasione lo scienziato rivolgeva pesanti critiche alle conclusioni in fatto di clima dell'IPCC.

Come noto l'IPCC basa le sue previsioni sull'utilizzo di modelli matematici. Ma come è possibile fare previsione se non si conoscono tutti i parametri che concorrono alla determinazione del clima? Oltre alle cause astronomiche su cui sono basati i ben noti cicli di Milankovitch, altri fattori sono considerati importanti tra cui: l'attività del sole, in particolare il numero delle macchie solari, la nutazione della Luna (Gasperini e Chierici, 1997), il movimento delle placche continentali ed il vulcanismo (E. Bonardi 2009), fenomeni geomagnetici controllati

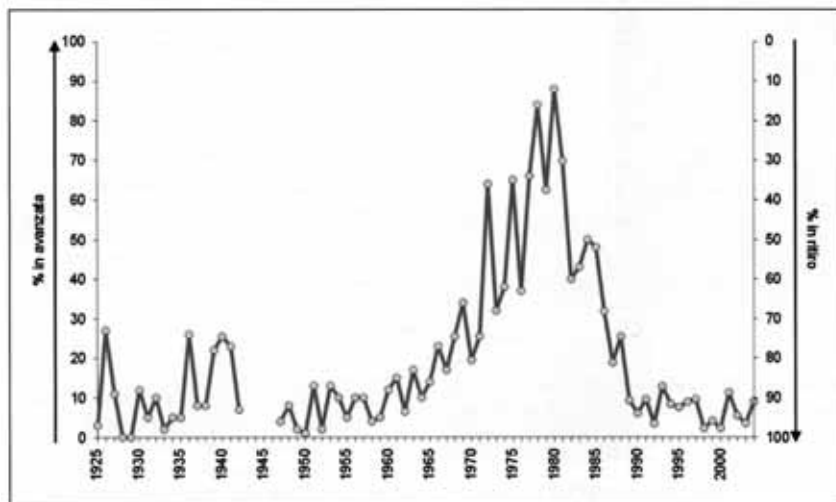
dall'attività profonda del nostro Pianeta (De Santis et alii 2011), l'attività degli oceani ed i raggi cosmici (Noor van Andel, 2011). È praticamente impossibile allo stato delle attuali conoscenze avere corrette informazioni sulle cause delle variazioni climatiche e quindi ottenere corrette valutazioni delle previsioni mediante modelli matematici (Visconti 2007a pag. 165-167, Visconti 2007b). Sempre sullo stesso argomento è interessante quanto riferisce Franco Prodi (2011): "È chiaro che adesso abbiamo dei modelli che producono scenari ma non sono nella condizione di rispondere alla richiesta della conoscenza del clima futuro. Quindi abbiamo degli anelli molto importanti che mancano nella catena della conoscenza del clima. Già perché si può dire che la scienza ha fatto il suo dovere quando può portare la spiegazione e la previsione. In materia della scienza del clima non abbiamo la spiegazione e non abbiamo la previsione".

Sullo stesso argomento si veda pure Mariani (2008).

Pur in presenza di così rilevanti osservazioni sulla validità dei risultati ed affermazioni dell'IPCC, dobbiamo constatare con rammarico l'atteggiamento del nostro governo in merito alla adesione al Protocollo di Kyoto. Nel volumetto curato nel 2010 dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio (direttore generale Corrado Clini, attuale ministro dello stesso Dicastero) e dalla Società Meteorologica Italiana si leggono alcune affermazioni non corrette, del tutto in linea con le dichiarazioni dell'IPCC. Così ad es. a pag. 5 è detto: "Secondo i climatologi di tutto il mondo il netto e rapido aumento della temperatura globale osservato negli ultimi decenni non è più spiegabile considerando solo i fattori naturali, e molto probabilmente è frutto dell'immissione di **gas serra** da parte delle attività umane degli ultimi due secoli". È una affermazione quasi sconvolgente, del tutto falsa, come è dimostrato da quanto più sopra riferito nel paragrafo 1. A pag. 8 non si parla del Periodo Caldo Medioevale che è stato più caldo dell'attuale di 1-3°C. In compenso nella figura in alto a sinistra si riporta la "Ricostruzione della temperatura media estiva sulle Alpi degli ultimi 11.000 anni" in cui il PCM, indicato come Optimum Termico Medioevale, appare con temperatura inferiore a quella attuale. È un altro dato non corretto, come viene dimostrato dalle ricerche proprio sulle Alpi da parte di U. Monterin (1937), illustrate nuovamente da Crescenti e Mariani (2010a e 2010b).

A pag. 13, nel paragrafo “Ghiacciai: in ritiro ovunque” si afferma che i ghiacciai non sono **“mai stati ridotti come oggi da almeno 5000 anni”**. Anche questa è una affermazione non corretta in quanto nel PCM i ghiacciai sono stati più ridotti rispetto ad oggi. Lo dimostra il citato lavoro di U. Monterin, (1937). Inoltre nessun riferimento viene fatto all’avanzata, tra il 1962 e il 1990, di numerosi ghiacciai nelle Alpi durante l’attuale fase di riscaldamento, come descritto in questo volume da A.V. Cerutti. In merito si veda pure C. Baroni (2010) che riferisce sull’avanzata di ghiacciai nelle Alpi tra il 1970 e il 1980 (fig. 3).

A pag. 20, paragrafo “Clima nuovo, malattie note” si enfatizza sulla influenza negativa del RG sulla salute umana in termini quasi catastrofici. In merito, per confutare questa affermazione si veda la nota di U. Tirelli (2010), direttore Oncologia Medica, Istituto Nazionale Tumori di Aviano, in cui si legge: “In conclusione, le affermazioni che vengono oggi comunque riferite in maniera spesso catastrofica e negativa dalle organizzazioni mondiali deputate al controllo della salute, rimangono comunque nient’altro che previsioni e non certezze e su questa linea



Percentuale dei ghiacciai in avanzata e in ritiro nelle alpi italiane tra il 1925 e il 2004. Una fase di generalizzato ritiro, accentuato negli anni '50 del XX secolo, è stata seguita da una fase di avanzata culminata tra la fine degli anni '70 e i primi anni '80. Dagli anni '90 si registra un generalizzato ritiro della quasi totalità dei ghiacciai italiani (elaborazione di G. Zanon).

Figura 3 (da C. Baroni, 2010)

dobbiamo comportarci nell'ambito della salute. Senza escludere peraltro che del riscaldamento del pianeta possa beneficiare almeno una parte della popolazione". Ed ancora: "Oggi si vive più a lungo nonostante l'inquinamento. In Africa, non inquinata, si vive meno."

Del tutto coerente con le conclusioni dell'IPCC è l'articolo di C. Clini (2011). In un sistema complesso come quello del clima, parlare di limitare l'aumento della temperatura di 2°C per "salvare" il Pianeta Terra appare quasi fantascienza.

Il vero problema che ruota attorno al clima è attualmente l'enorme giro di interessi che ormai si è innescato con il mercato della cosiddetta carbon tax. Il volume d'affari dello scorso anno è stato pari a 176 miliardi di dollari (da *Climate Monitor* di Guido Guidi, 08.06.2012). È difficile contrastare tale mole di interessi ormai capillarmente diffusi tra le nazioni aderenti al Protocollo di Kyoto e gestiti da società costituite allo scopo. Altrettanto grande è il numero degli esperti economisti e giuristi che si occupano dell'argomento, in particolare per la valutazione dei costi relativi alle quantità di CO₂ immessa in atmosfera.

4 – Conclusioni

La previsione del clima futuro sul nostro Pianeta è molto complessa. Allo stato attuale delle nostre conoscenze abbiamo dati certi sul passato attraverso gli studi storici del clima e delle scienze geologiche, che però non possiamo estrapolare verso il futuro. L'attribuzione all'Uomo della responsabilità del riscaldamento globale cui stiamo assistendo a partire dal 1850 non è suffragata da prove certe. Dopo il Periodo caldo Medioevale e la Piccola Era Glaciale che hanno caratterizzato a livello mondiale il clima di tutto il nostro Pianeta nel millennio trascorso, siamo andati attraverso una fase di transizione verso la fase calda che stiamo vivendo, di origine naturale come sempre in passato è avvenuto in modo ciclico.

La scienza del clima non ha ancora individuato tutte le componenti che regolano il clima; pertanto non è possibile basare la previsione sui risultati dei modelli matematici.

Le iniziative derivate dall'applicazione del Protocollo di Kyoto sono pertanto di dubbia utilità; sono certamente molto costose e di efficacia assai discutibile se non del tutto inutili.

Da Crescenti (2009): “Quale deve essere allora il nostro approccio con le variazioni climatiche? Non c'è dubbio che non possiamo fare nulla per contrastare questi fenomeni naturali che sono regolati da meccanismi soprattutto astronomici di difficile valutazione e di impossibile controllo. L'approccio corretto deve essere come quello che attuiamo nei confronti dei terremoti: non possiamo prevedere quando avverranno, ma possiamo prepararci a contrastarne gli effetti costruendo bene in siti idonei. Così, se questa è la strategia da adottare, dobbiamo prevedere le azioni e i provvedimenti che possiamo prendere per contrastare o mitigare gli effetti delle variazioni climatiche. Bando al catastrofismo, ma corretta e responsabile azione di prevenzione. Del resto, nel periodo caldo medioevale, l'uomo ha saputo adattarsi alle nuove condizioni climatiche, addirittura utilizzandole a proprio vantaggio come dimostra l'esempio dei Vichinghi in Groenlandia”.

Opere citate

Opere citate

- Adhikari D.P., Kumon F., 2001 – *Climatic changes during the past 1300 years as deduced from the sediments of Lake Nakatsuna, central Japan*. Atti Limnology, vol. 2, n. 3.
- Andel van N., 2011 – *The oceans, clouds and cosmic rays drive the climate, not CO₂*. JoNova, febbraio 2011.
- Angeli F. editore, 1991 – *Clima e storia*, Collana diretta da Lucio Gambi
- Angeli F. editore, 2004 – *Che tempo faceva? Variazioni del clima e conseguenze sul popolamento umano. Fonti, metodologie e prospettive*. A cura di Luca Bonardi.
- Baroni C., 2010 – *La risposta dei ghiacciai alpini alle variazioni climatiche*. Geoitalia, n. 32, pag. 50.
- Battaglia F., Ricci R.A., 2007 – *Verdi fuori, rossi dentro*. Ed. Libero Free Foundation.
- Bonatti E., 2009 – *Tutti guardano al Sole, ma la colpa del surriscaldamento è anche sottoterra*. Le Scienze, maggio 2009.
- Cerutti A.V., 2013 – *Storia del Clima in Valle D'Aosta*. Nel presente volume.

- Clini C., 2011 – *Dopo il G8: fattibilità e sfide tecnologiche per limitare l'aumento della temperatura media entro 2°C*. Assoc. Galileo 2001, atti del convegno Clima Energia Società, 21^{mo} Secolo, pp. 41-50.
- Crescenti U., 2008 – “Il riscaldamento globale del Pianeta Terra: riflessioni di un geologo”, In U. Crescenti e L. Mariani, *Cambiamenti climatici e conoscenza scientifica*. 21^{mo} Secolo, pp.5-60.
- Crescenti U., 2009 – *Sul riscaldamento globale del Pianeta Terra*. Geologia dell'Ambiente, SIGEA, n 1 (2009), pp. 9-18.
- Crescenti U, Mariani L., 2010a – *È mutato il clima in epoca storica? L'eredità scientifica di Umberto Monterin*. Geoitalia, Fist, n. 30, pp. 27-31.
- Crescenti U., Mariani L., 2010b – *Anidride carbonica e temperatura globale: prospettiva storica e nessi causali*. Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 2010, n. 2, pp. 51-62.
- De Santis A., Qamili E., Spada G., Gasperini P., 2011 – *Geomagnetic South Atlantic Anomaly and global sea level rise: A direct connection?*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, doi:10.1016/j.jatp. 2011.
- Gasperini M., Chierici P., 1997 – *Short-term period climatic change; a combined effect between the sunspot cycle and lunar nutation*. Climate Change, n. 35, pp.229-240.
- Jaworowski Z., 2007 – *The greatest scientific Scandal of Our Time*. Science, 16 marzo 2007.
- Jaworowski Z., 2010 – *Global Warming: a Lie Aimed at Destroying Civilization*. Science & Technology, January 15, 2010.
- Kipp R., 2009 – *The Medieval Warm Period – a global phenomenon. Unprecedented data manipulation?* Science Skeptical Blog (nov. 2009).
- Lamb H.H., 1966 – *The changing climate*, Methuen, London, 236 pp.
- Lamb H.H., 1977 – *Climate, present, past and future. Volume 2. Climatic history and future*. Methuen & Co Ltd., London, 835 pp.
- Lamb H.H., 1995 – *Climate, History and the Modern World*. Routledge, 2nd edition, 433 pp.
- LeRoy Ladurie, 1967 – *Tempo di festa, tempo di carestia, storia del clima dall'anno mille*. Einaudi, 449 pp.
- LeRoy Ladurie, 2004 – *Histoire humaine et comparée du climat. I. Canicules et glaciers (XIII-XVIII siècles)*. Fayard, 740 pp.

- Mariani L., 2008 – *Un commento ad alcuni noti slogan sul riscaldamento globale*. In Crescenti U., Mariani L., 21^{mo} Secolo, pp. 61-100 (ved. sopra Crescenti 2008).
- Monterin U., 1937 – *Il clima sulle Alpi ha mutato in epoca storica?* CNR, Comitato Nazionale di Geografia, 54 pp.
- Matul A.G., Khusid T.A., Mukhina V.V., Chekhovskaia M.P., Safarova S.A., 2007 – *Recent and late Holocene environments on the southeastern shelf of the Laptev Sea as inferred from microfossil data*. Oceanology n. 47, pp. 80-90.
- Millet L., Arnaud F., Heiri O., Magny M., Verneaux V., Desmet M., 2009 - *Late-Holocene summer temperature reconstruction from chironomid assemblages of Lake Anterne, northern French Alps*. The Holocene, v. 19. n. 2, pp. 317-328.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Società Meteorologica Italiana, 2010 – *Clima ed Energia, capire per agire*. Opuscolo di 60 pp.
- Montford A.W., 2010 – *The hockey stick illusion. Climate gate and the Corruption of Science*. Stacey International, London U.K.
- Oppo D.W., Rosenthal Y., Linsley B.K., 2009 – *2.000-year-long temperature and hydrology reconstructions from the Indo-Pacific warm pool*. Nature 460, pp. 1113-1116.
- Orombelli G., 2000 – *Le Scienze della Terra: una chiave di lettura nel mondo in cui viviamo*, Ist. Lombardo di Scienze e Lettere, pp. 135-150.
- Orombelli G., 2005 – *Cambiamenti climatici*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. Suppl. VII, pp. 35-44
- Ortolani F., Pagliuca S., 1994 – *Variazioni climatiche e crisi dell'ambiente antropizzato*. Il Quaternario, v. 7 (1), pp. 351-356.
- Ortolani F., Pagliuca S., 1995 – *Climatic variations and crises in the anthropized environment in the Mediterranean region*. Proc. Geosciences & Archaeology Seminar, Special Publication n. 70, pp. 113-126.
- Ortolani F., Pagliuca S., 2000 – *Modificazioni geoambientali cicliche verificatesi negli ultimi millenni nell'Area Mediterranea e previsione dell'impatto sull'ambiente antropizzato del prossimo "effetto serra"*. IGBP 2000, CNR, Atti Workshop su Global Change.
- Ortolani F., Pagliuca S., 2001 – *Le variazioni climatiche storiche e la prevedi-*

- bilità delle modificazioni relative all'effetto serra*. Atti Giornata di studio AIN 2001, Roma 12 marzo.
- Ortolani F., Pagliuca S., 2004 – *Il clima mediterraneo: modificazioni cicliche degli ultimi millenni e previsioni per il prossimo futuro*. Atti Convegni Lincei 204, pp. 215-225.
- Possa G., 2011 – *Le prevedibili gravi conseguenze del pesante dirigismo politico ormai prevalente nel mondo occidentale al riguardo del riscaldamento globale in atto*. Assoc. Galileo 2001, atti Convegno Clima Energia Società, 21^{mo} Secolo, pp. 369-382.
- Praturlon A., 2011 – *Un discorso epistemologico sulla complessità nelle scienze della Terra*. Geoitalia, n. 36, pp. 5-25.
- Prodi F., 2011 – *Cambiamenti climatici: cause naturali e cause antropiche*, Assoc. Galileo 2001, atti Convegno Clima Energia Società, 21^{mo} Secolo, pp. 133-144.
- Sadori L., Zanchetta G., Van Welden A., Baneschi I., Drysdale R., Giardini M., Gliozzi E., Mazzini I., Roberts N., 2012 – *Climate changes at Lake Shkodra (Albania): the last 4500 years*. Rendiconti online Soc. Geol. Ital., v. 18, pp. 35-38.
- Singer F.S., 2008 – *La Natura, non l'attività dell'uomo, governa il clima*. 21^{mo} Secolo ed., 94 pp.
- Tirelli U., 2011 – *Cambiamenti climatici e salute*. Assoc. Galileo 2001, atti Convegno Clima Energia Società, 21^{mo} Secolo, pp. 345-348.
- Visconti G., 2007a – *Clima estremo*, Ed. Boroli.
- Visconti G., 2007b – *Ripensare i modelli del clima*. Le Scienze, dicembre 2007.
- Vallefuoco M., Lirer F., Ferraro L., Pelosi N., Capotondi L., Sprovieri M., Incarbona A., 2011 – *Climatic variability and anthropogenic signature in the Gulf of Salerno (southern-eastern Tyrrhenian Sea) during the last half millennium*. Rend. Fis. Acc. Lincei, v. 22, n. 4.

STORIA DEL CLIMA IN VALLE D'AOSTA

Augusta Vittoria Cerutti

Membro del Comitato Glaciologico Italiano

Riassunto

Sul territorio valdostano le variazioni climatiche intervengono a modificare il limite altitudinale fra le zone ecumeniche con produzione agraria e quelle anaecumeniche improduttive, a volte a profitto delle prime, a volte a profitto delle seconde. Questi fenomeni influenzano in modo rapido e diretto la vita e l'attività della popolazione. Per questo motivo in Valle d'Aosta la storia civile è strettamente legata a quella del clima: nei periodi caldi la valle è un ricco canale dei traffici transalpini, in quelli freddi una poverissima cellula chiusa in se stessa.

Seguendo questo filo conduttore, si prendono in esame gli studi del geologo gressonaro Umberto Monterin che per primo in Italia, fin dagli anni 1915-1930 aveva messo in luce le oscillazioni del clima nell'ultimo millennio.

Dipoi, sulla base della cronologia delle variazioni climatiche enunciata da Paul Guichonnet, si esaminano vari momenti significativi della preistoria e della storia valdostana, in base alla documentazione palinologica, archeologica e storica. Ne emerge un alternarsi di *optimi* e di *pessimi* assai ben individuabili con importanti conseguenze civili, economiche e sociali. Queste evidenze portano a considerare l'attuale *riscaldamento globale* un fenomeno non dissimile a quelli più volte verificatisi nel passato.

Premessa

La valle d'Aosta è la regione più montuosa d'Italia. Il suo territorio si estende in altimetria dai 300 m s.l.m. del fondovalle della Dora Bal-

tea presso i confini orientali della Regione, fino ai 4810 della vetta del Monte Bianco.

Su di esso, salendo in altitudine, si incontrano, successivamente, fasce vegetazionali caratteristiche. Sui fondovalle e sulla prima parte dei versanti, fino ai 1800-1900 metri vi sono le colture agrarie e gli insediamenti umani permanenti; soltanto questa è la fascia territoriale propriamente *ecumenica*. Più in alto vi è il bosco, fino ai 2100, e i pascoli d'alta quota fino all'altitudine di circa 2600 m. In questa zona la presenza dell'uomo è solo temporanea legata all'attività pastorale o a quella turistica. A monte dei 2600 sparisce la coltre erbacea, continua e si apre la fascia delle rupi e delle nevi perenni.

Il mutare, di fascia in fascia, del contesto vegetazionale è dovuto al diverso perdurare dell'innevamento e del gelo da cui dipende la durata della stagione vegetativa alle diverse quote. Nel clima attuale, il limite superiore delle colture è all'altitudine in cui il gelo perdura più di 6 mesi all'anno; quello dei boschi, dove esso si prolunga per circa otto mesi, i pascoli d'alta montagna si spingono fin dove l'innevamento e il gelo persistono per circa nove mesi. Più in alto la stagione vegetativa si fa tanto breve da ostacolare ogni tipo di produzione agraria. Poco sopra i 3000 m si pone il limite delle nevi perenni che danno origine ai ghiacciai.¹

In un tale contesto le variazioni climatiche hanno un riscontro diretto e immediato sul territorio e sulle attività produttive della popolazione: quelle calde riducendo i giorni di gelo, spingono a monte i limiti altitudinali delle fasce vegetative aprendo più spazio alle colture, al bosco e al pascolo e quindi migliorano l'economia agricola. Al contrario le variazioni fredde, aumentando il periodo di gelo, estendono ulteriormente la zona improduttiva.

Ancora più evidenti sono le conseguenze delle variazioni climatiche sulla transitabilità dei valichi che mettono in Francia o in Svizzera. Fra i colli valdostani il più basso è il Piccolo San Bernardo che si apre alla quota di 2188 e mediamente resta innevato per 259 giorni²;

¹ Cfr. A.V. Cerutti, 2006 - *Le conséquences du Climat* in *Le pays de la Doire et son peuple*. Aosta, pp. 55-59.

² L. Mercalli e altri, 2003 - *Atlante climatico della Valle d'Aosta*. Soc. Meteorologica Subalpina. Torino, pag. 258.

tutti gli altri sono ad altitudini superiori ed hanno un più lungo periodo di innevamento. Numerosi documenti storici ci attestano, per il periodo medioevale, una grande vivacità di traffici lungo le vie transalpine. Sappiamo che gli animali da soma non possono procedere sulla neve perché su di essa i loro zoccoli sprofondano ad ogni passo. Le carovane someggiate, quindi, potevano affrontare la traversata dei colli solo quando questi erano liberi dalla neve. Ci si chiede, quindi, come sia giustificabile la documentazione medioevale relativa al traffico commerciale attraverso la Valle d'Aosta, se il valico più basso ha un innevamento annuale di circa otto mesi e mezzo e molti di quelli citati nelle antiche carte³, sono glacializzati, come il Col di Rhemes (m. 3098), il Col Collon (m. 3114), il Col de Bouquetin (m.3359), il Colle del Teodulo (m 3302). La cosa è spiegabile solo se ammettiamo che nel Medioevo sia intervenuta una variazione climatica calda tale da ridurre sensibilmente il periodo di innevamento in alta quota e spingere molto a monte il limite climatico delle nevi permanenti.

Sul territorio valdostano le caratteristiche altimetriche mettono in diretto contatto le zone ecumeniche con quelle anaecumeniche. Le variazioni climatiche intervengono a modificare il limite fra queste zone a volte a profitto delle prime, a volte a profitto delle seconde. Questi fenomeni influenzano in modo rapido e diretto la vita e l'attività della popolazione. Per questo motivo in Valle d'Aosta la storia civile è strettamente legata a quella del clima.

1) «Dans la Vallée d'Aoste, l'histoire a été “fabbricée” par la géographie»

«In Valle d'Aosta la storia è stata “fabbricata” dalla geografia». Così si esprimeva in un convegno internazionale di studi tenutosi a Saint-Vincent nel 1987, Paul Guichonnet,⁴ il prestigioso decano dell'Uni-

³ A.V. Cerutti, 1986 - *I grandi valichi valdostani in età medioevale*, in *Les Alpes dans les temps et dans l'espace. Melange en honneur de Paul Guichonnet* – Le Globe, société de Géographie. Genève 1986, pp. 79-90.

⁴ P. Guichonnet, 1987 - *Les bases géographiques de l'histoire de la Vallée d'Aoste*. In *La Valle d'Aosta e l'Arco Alpino nella politica del mondo antico* Atti del Convegno Internazionale di Studi. Aprile 1987, pp. 20-46.

versità di Ginevra, uno dei massimi studiosi della storia e della geografia delle Alpi.

Fra i fattori che hanno influito sulla storia della Valle d'Aosta vi è in primo luogo la sua posizione geografica che coincide con l'itinerario più diretto fra i porti liguri e i grandi centri economici dell'Europa centro-settentrionale. Vi è poi la sua morfologia dovuta al modellamento glaciale che ha fatto della Valle un lungo fiordo di pianura che si addentra fra le più elevate montagne d'Europa. L'erosione glaciale ha aperto sullo spartiacque valichi di trasfluenza che facilitano l'attraversamento della Catena; questi passi, però, sono transitabili da carovane someggiate solo quando sono liberi dalla neve e poiché essi hanno una altitudine notevolmente elevata, la loro più o meno lunga transitabilità annuale dipende dalle condizioni climatiche.

«Nel condizionamento geografico della storia – dice il Guichonnet⁵ – il clima è una delle variabili più significative... Le oscillazioni climatiche hanno creato, a più riprese, condizioni biogeniche e possibilità di circolazione assai favorevoli, corrispondenti, in Valle d'Aosta, alle fasi “aperte” della vita regionale».

In effetti la Valle d'Aosta, nei secoli caldi intercorsi fra il IX e il XVI, visse una vera e propria età dell'oro, svolgendo la funzione di canale dei traffici fra le repubbliche marinare del Mediterraneo e i centri fieristici dell'Europa centro-settentrionale. Verso la fine del 1500, al sopravvenire della durissima fase fredda denominata “Piccola età glaciale” la Valle, in pochi decenni, si trasformò in una povera cellula chiusa in se stessa. Questo drastico mutamento veniva riconosciuto e sottolineato già da J.B De Tillier, storico valdostano della metà del XVIII secolo nella cui opera troviamo scritto: «Il ducato di Aosta, un tempo aveva una popolazione assai più numerosa ... Da quando è venuto a mancare il gran passaggio di merci dall'Italia in Francia e, per il Gran San Bernardo, quello fra lo stato di Milano e la Germania, non si sono mai più ristabiliti né il gran numero di abitanti né la frequenza dei commerci». ⁶

⁵ P. Ghichonnet, op. Cit. 1987, pag. 39.

⁶ J.B. De Tillier - *Historique de la vallée d'Aosta*. L'opera venne scritta fra il 1721 e il 1740 ma solo nel 1966 venne pubblicata la sua prima edizione integrale, dalle cui pagine 115-116 abbiamo tratto lo stralcio sopra citato.

2) L'opera di Umberto Monterin

In Italia, il primo ad indagare sui mutamenti dell'ambiente legati a variazioni del clima fu uno studioso nato e vissuto a Gressoney la Trinità: Umberto Monterin, geologo, docente all'Università di Torino, direttore degli Istituti Scientifici del Monte Rosa dal 1925 al 1940, grande esperto di Climatologia e di Glaciologia⁷. L'attenta osservazione del paesaggio della sua valle natia e la storia della gente Walzer a cui apparteneva, gli suggerirono la domanda: «Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?». Attorno a questa domanda ruota buona parte della sua produzione scientifica, fin dal 1915, quando scrisse *La leggenda della Città di Felik in rapporto alle oscillazioni glaciali e alla colonizzazione tedesca del versante meridionale del Monte Rosa*⁸. Fu il prestigioso geografo Giotto Dainelli che, riconosciuto il valore scientifico del saggio, lo volle pubblicare sul *Bollettino della Sezione Fiorentina del C.A.I.* di cui era allora direttore. In esso fra l'altro si legge. «... Tutto mi induce a credere, specialmente per i comuni caratteri etnografici e filologici, che la colonizzazione tedesca sia stata graduale e spontanea attraverso gli alti valichi del Monte Rosa, facilitata a poco a poco per il ritiro dei ghiacciai, mentre di poi, per il fenomeno inverso, i Walzer furono isolati dal loro paese d'origine, ossia dal Vallese».

In questa opera, che precede di quasi 40 anni il destarsi di interessi scientifici sulla storia del clima, Monterin dimostra di aver chiaramente intuito la presenza, nella storia delle Alpi, di importanti variazioni climatiche e delle loro conseguenze sulla vita e l'attività degli uomini. Sull'argomento egli ritorna in successivi lavori e particolarmente in: «Le variazioni secolari del clima del Gran San Bernardo 1818-1931 e le oscillazioni del ghiacciaio del Lys al Monte Rosa 1789-1931»⁹;

⁷ I più significativi studi di Umberto Monterin sono stati riuniti in *Raccolta di scritti di Umberto Monterin* curata da Augusta Vittoria Cerutti e formata da quattro volumi: I *Dal Monte Rosa al Tibesti*, edito nel 1986; II *Il clima e le sue variazioni*, edito nel 1987; III *I ghiacciai del Monte Rosa*, edito nel 1988; IV *Le variazioni periodiche dei ghiacciai*, edito nel 1990.

⁸ In: *Raccolta scritti di U. Monterin* – Vol. I – 1986 pag. 17-29.

⁹ In: *Raccolta scritti di U. Monterin* – Vol. II – 1987 pag. 153-286.

«Sulle variazioni del limite superiore del bosco sulle Alpi in epoca storica»¹⁰, «Il clima delle Alpi ha mutato in epoca storica?».¹¹

Quest'ultimo risulta essere il suo lavoro più conosciuto.¹² Fu pubblicato per la prima volta sul *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* N.16 del 1936, alle pagine 57-107. Riscontrato l'alto valore scientifico del saggio, il Comitato Nazionale delle Ricerche lo ripubblicò nel 1937 come opera a sé stante onde diffonderlo, oltre che fra i glaciologi, anche fra i ricercatori dei diversi campi naturalistici.

L'ambiente scientifico, però, in quegli anni non era preparato ad accogliere la sconvolgente ipotesi presentata dal Monterin. Allora si pensava che nel corso dell'Olocene il clima fosse stato sempre simile a quello attuale e pertanto, malgrado le validissime argomentazioni presentate dallo studioso di Gressoney, l'ipotesi di importanti variazioni climatiche venne accolta con molta diffidenza.

Solo nel secondo dopoguerra le variazioni climatiche e le loro conseguenze diventano argomenti di ricerca, in particolare per opera di alcuni storici medioevalisti e moderni: ricordiamo lo svedese G. Utterström (dal 1955), i francesi F. Braudel (dal 1949) e E. Le Roy Ladurie (dal 1956), l'inglese H. H. Lamb (dal 1961). In America, sull'argomento lavorano in maggior numero ricercatori naturalisti.

Nel 1962 il Comitato di Paleoclimatologia dell'Accademia delle Scienze degli Stati Uniti, organizzò ad Aspen, nel Colorado, una conferenza su "Clima dell'XI e del XVI secolo", i periodi che, secondo le ricerche attuate fino ad allora, risultavano essere stati, il primo il più caldo e il secondo il più freddo dell'ultimo millennio. Questa conferenza ebbe un carattere prettamente interdisciplinare; in essa lavorarono commissioni specifiche di antropologia, biologia, glaciologia, geografia, geologia, storia e meteorologia; vi parteciparono scienziati

¹⁰ In: *Raccolta scritti di U. Monterin* – Vol. II – 1987 pag. 287-308.

¹¹ In: *Raccolta scritti di U. Monterin* – Vol. II – 1987 pag. 309-359.

¹² U. Crescenti & L. Mariani, 2010 - *È mutato il clima in epoca storica? L'eredità scientifica di Umberto Monterin*. In: *Geoitalia*, Fist, n. 30, pp. 27-31.

provenienti da tutti i paesi del mondo¹³. Essa è riconosciuta come l'atto di nascita di una nuova disciplina: la storia del clima.

Umberto Monterin aveva preceduto questi interessi di ben quarant'anni, conducendo le sue ricerche su argomenti tanto naturalistici quanto antropici: fra i primi vi sono le variazioni del limite superiore del bosco e soprattutto le oscillazioni degli apparati glaciali; fra i secondi, le antiche vie attraverso gli alti valichi e la costruzione, nei secoli passati, di una fitta rete di canali di irrigazione.

Dopo un lungo e attento esame egli giunse alle seguenti conclusioni:

«In epoca anteriore alla metà del XVI secolo:

- 1) *Il limite superiore del bosco è stato più elevato*¹⁴ e il successivo abbassamento è da imputarsi solo in minima parte al fattore antropico.
- 2) *Lo sviluppo della rete dei canali di irrigazione fu più esteso*; il successivo parziale abbandono non è da considerarsi come conseguenza di una variazione dell'attività umana, in quanto avvenne senza che si sia verificata una qualsiasi radicale trasformazione nell'economia montana.
- 3) *Il transito attraverso gli elevati valichi alpini è stato più facile e quindi più frequentato*. Il successivo abbandono si è verificato prima dell'apertura delle grandi vie di comunicazione transalpine (Trafori del Frejus 1870, del Gottardo 1882, del Sempione 1905) e quindi non è imputabile ad esse.
- 4) *I ghiacciai furono molto meno estesi* perché era più elevato il limite delle nevi persistenti; gli sviluppi delle masse glaciali del XVII, XVIII e XIX secolo, come dimostrano i relativi apparati morenici, furono i più grandi che si siano verificati in epoca storica.

¹³ La conferenza di Aspen è analiticamente presentata da E. Le Roy Ladurie nel volume *Histoire du climat depuis l'an mil* Paris, Flammarion 1967 pp. 256-279.

¹⁴ Nel suo lavoro *Sulle variazioni del limite del bosco sulle Alpi in epoca storica*, egli precisa: "Il limite superiore del bosco prima del grande sviluppo glaciale iniziato nella seconda metà del XVI secolo, dovette essere più elevato di oggidì non certo meno di 300 m". (Op. Cit. 1987 pag. 287).

Tali fatti così concordanti fra loro e tutti ugualmente di vasta portata ci permettono di concludere che *il clima delle Alpi anteriormente alla metà del XVI secolo fu più mite e più secco che nei secoli successivi*¹⁵.

Già negli anni Trenta quindi il Monterin aveva individuato con precisione quello che più tardi venne chiamato *L'optimum climatico medioevale*. Egli giustamente riteneva che un clima "più mite e secco" avesse caratterizzato i secoli precedenti il XVI con il limite climatico del bosco trecento metri a monte dell'attuale. Questo dato ci permette di ipotizzare che in quel periodo la temperatura media annua fosse quasi di due gradi centigradi superiore a quella dei nostri giorni ¹⁶. Inoltre, se il limite climatico del bosco era ad una altitudine di 300 metri superiore all'attuale, in ugual misura doveva essere più a monte il limite climatico delle nevi permanenti, oggi fra i 3100 e i 3200 m e allora probabilmente fra i 3400 e i 3500. Questo fatto spiega perché durante l'*optimum climatico medioevale* la copertura glaciale delle nostre Alpi fosse assai ridotta; risulta infatti che allora i valichi posti fra i 3000 e i 3300 m s.l.m., fossero liberi dai ghiacci e quindi di facile transito.

3) Cronologia della variazioni climatiche oloceniche

Gli studi sulla storia del clima che si svilupparono nei vari paesi del mondo dopo la Conferenza di Aspen, portarono ad estendere lo

¹⁵ *Raccolta di scritti di U. Monterin*, Vol II, 1987 pag. 348.

¹⁶ Uno scarto altimetrico di 300 m corrisponde, teoricamente, ad uno scarto termico di gradi centigradi 1,8.

H.H. Lamb, nel suo volume *Climate. History and Modern World* pubblicato nel 1982, ha effettuato calcoli per valutare lo scarto termico fra l'*optimum medioevale* ed i valori medi del sessantennio 1900-1960. In base ai dati rilevati dalla mutata altitudine del limite superiore del bosco nei Vosgi e nella Foresta Nera, lo scarto è risultato di gradi centigradi 1,4; l'abbassamento del limite superiore dei vigneti nel Baden, ha messo in evidenza uno scarto di gradi centigradi 1,6°C (cf. in M. Pinna *Le variazioni del clima*, Milano, 1996, p. 127) Si tratta di valori molto vicini a quelli riferiti quasi cinquant'anni prima dal Monterin in base alle osservazioni in valle di Gressoney.

sguardo ben al di là dell'ultimo millennio, il periodo su cui, aveva lavorato Umberto Monterin.

Un ampio e ben documentato panorama dei risultati di questa vasta ricerca multidisciplinare ci è offerto dal volume pubblicato da Mario Pinna nel 1996 ¹⁷. Da questi studi si evince che i fenomeni osservati dal Monterin in territorio valdostano (oscillazioni del limite superiore del bosco; evoluzione prima negativa e poi positiva delle masse glaciali) si sono verificati contemporaneamente in molte altre parti del mondo. Si tratta, quindi, di eventi dal carattere globale. Si è appurato, inoltre, che nel corso dell'Olocene simili fatti si sono più volte ripetuti.

Paul Guichonnet, nella celebre opera: *Histoire et Civilisation des Alpes*, enuncia le grandi fasi dell'evoluzione climatica alpina a cominciare dall'“*optimum*” che favorì, nelle Alpi, il popolamento del Neolitico e dell'età del Bronzo ¹⁸.

Lo stesso autore, nel convegno internazionale su “La valle d'Aosta e l'arco alpino nella politica del mondo antico”, tenutosi nell'aprile del 1987, a Saint-Vincent, espone una precisa cronologia del clima valdostano ¹⁹, tratta dalle testimonianze naturalistiche e dalla storia della valle della Dora Baltea. L'illustre studioso individua tredici fasi, a partire dal 4000 a. C., in ciascuna delle quali viene a stabilizzarsi un certo equilibrio fra le diverse componenti dell'ambiente, tale da dare origine a un tipico “*Climax*”.

La sequenza è la seguente:

- 1) Periodo post-glaciale caldo, circa dal 4000 al 2000 a.C.
- 2) Raffreddamento severo con espansioni glaciali dal 1700 al 1500 a.C.
- 3) Riscaldamento dal 1250 al 900 a.C.
- 4) Raffreddamento dal 900 al 300 a.C.
- 5) Clima temperato dal 300 a.C. al 400 d.C.
- 6) Peggioramento del tempo dei barbari, dal 400 all'800

¹⁷ Mario Pinna, 1996 - *Le variazioni climatiche - Dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*. Milano, Franco Angeli editore, 1996.

¹⁸ P. Guichonnet, 1980 - *Histoire et Civilisation des Alpes*. Vol I Toulouse-Lausanne, p. 29: *Climats du passé*.

¹⁹ P. Guichonnet, 1980, op. citata, pp. 40-45.

- 7) Miglioramento degli anni che vanno dall'800 al 1150
- 8) Pessimum del periodo 1150-1300
- 9) Miglioramento del periodo 1350-1540
- 10) Piccola età glaciale dal 1550-1850
- 11) Rapido miglioramento fra il 1850 e il 1950. Dopo il 1950, per circa un trentennio, estati fresche e inverni nevosi
- 12) Fra il 1975 e il 1980 si instaura il clima attuale.

4) Clima e Storia in Valle d'Aosta

Seguendo la cronologia esposta dal Guichonnet, esaminiamo ora alcuni fenomeni naturali ed alcuni fatti della storia valdostana comprovanti l'influenza che le variazioni del clima hanno avuto sulla vita e sull'attività della popolazione, soprattutto in relazione alle possibilità di utilizzazione dei territori e dei valichi d'alta quota ²⁰.

Dal 4000 al 2000 a.C

È l'“Optimum climatico assoluto” del periodo Atlantico che corrisponde alle età umane del Neolitico e dell'Eneolitico. I numerosi reperti archeologici, anche in alta quota, indicano che queste età furono in Valle d'Aosta periodi di intensa attività antropica. Va ricordato in

²⁰ Per una analisi più completa ed approfondita di questi argomenti si veda:

A.V. Cerutti, 1986 - *I grandi valichi valdostani in età medioevale*. In: Les Alpes dans les temps et dans l'espace. Melange en honneur de Paul Guichonnet – Le globe, société de Géographie Gèneve, pp. 79-90.

A.V. Cerutti, 1994 - *Clima e storia in valle d'Aosta dopo l'anno mille*. In Bollettino dell'Accademia di Sant'Anselmo – vol. V Aosta, pp. 119-157.

A.V. Cerutti, 1994 - *Le variazioni climatiche post-glaciali e la storia della valle d'Aosta*. In: Studi geografici in onore di Domenico Rocco, pp 81-92.

A.V. Cerutti, 2002 - *Seimila anni di storia del clima in valle d'Aosta e le loro conseguenze sulle vicende umane*. In: Archivum Augustanum, Aoste, pp. 7-58.

A.V. Cerutti, 2006 - *Le variation climatiques*. Capitolo IV del volume: *Le pays de la Doire et son Peuple* – Musumeci, Aosta, pp. 59-68.

particolare la grandiosa area megalitica di Saint-Martin de Corlean, presso Aosta, i cui livelli più profondi, datati al carbonio 14, risultano risalire al 3000 a.C..

Fin dal 1957, il prof. Peretti del Politecnico di Torino rinvenne, alla fronte del ghiacciaio del Ruitor all'altitudine di 2500 m. alcuni blocchi di torba, cosa assai sorprendente perché l'ambiente glaciale non è certo quello in cui può originarsi la torba. Nel 1972, il prof. Armando, sempre del Politecnico di Torino, rilevò, poco a monte del precedente rinvenimento, un vero e proprio banco di torba messo in luce dalla contrazione subita dal ghiacciaio in quegli anni. I ricercatori si impegnarono allora in un approfondito studio sul ritrovamento ²¹.

La morfologia del sito suggerisce che la conca lacustre in cui la torba ebbe origine, potrebbe trovarsi sotto al manto glaciale in una zona pianeggiante alla quota di circa m 2700. Dalla datazione al carbonio 14, risulta che la torbiera fu attiva da 6500 a 3500 anni dal presente (B.P.) L'analisi palinologica mette in luce, l'esistenza nei suoi immediati pressi di un ambiente vegetale caratterizzato da piante erbacee, tipiche dei pascoli d'alta quota. Il 46% dei pollini presenti, però, appartiene ad alberi di alto fusto, in prevalenza conifere, a cui si aggiungono anche pollini di nocciolo, di tiglio e di quercia. I ricercatori scrivono:

«In quel periodo, si deve ritenere che il limite della vegetazione forestale, si sia assestato, in questo settore, quasi 500 metri a monte rispetto ai valori attuali. Il manto delle pinete e dei lariceti doveva, allora, avvicinarsi alla periferia della torbiera mentre la foresta di alberi e di essenze del bosco misto di latifoglie si stendeva a quote più basse ma comunque notevolmente a monte del limite attuale» ²².

Nelle estati 2009 e 2010 una *équipe* costituita da specialisti del C.N.R e delle Università di Ferrara e di Milano, ha lavorato sulla torbiera di Crotte Basse sul versante Est del Monte Fallère, all'altitudine

²¹ E. Armando e altri, 1975 - *La formazione di torbiera presso la fronte attuale del ghiacciaio del Ruitor: suo significato per la ricostruzione degli ambienti naturali nell'Olocene medio e superiore*. In: Boll. Comitato Glaciologico Italiano. Torino.

²² Armando E., Charrier G., 1987 - *La torbiera del Ruitor*. In: Geografia fisica e dinamica quaternaria, n 8, pp. 144-149.

di 2365 m ²³. Quelle torbe sono risultate ancora più antiche di quelle del Ruitor risalendo, secondo la datazione al carbonio 14, ad un periodo che si stende fra 9200 e i 7600 anni dal presente. L'analisi palinologica mette in luce che il limite climatico delle foreste si trovava allora ben al di sopra del sito della torbiera (m 2365 s.l.m.), confermando quindi le risultanze delle ricerche del Politecnico di Torino.

Fra il 2000 e il 2006 nell'ambito del programma INTERREG *Alpis Graia: Archéologie sans frontières au col du Petit-Saint-Bernard* sono state effettuate, sullo storico valico, importanti ricerche da studiosi italiani e francesi ²⁴. Si è trattato soprattutto di ricerche volte ad interessi archeologici, vista la presenza, in quel sito, della vasta *Mansio Romana* e del Cromlech che proprio nel corso di queste ricerche si è giunti a datare al III millennio a.C. ²⁵. La storia dell'uomo, però, non è mai disgiunta da quella del clima, per cui molti elementi evidenziati in quelle ricerche si caricano di interesse anche per i nostri studi. In particolare il gruppo guidato dai proff. J.L. de Beaulieu e F. Guiter dell'Università di Marsiglia si è posto l'obiettivo di ricostruire la storia dei paesaggi che hanno preceduto e poi accompagnato le fasi di occupazione umana del colle ²⁶. Con questa finalità sono state studiate diverse zone umide presenti sul valico e negli immediati dintorni, fra le quote 2088 (lago di Verney) e 2345 (laghetto di Torvéraz). Le torbe da esse tratte sono state datate al carbonio 14 e su di esse sono state condotte analisi palinologiche di grande interesse.

²³ R. Pini, A. Aceti, C. Ravazzi, F. Badino, V. Maggi, G. Orombelli, L. Raiteri, 2011 - *High-altitude environments and glaciers fluctuations in the western sector of the Aosta Valley during the Holocene*. In: *Il Quaternario*, n. 24 (numero speciale).

²⁴ cfr: *Alpis Graia –Archéologie sans frontières au col du Petit-Saint-Bernard* (Seminario di chiusura del programma Interreg III A Alcotra 2000-2006).

²⁵ F. Mezzena, 2006 - *Il Cromlech al colle del Piccolo San Bernardo. Ricerche 2003-2004*. In: *Alpis Graia*, op. cit. 2006, pag. 61-68.

²⁶ J.L. de-Beaulieu, F.Guiter, 2006 - *Dynamique des écosystèmes et impact de l'homme dans le secteur du col du Petit-Saint-Bernard au cours de L'Holocène*. In : *Alpis Graia*, op.cit., pp. 32-50.

Fra i campioni di torbe studiati dall'equipe di Marsiglia, il più antico risulta avere l'età di 6.230 anni (BP), e quindi di risalire all'età umana del Neolitico. In esso, prelevato alla quota di 2180 m s.l.m., circa il 90% dei pollini appartiene a conifere. È evidente che la località era allora coperta da pinete, il che conferma, in quell'epoca, la forte altimetria del limite climatico del bosco quale appare anche dalle torbe, pressappoco coeve, di Crotte Basse e soprattutto da quelle del Ruitor.

Secondo le risultanze delle ricerche di J.L. de-Beaulieu e F. Guiter, i primi pollini indicatori della presenza dell'uomo al Piccolo-San-Bernardo compaiono fra i 5500 e i 5000 anni fa. Sono pollini di *Plantago*, *Urtica*, *Cerealia* ed altri vegetali che testimoniano l'utilizzazione agropastorale del suolo. Dello stesso periodo, come già abbiamo accennato, risulta essere la costruzione del Cromlech presente sulla sommità del valico.

I ricercatori constatano: *In quell'epoca, l'alta altitudine non sembra essere stata un ostacolo per l'uomo* ²⁷. La cosa si spiega constatando, in base alle risultanze delle analisi palinologiche, che le condizioni ambientali di quell'epoca erano assai diverse da quelle attuali e che allora i limiti altimetrici superiori della fascia ecumenica si erano portati ad altitudini ben superiori alle attuali.

Oggi, il Piccolo San Bernardo ha un innevamento annuo che mediamente perdura ben 259 giorni ²⁸. La vegetazione è esclusivamente erbacea, propria degli alti pascoli; il limite altimetrico del bosco di conifere è assai più a valle: raggiunge a stento l'altitudine di 2000 m. Nel neolitico il Piccolo-San-Bernardo doveva avere un clima simile a quello che oggi troviamo a 1700 m s.l.m., in piena fascia forestale, ove nelle radure spontanee o ottenute con il disboscamento, sono facilmente attuabili le attività agro-pastorali. Contemporaneamente doveva essere assai più limitata la nevosità e quindi più breve il periodo dell'innevamento, il che dava agio alla viabilità per un lungo periodo annuale.

²⁷ J.L. de-Beaulieu, F. Guiter, Op. Cit., 2006, pag. 47.

²⁸ Mercalli e altri: op. cit., 2003, pag. 258.

Dal 1700 al 1500 a.C.

È un periodo di severo raffreddamento.

La torbiera del Ruitor viene sommersa dal ghiacciaio nel 1695 a.C. Da allora pare che essa sia costantemente rimasta coperta dalla coltre glaciale testimoniando, in accordo con molti altri fatti, che mai più il clima alpino ritornò caldo come era stato nell'optimum climatico dell'*Atlantico*.

Fra i 3500 e i 3200 anni dal presente risultano esservi state grandi espansioni glaciali, probabilmente le maggiori di tutto l'Olocene, frutto di un notevolissimo raffreddamento che determinò un abbassamento dei limiti climatici delle nevi perenni, del pascolo, del bosco, dei coltivi.

È il periodo *subboreale*. L'analisi pollinica dei campioni dell'epoca, prelevati nella zona del Piccolo San Bernardo, all'altitudine di 2350 sopra il lago di Verney, mette in luce una forte riduzione del polline arboreo e la scomparsa degli indicatori di antropizzazione.

Dal 1250 a 900 a.C.

Si manifesta un notevole miglioramento climatico, anche se le temperature non si innalzano più come nell'*Optimum assoluto*. La torbiera del Ruitor resta glacializzata ma sul colle del Piccolo San Bernardo ricompaiono i pollini indicatori di attività umana.

È l'età del Bronzo. A questa epoca si ricollega il mito di Ercole che per primo avrebbe attraversato le Alpi e, secondo Cornelio Nepote, proprio attraverso l'*Alpis Graia*, toponimo che i latini davano al Piccolo San Bernardo ²⁹.

²⁹ Cornelio Nepote, vissuto fra il 100 e il 25 a.C. raccontando l'impresa di Annibale scrive: "*Ad Alpes posteaquam venit, quae Italiam ad Gallia sejungunt, quas nemo unquam cum exercitu ante eum. praeter Herculem Graium transierat (quo facto is hodie saltus Graius appellatur)...*" Da: M. G. Vacchina, *Chi eravamo?* Aosta, 1989, pag. 126.

Dal 900 al 300 a. C.

Questi secoli sono caratterizzati da un severo raffreddamento. È l'età del Ferro. Le Alpi diventano fortemente inospitali: i ghiacciai avanzano, sui valichi l'innevamento perdura per la maggior parte dell'anno rendendoli praticamente intransitabili. Per questo motivo Roma, pur espandendosi nell'Italia del Nord, non si preoccupa di munire il confine settentrionale contando sul fatto che la natura impervia della Catena Alpina avrebbe costituito per eventuali eserciti assalitori un ostacolo insormontabile.

Dal 300 a.C. al 400 d.C.

Un netto miglioramento climatico spinge verso monte i limiti delle colture, del bosco e delle nevi persistenti.

Il primo a mettere a frutto la nuova fase climatica e quindi la transitabilità dei valichi alpini, è Annibale, il cartaginese che nel 218 a.C. attraversa le Alpi con un esercito di almeno 25.000 uomini e sorprende i romani nella pianura Padana, assolutamente impreparati ad un attacco proveniente dalle valli alpine.

Fra la fine del II secolo e gli inizi del I a.C. viene costruita la "*strada consolare delle Gallie*" che valica il passo del Piccolo San Bernardo all'altitudine di 2180 m. s.l.m; a metà del I secolo d.C., quella del colle del Gran San Bernardo (m 2479). Questi fatti dimostrano che l'innevamento dei valichi, il quale oggi è mediamente di 259 giorni al Piccolo San Bernardo³⁰ e di qualche giorno in più al Gran San Bernardo³¹, doveva essere allora assai più breve. Diversamente, con i passi aperti meno di quattro mesi all'anno, non sarebbe stata possibile una intensità di traffici tale da rendere necessaria, alla confluenza delle due strade, la fondazione di Aosta, centro di servizi e di controllo, che, dal 25 a.C., continuò ad esplicare con successo questa fondamentale funzione per più di quattro secoli.

³⁰ Mercalli, op.cit., 2003 - Osservazione del periodo 1925-1940.

³¹ B. Janin, 1970 - *Le Col du Grand-Saint-Bernard. Climat et Variation Climatique*. Aoste, Osservazione del periodo 1901-1965, pag. 47 e seg.

Dal 400 all'800 d.C.

Il clima diventa notevolmente freddo; gli inverni si fanno lunghi e nevosi. Secondo le risultanze archeologiche, la decadenza della città di Aosta, precede, di almeno 70 anni, la caduta dell'Impero Romano di Occidente. Quest'ultima, quindi, non può essere ritenuta la causa del grave peggioramento economico e sociale di *Augusta Praetoria*.

Una interessante documentazione di questo fatto è fornita dalle monete romane ritrovate negli scavi aostani. In proposito, Mario Orlandoni, noto ricercatore nella numismatica romana e preromana, scrive:

«I primi quattro secoli di vita economica di *Augusta Praetoria* sono rappresentati ininterrottamente dalle oltre tremila monete romane rese dagli scavi archeologici nel centro storico e alla sua periferia... Ancora numerosa è la presenza sul suolo di Aosta della monetazione del IV secolo fino a Teodosio regnante dal 379 al 395 d.C.. Ma dall'inizio del V secolo ... pochissime sono le monete rinvenute nella città»³².

Si tratta quindi di una decadenza che è da ritenersi legata a fatti economici, molto probabilmente dovuti ad ostacoli sopravvenuti ai traffici attraverso i valichi controllati dalla città. La causa potrebbe essere il sopraggiungere di un periodo di innevamento annuale assai più lungo di quanto era stato precedentemente e tale da rendere i passi del Piccolo e del Gran San Bernardo utilizzabili solo nei brevi periodi estivi, non sufficienti a sostenere una economia fiorente come era stata fino al termine del VI secolo.

Dall' 800 al 1150

Si tratta dell'*Optimum climatico medioevale*. I valichi, liberi dalla neve per la maggior parte dell'anno, permettono un facile attraversamento della Catena Alpina, tanto che proprio in questo periodo si forma, a cavaliere delle Alpi, il Sacro Romano Impero. Numerosi, al suo interno sono gli Stati di passo creati per garantire la sicurezza delle

³² M. Orlandoni, 1981 - *Le monete*. In: Archeologia in Valle d'Aosta dal neolitico alla caduta dell'impero romano. Aosta, pp. 149-153.

strade transalpine. Fra questi vi è la Contea di Savoia che esplica la funzione di “Portier del Alpes”.

Dal 1150 al 1350

Una improvvisa severa fase fredda viene ad interrompere l'optimum climatico medioevale. Essa è ben documentata nei pollini del Piccolo San Bernardo nei quali vengono a mancare gli indicatori di antropizzazione poco prima del XII secolo ³³. Siamo dunque in presenza di una discesa verso valle del limite superiore della fascia ecumenica.

Sul territorio valdostano le elevate creste spartiacque assumono una funzione di *limens*, prima sconosciuta, il che scompiglia l'assetto territoriale dei feudi posti a cavaliere delle catene montuose ³⁴.

Fino ad allora, infatti, diversi feudi si configuravano come “Stati di passo”, estendendo i loro territori su ambedue i versanti delle Alpi Graie e Pennine; nel corso del XIII secolo molti di essi si smembrano in settori appartenenti a singoli bacini idrografici.

³³ J.L. de-Beaulieu, F.Guiter, 2006, Op.Cit., pag. 47.

³⁴ L'archivista svizzero De Rivaz nella sua *Colletion diplomatique* compilata all'inizio del XIX secolo, informa che nel 1218 il Vescovo di Sion a cui appartenevano terre nella valle di Gressoney, fece fare dai Canonici di Sant'Orso di Aosta un'accurata ricognizione, in quanto di questo possedimento transalpino non sapeva più *ubi esset feudum quod tenebat Episcopo*. L'anno seguente questo feudo viene ceduto ad un signore valdostano: Giacomo di Porta Sant'Orso.

Lo storico J.A. Duc nel II volume dell'*Histoire de l'Eglise d'Aoste* (1904-1915) dà notizia che nel 1221 vengono ceduti alla diocesi di Aosta tutti i beni precedentemente posseduti dal Vescovo di Ivrea nella valle di Cogne.

L. Vaccarone nei suoi *Scritti sui Challant* informa che nel 1263 l'abbazia vallesana di Saint Maurice d'Againe, che aveva in feudo l'alta valle di Ayas, dà questa valle in *affitto ereditario* a Gotofredo di Challant ed ai suoi discendenti. Questi smembramenti di antichi feudi transalpini, avvenuti tutti a pochi anni di distanza l'uno dall'altro dimostrano che nel secolo XIII qualche cosa aveva reso più difficile la gestione dei numerosi piccoli *Stati di passo*, presenti nelle valli Alpine fin dalla costituzione del Sacro Romano Impero.

Dal 1350 al 1540

Mentre nella maggior parte dell'Europa centrale e settentrionale il deterioramento climatico iniziato nel secolo XII perdura, nella regione alpina e in particolare in Valle d'Aosta, si ristabilisce un clima temperato e arido, con inverni brevi e poco nevosi che favoriscono i traffici transalpini.

M.C. Daviso di Charvensod ha potuto accertare, in base ai registri doganali che ci sono pervenuti, che al Gran San Bernardo, dal 1284 al 1450, passavano numerosi tipi di merci in notevole quantità. Per la lana destinata agli artigiani lombardi e toscani, la quantità media annua era superiore alle 5.000 *balle*, corrispondenti a circa 3000 quintali! ³⁵.

Altra prova del clima mite di questo secolo è l'annuale celebrazione della *Fiera di Sant'Orso* che si tiene il 31 gennaio, nel cuore dell'inverno. Il più antico documento che la riguarda risale al 1305. Era dedicata agli attrezzi agricoli e durava sei giorni. Si trattava quindi di una fiera assai importante a cui doveva poter partecipare una folla di contadini provenienti non soltanto dai dintorni della città ma anche dalle alte valli. Nelle condizioni attuali di innevamento, senza l'ausilio delle moderne macchine spazzaneve, la cosa sarebbe assolutamente impossibile.

Dal 1590 al 1850

É la Piccola età glaciale.

La fase di clima molto freddo che già da circa 300 anni dominava l'Europa centro-settentrionale, si estende anche alla zona alpina e al bacino Mediterraneo.

Il Monterin, esperto studioso dei ghiacciai del Monte Rosa e delle loro morene antiche, non esita ad affermare che: *"Gli sviluppi delle masse glaciali del XVII, XVIII e XIX secolo, furono i più grandi che si siano verificati nel periodo storico"*. Gli attuali studi di glaciologia confermano che per tutti i ghiacciai del mondo la maggiore espansione

³⁵ M.C. Daviso di Charvensod, 1961 - *I pedaggi delle Alpi Occidentali nel Medioevo*, Torino.

degli ultimi 2000 anni fu quella dei secoli XVII, XVIII e XIX, periodo a cui viene oggi dato il nome di *Piccola età Glaciale*.

In valle d'Aosta i limiti delle nevi permanenti scendono a quote vicine ai 2600 m s.l.m. con conseguente lunghissimo innevamento degli storici colli del Piccolo e del Gran San Bernardo. La loro praticabilità si riduce a poche settimane all'anno. La conseguenza di questi avvenimenti climatici, fu una gravissima crisi dei traffici che nei precedenti sette secoli erano stati l'attività fondamentale della Regione.

Contemporaneamente i limiti altimetrici delle colture si abbassano di circa 400 metri nei confronti della fase precedente, riducendo grandemente l'estensione dei terreni agricoli e di conseguenza della fascia ecumenica. La regione diventa una cellula chiusa in se stessa, preda di una endemica carestia e di estrema povertà.

Dopo il 1850

Il periodo climatico posteriore al 1850 è caratterizzato da un nuovo rapido innalzarsi delle temperature medie.

Di conseguenza si innalzano i limiti climatici delle colture, del bosco e delle nevi perenni e, pertanto, si riduce l'alimentazione nevosa dei ghiacciai, i quali entrano in fase di grave contrazione. Nel corso di questo riscaldamento generale si rilevano, però, fluttuazioni più fresche, durante le quali i ghiacciai riprendono ad espandersi; l'ultima di esse si attua fra il 1950 e il 1975.

Dopo il 1975, il clima si fa via via più caldo e si afferma il fenomeno che viene designato con il nome di "riscaldamento globale".

L'aumento della temperatura media planetaria, dal 1860 ad oggi è di 0,7 °C; quella della regione alpina, di 1,25 °C ³⁶. Come conseguenza, sulle Alpi, l'area glacializzata si è ridotta almeno del 30% nei confronti del massimo raggiunto al culmine della *Piccola età glaciale*.

³⁶ P.H. Deline, 2003 - *L'enregistrement des variations du climat d'hier et d'aujourd'hui par les formes des glaciers: L'exemple du Val Veny*. In: Atti del Workshop su «Ghiacciai quali evidenziatori delle variazioni climatiche», 11 ottobre 2003 – Quaderni della Fondazione Courmayeur n. 11, pag. 72.

5) Il problema del riscaldamento globale: quali cause?

Questi fatti destano, in molti ambienti, i più vivi allarmi.

Nel 1980 l'ONU, per indagare sul riscaldamento globale che si sta verificando, ha creato il Gruppo intergovernativo di esperti sui Cambiamenti climatici (IPCC), di cui fanno parte ben 2500 studiosi.

Il verdetto espresso nel 2007 da questo gruppo di studiosi, presenta uno scenario apocalittico di cui l'uomo sarebbe il maggiore responsabile, anzi l'unico responsabile, in quanto si ritiene che le cause del fenomeno siano attribuibili ai gas-serra in forte e rapido aumento a causa delle emissioni derivanti dall'uso dei combustibili fossili.

Nel corso degli ultimi due secoli, la concentrazione del metano nell'aria, è passata da 715 a 1774 parti per miliardo; quella dell'anidride carbonica, da 270 a 380 parti per milione.

Gli scienziati dell'IPCC, in base a modelli matematici, prevedono che, se questo trend si dovesse mantenere costante, la temperatura sarebbe destinata ad aumentare considerevolmente. Le conseguenze sarebbero disastrose: fusione dei ghiacciai, aumento del livello degli oceani e conseguente allagamento di vasti tratti di coste oggi densamente popolate, desertificazione delle aree più interne dei continenti ed altri fatti gravissimi.

Come prova della credibilità della loro teoria, asseriscono che

"Il clima è stato stabile nel periodo compreso fra il 1000 e il 1850".

"Gli 11 anni più caldi della storia meteorologica sono concentrati negli ultimi 12 anni".

Questi concetti vengono raffigurati in un diagramma conosciuto come "mazza da Hockey" a causa della sua forma generale derivante dal fatto che sono rappresentati valori quasi costanti per otto secoli e quindi un brusco innalzamento a partire dalla fine dell'Ottocento. Commenta il geografo Sergio Pinna:

«Questa ricostruzione, dovuta alle teorie di Mann, Bradley e Hughes costituisce un totale capovolgimento di tutti i risultati raggiunti dalla climatologia storica, indicanti appunto un alternarsi di fasi sensibilmente diverse fra loro... I classici studi sul clima in epoca storica, sono stati condotti in particolare dagli anni Sessanta agli anni Ottanta del XX secolo, mentre le ricerche utilizzate dall'IPCC sono del decen-

nio successivo. La loro quasi incondizionata accettazione è avvenuta di fatto trascurando tutti i classici studi dei decenni precedenti... »³⁷.

Le affermazioni dell'IPCC sopra riportate, sono del tutto discordanti dalle testimonianze raccolte sul territorio valdostano relative agli *optimi climatici* delle ere pre-industriali. L'uomo non era in grado di produrre anidride carbonica nel neolitico, quando le torbe del Rutor, quelle di Crotte Basse, quelle del Piccolo San Bernardo e i pollini in esse contenuti ci indicano una temperatura media annua di almeno 4°C superiore all'attuale. Non lo era neppure in epoca romana ed in epoca medioevale quando valichi in alta quota, oggi innevati per la maggior parte dell'anno, erano per lunghi mesi regolarmente frequentati dalle carovane mercantili.

Il colle del Teodulo (m. 3300), fra Cervinia e Zermatt, oggi è il centro di uno dei più prestigiosi comprensori sciistici d'Europa, attivo anche in estate; nel Medioevo era un importantissimo ganglio di vie commerciali transalpine. È quindi evidente che il clima attuale, il quale ne determina l'innevamento persistente, è più freddo di quello medioevale che permetteva il passaggio delle carovane someggiate!

Abbiamo concrete prove che periodi di clima caldo come e più dell'attuale si sono verificati più volte ben prima della rivoluzione industriale, in epoche in cui non erano possibili emissioni derivanti da combustibili fossili.

Ne consegue la domanda: nell'attuale concomitanza dei due fenomeni dell'aumento della temperatura dell'aria e della concentrazione di anidride carbonica, tali fenomeni sono veramente l'uno effetto dell'altro o sono fenomeni indipendenti anche se contemporanei?³⁸.

La discussione è aperta: al contrario di quanto asserisce l'IPCC, molti scienziati, cultori di discipline che vanno dall'astronomia alla fi-

³⁷ S. Pinna, 2006 - «*La mazza da hockey*» e le sue incongruenze con la storia del clima. In: Bollettino della Società Geografica Italiana Serie XII, vol XI (2006) pp. 1017-1026.

³⁸ U. Crescenti & L. Mariani, 2010 - *Anidride carbonica e temperatura globale: prospettiva storica e nessi causali*. In: Italian Journal of Engineering Geology and Environment, n. 2 (2010), pp. 52-62.

sica e alla chimica dell'atmosfera, alla geologia e a molte altre specialità, propendono per la seconda ipotesi³⁹.

Nel 2006 la Regione Autonoma Valle d'Aosta affidò alla Società Meteorologica Subalpina il compito di tracciare un quadro sugli scenari climatici del futuro valdostano. Nella prefazione del libro in cui vennero raccolti gli studi⁴⁰, Luca Mercalli, presidente della Società Meteorologica Subalpina e coordinatore del gruppo di lavoro, dichiara che la finalità dell'opera è quella di *“Informare e sensibilizzare tecnici e amministratori locali sui problemi connessi con i cambiamenti climatici, in modo che possano operare le proprie scelte strategiche con piena coscienza dei principali caratteri evolutivi attesi nei prossimi decenni”*. Si tratta di un lavoro egregio sul clima attuale e sulla previsione di quello futuro in base ai modelli matematici ricavati dalla situazione dei giorni nostri. Tuttavia il capitolo che prende in esame la storia del clima lascia molto perplessi in quanto si chiude con la seguente affermazione: *“Il riscaldamento osservato nella seconda metà del XX secolo mostra un'intensità, una rapidità e un'estensione spaziale di importanza maggiore di quella degli “Optimi” storici e costituisce la più notevole caratteristica dell'evoluzione climatica negli ultimi 1200 anni”*.

È evidente la volontà dell'autore di conformarsi alle più recenti teorie dell'IPCC. Quali fonti di detta ricerca vengono citati quasi esclusivamente autori stranieri dell'ultimo decennio, ignorando totalmente – cosa assai strana per uno studio fatto su richiesta del governo regionale valdostano – quanto appurato da Umberto Monterin⁴¹ sulla storia del clima in Valle d'Aosta, in particolare riguardo all'“*optimum medioevale*” ed alla “*piccola età glaciale*”.

³⁹ U. Crescenti & L. Mariani, 2008 - *Cambiamenti climatici e conoscenza scientifica*, 21^{mo} Secolo.

⁴⁰ Presidenza della Regione Autonoma Valle d'Aosta – Società Meteorologica Subalpina, 2006 – *Cambiamenti climatici in Valle d'Aosta*, Torino.

⁴¹ *Il clima e le sue variazioni* è il titolo del II volume della Raccolta di scritti di Umberto Monterin, curata da Augusta Vittoria Cerutti, edito nel 1987. Nella prefazione, Mario Pinna, dell'Università di Pisa rileva la solidità

6) Le variazioni climatiche degli ultimi 190 anni

Presso l'ospizio del Gran San Bernardo, alla quota di 2448 m s.l.m., il 14 settembre 1817 entrò in funzione una delle più antiche e complete stazioni meteorologiche d'Europa, che da ben 195 anni a questa parte raccoglie giornalmente i dati termo-pluviometrici e quelli dei fenomeni ad essi correlati ⁴².

Studiando questa preziosa serie di dati ci si rende conto che in questi ultimi 160 anni, si sono susseguite ben 11 fasi di segno opposto, con considerevoli variazioni di temperatura. La cosa diventa anche più evidente se ai dati meteorologici si accostano quelli delle variazioni dei ghiacciai, che sono i migliori evidenziatori del comportamento del clima. Infatti la loro dinamica è regolata dalla più o meno ricca alimentazione che si evidenzia nella quota a cui si assesta il limite climatico delle nevi persistenti. In uno studio condotto sui ghiacciai del Monte Bianco ⁴³, ho potuto constatare che i ghiacciai studiati entrano in fase di espansione quando almeno il 60% della superficie dei loro bacini resta costantemente coperta dalla coltre nevosa per non meno di sette o otto anni. Sul versante italiano questo avviene quando il limite delle nevi persistenti si posiziona attorno ai 2800 metri di altitudine. Se questo limite si porta a quote più alte, (oggi è attorno ai 3100 m) la superficie del bacino di alimentazione si riduce e il ghiacciaio, di solito, nel giro di quattro o cinque anni, entra in fase di recessione.

Nella tabella che segue vengono evidenziate le 11 fasi climatiche che si sono succedute dal 1818 ai giorni nostri con i relativi dati di temperatura, precipitazioni e cadute neve registrati all'Osservatorio del Gran San Bernardo. Nell'ultima colonna viene messa in luce la risposta che a ciascuna fase ha dato il comportamento dei ghiacciai del Monte Bianco e degli altri massicci montuosi.

della cultura climatologia dell'autore valdostano e la fondamentale importanza delle conclusioni a cui egli è addivenuto.

⁴² B. Janin, 1\970 – *Le Col du Grand-Saint-Bernard. Climat et Variations climatiques*, Aosta.

⁴³ A. Cerutti, 2001 – *Le oscillazione della quota dell'isoterma 0°C e le variazioni dei ghiacciai del Monte Bianco*. In: Supplemento di Geografia fisica e dinamica quaternaria V (2001), pp. 29-39.

Fasi climatiche del XIX e XX secolo in base ai dati dell'osservatorio meteorologico del Gran San Bernardo

Fasi climatiche	Durata	Temperatura media annua del periodo	Precipitazioni millimetri	Cadute neve centimetri	Comportamento ghiacciai Monte Bianco ⁴⁴
1) 1818-1836	19	-1,33 °C			contrazione dal 1822
2) 1837-1856	20	-1,92 °C			espansione dal 1843
3) 1857-1873	17	-1,52 °C	1578	870	contrazione dal 1861
4) 1874-1896	23	-1,80 °C	1810	1546	espansione dal 1883
5) 1897- 1904	8	-1,33 °C	1920	1420	contrazione dal 1898
6) 1905-1919	15	-1,90 °C	2230	1874	espansione dal 1913
7) 1920-1934	15	-1,20 °C	2026	1500	contrazione dal 1924
8) 1935-1941	7	-1,71 °C	2426	1735	espansione dal 1940
9) 1942-1953	12	-0,77 °C	1908	1233	contrazione dal 1946
10) 1954-1974	21	-1,20 °C	2068	?	espansione dal 1962
11) 1975-2000	26	-0,47 °C	2270	?	contrazione dal 1988

⁴⁴ Le date riportate nell'ultima colonna sono tratte da lavori di:

Capello, 1941 - *Studio sul ghiacciaio della Brenva*. In: Boll. Comit. Glac. It. Serie I, n 21.

Cerutti A.V., 1995 - *Variazioni dei ghiacciai del Monte Bianco*. In: Archivi Glaciali. Atti dell'incontro di Courmayeur, C.A.I. Comitato Scientifico.

Lesca, 1972 - *L'espansione della lingua terminale del ghiacciaio della Brenva*. In: Boll. Comit. Glac. It. Serie II n. 20.

Orombelli, Porter, 1982 - *Late Holocene fluctuation of Brenva glacier*. In: Geografia fisica e dinamica Quaternaria, V.

Porro, 1902 - *Ricerche preliminari (1897) sui ghiacciai del M. Bianco*. In: Boll. Soc. Geografica It.

Revelli, 1912 - *Le fronti di sette ghiacciai del M. Bianco nel 1911*. In: Rivista del C.A.I. XXXI.

Sacco, 1919 - *I ghiacciai italiani del gruppo del M. Bianco*. In: Boll. Comit. Glac. It. Serie I, n. 3.

Silvestri, 1925 - *Il movimento frontale del ghiacciaio della Brenva dal 1818 al 1923*. In Annuario Accademia dei Lincei LXXVIII.

Valbusa, 1921 - *La catastrofe del M. Bianco e il ghiacciaio della Brenva*, in Boll. Soc. Geografica LVIII.

Si nota che il periodo più freddo è il ventennio 1837-1856 con una temperatura media di -1,92. È l'ultimo episodio della Piccola età glaciale che comporta una notevolissima espansione di tutti i ghiacciai delle Alpi. Dopo il 1857, le temperature al Gran San Bernardo non scendono più a tali minimi livelli. Tuttavia si registrano sensibili espansioni dei ghiacciai nel 1883, nel 1913 e nel 1962.

Le prime due avvengono all'inizio dell'era industriale quando ancora la concentrazione dell'anidride carbonica era poco accentuata. Per la terza, invece, che comincia al principio degli anni Sessanta e si protrae per ben 28 anni, siamo ormai nel pieno dell'era industriale e l'effetto serra dovrebbe essere assai intenso. Come si può spiegare questa fase fredda che provoca l'espansione di tutti i ghiacciai delle Alpi causando un allungamento delle lingue vallive di diverse centinaia di metri? (Ad esempio: m. 764 per il Lex Blanche, m. 470 per la Brenva, in territorio italiano; m. 500 per il Bosson, m. 350 per L'Argentiere, in territorio francese; m. 400 per il Trient, in territorio svizzero).

E che dire del brusco mutamento avvenuto dopo il 1975? Al Gran San Bernardo la temperatura media sale assai considerevolmente, nei confronti del trentennio precedente, senza che si conoscano, sul pianeta, episodi eccezionali di emissioni derivanti da combustibili fossili.

Credo che la risposta possa essere una sola: quella con cui il prof. Uberto Crescenti conclude il suo lavoro del 2009⁴⁵: *“È possibile che stiamo assistendo ad un riscaldamento globale; ma questo è di origine naturale, ossia fa parte della naturale evoluzione climatica che sempre in passato è stata registrata sul nostro pianeta”*.

⁴⁵ U. Crescenti, 2009 – In: *Geologia dell'ambiente*, n. 1 (2009), periodico SIGEA.

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO EUROPEO DAGLI ANNI OTTANTA AL XX SECOLO: CAUSE, FENOMENOLOGIA ED EFFETTI SULLE AREE PRODUTTIVE AGRARIE

Simone Gabriele Parisi

Università degli Studi, Milano

Introduzione

La vita del sistema vegetale è basata sulla fotosintesi che converte l'energia solare, anidride carbonica e acqua in biomassa. Tuttavia, la sintesi della biomassa effettuata dalle piante è soggetta a limitazioni di diverso tipo, ad esempio: la disponibilità di irraggiamento solare, la temperatura dell'aria, acqua e sostanze nutritive, stress biotici e abiotici e anche la funzione di sviluppo fenologico. Le limitazioni di produzione ed i ritmi fenologici sono entrambi determinati da variabili guida atmosferiche (Larcher 1995; De Wit 1978), variabili che influenzano la quantità e la qualità delle produzioni vegetali.

Il ruolo della temperatura dell'aria è particolarmente importante: una volta che i requisiti in termini idrici e radiativi sono soddisfatti, in quanto la crescita delle piante è determinata principalmente dalla disponibilità di risorse termiche.

Le risorse termiche necessarie da parte delle piante sono di solito modellate per mezzo di unità termiche, approccio ampiamente adottato dal XVIII secolo (Réaumur, 1735). Tuttavia questo approccio è affetto da una sovrastima sistematica degli effetti da alte temperature.

Tale problema viene di solito risolto attraverso trucchi empirici (ad esempio: troncamento o sottrazione di temperature superiori a determinate soglie). Esiste un approccio più fisiologico basato sulle curve di risposta che descrivono la relazione tra crescita e temperatura (Weikai e Hunt 1999; Streck 2004).

La variabilità climatica (variazione delle variabili guida atmosferiche su scala multi-decadale) può essere vista come la sovrapposizione di cambiamenti gradualmente e bruschi. Quelli gradualmente possono essere in-

terpretati come l'effetto dei cambiamenti progressivi a forzanti (IPCC 2007), mentre quelli improvvisi come il risultato di bruschi cambiamenti nella frequenza e persistenza di tipi circolatori diversi (Sneyers et al. 1993). Gli indici circolatori NAO (North Atlantic Oscillation) ed EAWR (East Atlantic-West Russia) (Barnston e Livezey 1987) sono comunemente utilizzati per descrivere le anomalie di pressione per l'area europea.

Negli ultimi quindici anni del secolo XX, l'area Euro-mediterranea è stata interessata da un brusco cambiamento climatico a causa di una riconfigurazione delle traiettorie occidentali a fine anni Ottanta ed in particolare nel 1987-1988. A macroscale, questo fenomeno è stato evidenziato dai forti valori positivi dell'indice NAO a partire dalla seconda metà degli anni Ottanta (Hurrell 1995; Werner et al 2000; Scheffinger et al 2002).

Tale discontinuità climatica è stata individuata a partire dall'analisi dei dati di temperatura media annua di stazioni europee resi disponibili nel dataset ECA&D. Determinato l'anno di discontinuità, si possono sostanzialmente individuare due sottoperiodi omogenei, il primo (1951-1988) ed il secondo (1989-2010).

A partire dai dati di temperatura minima e massima giornaliera provenienti da 171 stazioni europee del dataset ECA&D, viene applicato un indice agro-climatico basato sulle ore normali di caldo (NHH) in modo da descrivere gli effetti della variabilità della temperatura dell'aria sulle risorse termiche per tre gruppi colturali rilevanti per l'agricoltura europea.

Effetti sulle colture europee

Al fine di analizzare gli effetti del cambiamento climatico sul settore agricolo europeo è stato adottato uno schema simile a quello proposto da Doorenboos e Kassam (1979), suddividendo le principali colture europee in tre gruppi (Tabella 1) in base alle loro specifiche temperature ottimali e la loro appartenenza ai gruppi C3 e C4 principali categorie Larcher (1995).

Le temperature ottimali e i cardinali minimi e massimi sono stati adottati come parametri per un modello a curva di risposta fondato sulla funzione beta (Wang e Engel, 1998, Weikai Yan & Hunt 1999),

che converte ogni ora passata ad una temperatura in un'Ora Normale di Caldo (range 0-1) (Figura 1). Le temperature orarie sono state ricavate dalle temperature massime e minime giornaliere mediante l'algoritmo di Partron e Logan (1981).

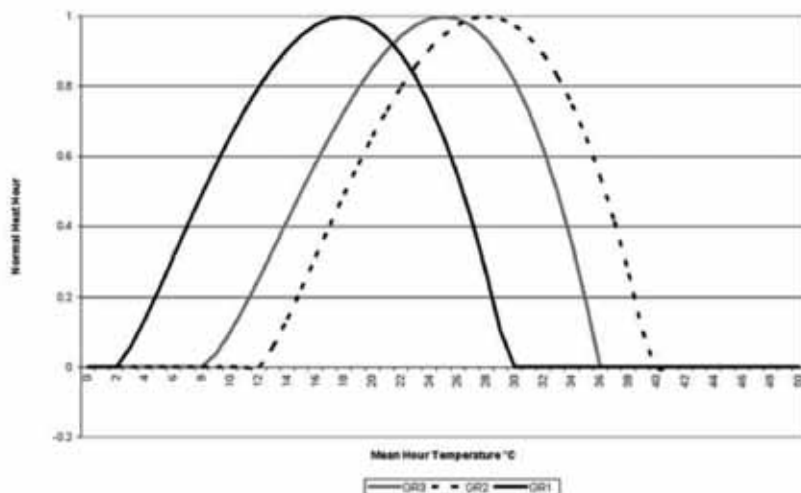


Figura 1 - Curve di risposta per il calcolo delle Ore Normali di Caldo (NHH) per i 3 gruppi culturali

$$NHH = \frac{(2 \cdot (Td - Tb)^\alpha \cdot (To - Tb)^\alpha - (Td - Tb)^{2\alpha})}{(To - Tb)^{2\alpha}}$$

$$\alpha = \ln(2 / \ln((Tm - Tb)/(To - Tm)))$$

Tm = Temperatura cardinale massima

Tb = Temperatura cardinale minima

Td = Temperatura dell'aria (oraria)

To = Temperatura ottimale

Tabella 1 Parametrizzazione dei 3 principali gruppi colturali europei

Gruppo	Classe	Tb (°C)	To (°C)	Tm (°C)	Colture principali
I	C3	2	18	30	Orzo, Avena, Segale, Colza, Patate, Meli, Ciliegi
II	C3/C4	12	28	40	Riso, Fagiolo, Mais tropicale, Olive, Aranci e Limoni
III	C3/C4	8	25	36	Mais delle medie latitudini, Sorgo, Soia, Girasole, Vite, Mandorlo

I valori di NHH calcolati sulle 171 stazioni del dataset ECA&D sono stati spazializzati sull'intera area europea. Per ciascun gruppo colturale sono state prodotte 3 carte mostranti i valori medi di NHH nel

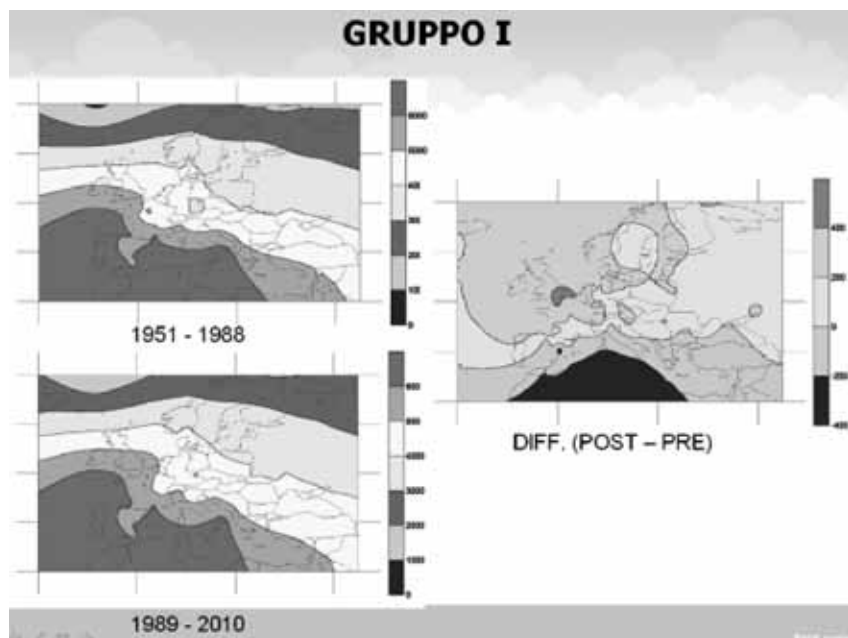


Figura 2 - Mappa europea delle NHH nel periodo (1951-1988) e (1989-2010) per il Gruppo I (es: orzo, ciliegi)

periodo pre-discontinuità 1951-1988, post-discontinuità 1989-2010 e la differenza tra i 2 sottoperiodi.

L'agricoltura europea si è evoluta grazie ad un rapido adattamento al cambiamento climatico. Un esempio significativo di un rapido adattamento è dato dalla carenza di acqua irrigua che si è verificata nel Nord Italia durante l'estate del 2003, portando negli anni successivi ad una sostituzione massiccia di mais irriguo (gruppo II) con il grano (gruppo I) alimentato esclusivamente dalle precipitazioni atmosferiche (Mariani 2008).

Con riferimento alle risorse termiche per i 3 gruppi colturali, l'analisi effettuata evidenzia che l'Europa durante il periodo post-discontinuità è diventata più favorevole per piante adattate a temperature moderate-alte (gruppi II e III – vedi figure 2-4). Diversamente, il gruppo I si trova di fronte ad una riduzione delle risorse termiche nel bacino del Mediterraneo, pur rimanendo il miglior gruppo per lo sfruttamento delle risorse termiche della zona europea (più di 4000 NHH / anno).

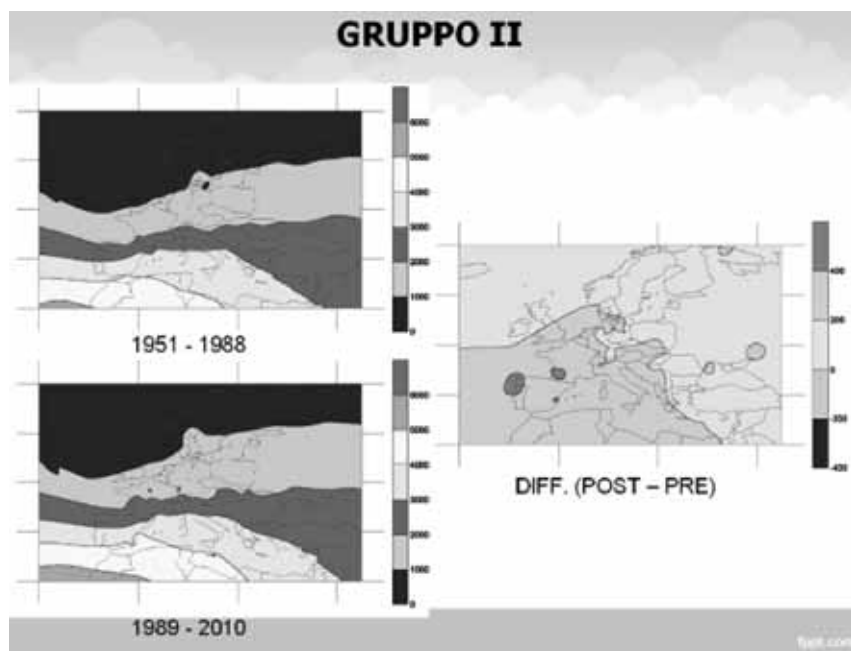


Figura 3 - Mappa europea delle NHH nel periodo (1951-1988) e (1989-2010) per il Gruppo II (es: riso, ulivi)

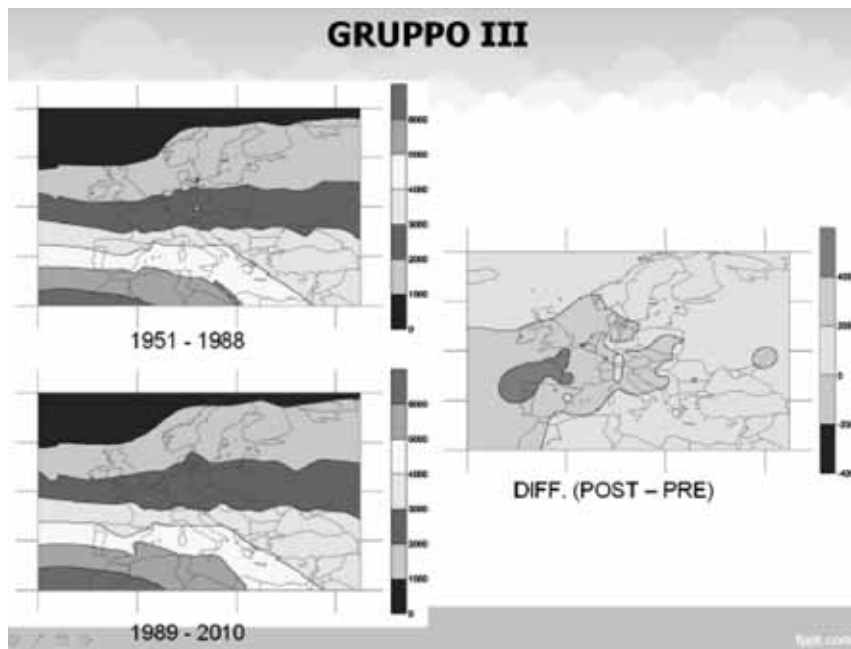


Figura 4 - Mappa europea delle NHH nel periodo (1951-1988) e (1989-2010) per il Gruppo III (es: mais, vite)

Tuttavia, le politiche di sostituzione di specie del gruppo I con le specie del gruppo II o III deve essere effettuata solo nelle zone termicamente più favorevoli. Inoltre, va ricordato che i gruppi II e III possono esprimere il loro potenziale soltanto se le risorse idriche sono disponibili.

In realtà, l'approccio NHH trascura gli effetti di altri importanti fattori limitanti come la disponibilità di acqua, la radiazione solare insufficiente, ondate di caldo o freddo durante le fasi delicate legate allo sviluppo delle colture, la disponibilità di nutrienti e fitopatologie.

Analisi del comportamento di una serie termometrica

L'acquisizione del dataset meteo ECA&D ha consentito di effettuare alcune analisi sull'andamento temporale delle temperature su di un

campione di stazioni rappresentative del clima Europeo a livello sinottico (24 stazioni).

Il comportamento di una serie termometrica può essere descritto attraverso l'uso dei seguenti modelli di interpolazione:

- Modello Flat-step (FSM): le temperature annuali di ciascun periodo sono interpolate con la temperatura media dello stesso sub-periodo.
- Modello Sloped-step (SSM): le temperature annuali di ciascun sub-periodo omogeneo sono interpolate con un modello lineare ottenuto per mezzo dell'approccio dei minimi quadrati.
- Modello trend lineare (LTM): i sottoperiodi omogenei vengono ignorati e l'andamento della serie temporale è descritto per mezzo di un modello lineare ottenuto per mezzo dell'approccio dei minimi quadrati.

Un esempio di questi tre approcci alternativi applicati a una serie temporale è mostrato in figura 5.

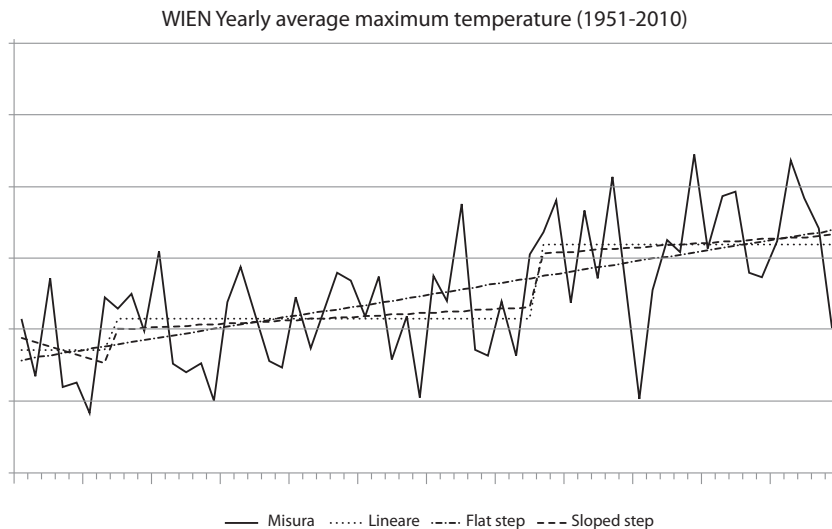


Figura 5- confronto fra le modalità di interpolazione di una serie termometrica. Interpolazione lineare (punti) Flat step (linee) Sloped step (punti e linee)

Andamento temporale delle temperature in Europa

L'analisi di discontinuità operata sulle 24 stazioni selezionate ha permesso di individuare il punto di discontinuità nel periodo 1987-1988 a cui è associato un aumento nelle temperature medie annue massime e minime di circa $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figura 6).

Il metodo migliore per l'interpolazione dei valori termici oggetto di studio si è rivelata essere l'interpolazione Sloped-step, in quanto congiuntamente alla discontinuità tiene conto degli eventuali trend presenti nei sottoperiodi.

I risultati dell'analisi evidenziano che:

- (i) la valutazione dei punti di discontinuità è fondamentale per dare una descrizione realistica della variabilità del clima europeo negli ultimi 60 anni
- (ii) i metodi flat-sloped step sono buoni descrittori della brusca variazione nelle variabili climatologiche.

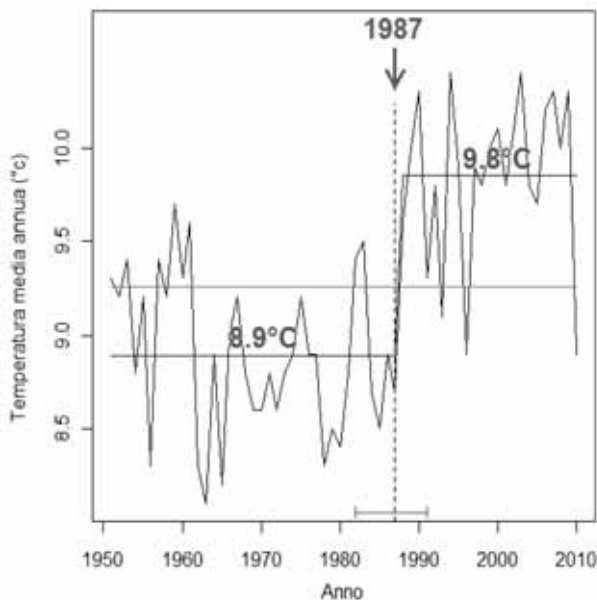


Figura 6 – Risultato dell'analisi di discontinuità effettuata su 24 stazioni utilizzando la libreria Strucchange di R. L'anno di sensibile cambiamento nelle temperature è il 1987.

Conclusioni

Una conclusione generale è che in Europa, con riferimento al periodo 1951-2010, l'utilizzo di modelli a discontinuità dovrebbe essere particolarmente consigliato per le zone con clima oceanico, mentre i modelli lineari potrebbero essere adottati nelle zone continentali in cui gli effetti delle fasi climatiche rilevate sono significativamente attenuati.

La comprensione della variabilità del clima e dei suoi meccanismi correlati rappresenta un passo fondamentale per il pieno sfruttamento del potenziale adattativo delle colture (ecosistemi agricoli e catene agroalimentari).

Per approfondimenti si rimanda all'articolo:

Mariani L., Parisi S. G., Cola G., Failla O., 2012, *Climate change in Europe and effects on thermal resource for crops*. Int. J. Biometeorol.

Bibliografia

Alley B., Marotzke J., Nordhaus D., Overpeck T., Peteet M., Pielke R., Pierrehumbert T., Rhines B., 2003 - *Abrupt Climate Change*. Science 299 (5615): 2005-2010.

Bai J., Perron P., 2003 - *Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models*. Journal of Applied Econometrics, 18: 1-22.

Barnston A.G., Livezey R.E., 1987 - *Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns*. Mon. Wea. Rev, 115: 1083-1126.

Barry R.G., 1992 - *Mountain weather and climate*. 2nd edition, Routledge, London, 404 pp.

Birks H. B., Heiri O., Seppä H., Bjune A., 2010 - *Strengths and Weaknesses of Quantitative Climate Reconstructions Based on Late-Quaternary Biological Proxies*. The Open Ecology Journal, 2010, 3, 68-110 68 1874-2130/10 2010 Bentham Open.

de Wit C.T., 1978 - *Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops*. PUDOC, Wageningen, 141 pp.

- Doorenbos J., Kassam A.H., 1979 - *Yield response to water*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 193 pp.
- Goovaerts P., 1997 - *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford Univ. Press, New-York, 483 pp.
- Hardegree S.P., 2006 - *Predicting Germination Response to Temperature. I. Cardinal-temperature Models and Subpopulation-specific Regression*. *Annals of Botany* 2006, 97(6): 1115-1125.
- Hurrell J.W., 1995 - *Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation*. *Science*, 269: 676-679.
- IPCC. 2007 - *Fourth Assessment Report (AR4). Climate Change 2007* [www.ipcc.ch].
- Jenkinson A.F., Collison F.P., 1977 - *An initial climatology of gales over the North sea*. Synoptic Climatology Branch Memorandum, 62, Meteorological Office, London.
- Klein Tank A.M.G. et al., 2002 - *Daily dataset of 20th century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment*. *Int. J. Clim.* 22: 1441-1453.
- Larcher W., 1995 - *Physiological plant ecology*. 3rd ed. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Mariani L., 2008 - *Italian agriculture and climatic risk*. *Italian Journal of Agrometeorology*, Issue 2: 10-17.
- Mariani L., Parisi S., Cola G., 2008 - *Space and time behavior of climatic hazard of low temperature for single rice crop in the mid latitude*. *Int. J. Clim.*, Vol. 29, Issue 12: 1862-1871.
- Nejedlik P., Orlandini S., 2008 - *Survey of agrometeorological practices and applications in Europe regarding climatic change impacts*. *Cost Action 734*, 320 pp.
- Parton W.J., Logan J.A., 1981 - *A model for diurnal variation in soil and air temperature*. *Meteorol.*, 23, 205-216.
- Peixoto J.P., Oort A.H., 1992 - *Physics of climate*. American Institute of Physics, New York, 520 pp.
- Pielke R.A., Wage N., 1987 - *Note on a definition of normal weather*. *National weather digest, climatology note*, 20-22.

- Réaumur R.A., 1735 - *Observation du thermomètre, faites à Paris pendant l'année 1735, comparées avec celles qui ont été faites sous la ligne, à l'Isle de France, à Alger et en quelques-unes de nos isles de l'Amerique*. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, Paris, 737-75.
- Rial J.A., Pielke Sr. R.A., Beniston M., Claussen M., Canadell J., Cox P., Held H., de Noblet-Ducoudré N., Prinn R., Reynolds J.F., Salas J.D., 2004 - *Nonlinearities, Feedbacks and Critical Thresholds within the Earth's Climate System*. Climatic Change. Vol. 65, 1-2: 11-38.
- Scheifinger H., Menzel A., Koch E., Peter C., Ahas R., 2002 - *Atmospheric mechanisms governing the spatial and temporal variability of phenological phases in central Europe*. Int. J. Clim. Vol. 22, Issue 14: 1739-1755.
- Seidel J., Lanzante R., 2003 - *An assessment of three alternative to linear trends for characterizing global atmospheric temperature changes*, J. Geophys. Res., 109: 1-10.
- Sneyers R., Palmieri S., Siani A.M., 1993 - *Characterizing trends in climatological time series. An application to Brera observatory (Milan) rainfall series*. Proceedings of international conference on applications of time series analysis to astronomy and meteorology, University of Padova, 6-10 September 1993: 321-328.
- Streck N.A., 2004 - *A temperature response function for development of the chrysanthemum (Chrysanthemum x morifolium Ramat.)*, Cienc. Rural vol. 34 n.1 Santa Maria Jan./Feb. 2004.
- Trigo R.M., Da Camara C., 2000 - *Circulation weather types and their influence on the Precipitation regime in Portugal*. Int. J. Climatol. 20: 1559-1581.
- Trouet V., Esper J., Graham N.E., Baker A., Scourse J.D., Frank D.C., 2009 - *Persistent Positive North Atlantic Oscillation Mode Dominated the Medieval Climate Anomaly*. Science, 3 april 2009, Vol 324: 78-80.
- van den Besselaar E. J. M., Haylock M.R., van der Schrier G., Klein Tank A.M.G., 2011 - *A European daily high-resolution observational gridded data set of sea level pressure*. Journal of Geophysical Research, Vol. 116, D11110, 11 pp.
- van der Voet H., 1994 - *Comparing the Predictive Accuracy of Models Using a Simple Randomization Test*. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 25, 313-323.

- Wang, T. Engel., 1998 - *Simulation of phenological development of wheat crops*. Agri58 (1998), pp. 1-24c. Systems.
- Weikai Y., Hunt L.A., 1999 - *An Equation for Modelling the Temperature Response of Plants using only the Cardinal Temperatures*. Ann. Bot., 84, 607-614.
- Werner P.C., Gerstengarbe F.W., Fraedrich K., Oesterle K., 2000 - *Recent climate change in the North Atlantic/European sector*. International Journal of Climatology, Vol. 20, Issue 5, 2000: 463-471.
- World Meteorological Organization, 1989 - *World Climate Data Program: Calculation of Monthly and Annual 30-year Standard Normals*, Prepared by a meeting of experts, Washington, D.C., USA., March 1989, WCDP-No. 10, WMO-TD/No. 341

VARIAZIONI DEL CLIMA E AGRICOLTURA

Luigi Mariani

Università degli Studi, Milano

Il clima e la storia dell'agricoltura

“**J**e m'en fous comme de l'an quarante” (me ne frego come dell'anno quaranta) è una colorita espressione francese che trae con ogni probabilità origine dall'inverno 1739-1740. Fu quello un inverno – racconta lo storico Emmanuel Leroy Ladurie (2004) – privo di neve e marcato da tre mesi di gelate ininterrotte. All'inverno seguirono poi una primavera ed un'estate assai piovose che rovinarono il raccolto dei cereali, dando anche luogo a funeste inondazioni in gran parte d'Europa. La stessa vendemmia fu disastrosa, il che è fatto assai meno trascurabile che oggi, poiché allora il vino era un genere di prima necessità per un'umanità oppressa dal lavoro manuale. Una vera catastrofe dunque, che in Francia si tradusse in circa 200.000 morti, bloccando la crescita demografica per almeno un decennio. Duecentomila morti sono tanti, afferma peraltro nella sua analisi Leroy Ladurie, ma senza dubbio assai meno dei 600.000 morti della grande carestia del 1709 e del milione di morti provocato dalla grande carestia del 1693. Secondo lo storico, il più ridotto numero di morti si deve alle misure di mitigazione basate sull'approvvigionamento delle zone più colpite con cereali provenienti da zone meno interessate dal maltempo. Anche il caldo fu responsabile in passato di molte vittime: ad esempio le due estati canicolari del 1718 e 1719 fecero, in Francia, un totale di 450.000 morti, uccisi dalla disidratazione e dalla dissenteria. E che dire poi del legame fra i roghi delle streghe ed il cattivo tempo? In Europa il picco nell'uccisione di streghe si colloca nel periodo compreso fra 1540 e 1600, proprio nel culmine della *piccola era glaciale*. I roghi interessarono varie parti d'Europa fra cui Germania, Borgogna, Inghilterra e Svizzera. Cosa vi è infatti di più satanico del far cadere neve e grandine dal cielo in piena estate? E così i roghi

per “crimini gelivi” diventavano rimedi contro grandine o nevicata fuori stagione. E qui potremmo dire che le nostre “madonne della neve” hanno forse avuto il merito di volgere in positivo fatti che erano tutt’altro che apprezzati da popolazioni sempre sull’orlo della catastrofe alimentare.

L’ultima grande carestia Europea dovuta a cause climatiche è probabilmente la carestia d’Irlanda (1846-47), in cui la distruzione del raccolto di patate causata da un patogeno fungino (*Phytophthora infestans*, la peronospora della patata) provocò oltre un milione di morti. Se si escludono le morti per fame legate a vicende belliche o a feroci dittature¹, l’approvvigionamento alimentare degli europei è stato da allora garantito con sempre maggiore efficacia, il che dall’angolo di visuale della storia dell’agricoltura e più in generale della civiltà umana ci porta a leggere il passato come l’affermarsi di tecniche atte a contrastare in modo sempre più efficace la “dittatura del clima”.

Circa 6000 anni orsono i nostri antenati agricoltori, che erano partiti 8000 anni fa dalla mezzaluna fertile – area compresa fra Iran, Turchia, Israele, Giordania, Libano e Siria – raggiungevano l’Italia portando le prime colture di cereali. Tremila anni dopo (intorno al X secolo a.C.), seguendo una strada del tutto simile, giungeva in Italia la vite, che vi trovava un ambiente talmente favorevole da far sì che i Greci chiamassero poi Enotria il nostro Paese.

È da quei tempi – in apparenza così remoti e tuttavia tanto vicini se rapportati alla storia climatica del nostro Pianeta e della stessa nostra specie – che ha avuto inizio la sfida dell’agricoltura con il nostro clima, una sfida che ha avuto i suoi alti e suoi bassi ma che possiamo in complesso considerare come coronata da successo se si osserva, ad esempio, che sotto la soglia di sicurezza alimentare si trovava il 30% della popolazione mondiale nel 1960 e solo il 15% nel 2010 e che da condizioni di cronica insicurezza alimentare sono oggi usciti Paesi come la Cina e l’India.

¹ Es: la grande carestia ucraina del 1929-33 prodotta dalle scellerate politiche di Lenin e Stalin (<http://it.wikipedia.org/wiki/Holodomor>) e la carestia austro-tedesca fra il 1918 ed il 1919 prodotta dalla decisione britannica di mantenere il blocco navale fino a ben dopo la fine della prima guerra mondiale (Glover, 2001).

In ogni epoca il successo degli agricoltori nel contenere gli effetti delle avversità climatiche (gelo, temperature elevate, piogge eccessive o carenza idrica, vento, ecc.) e nello sfruttare in modo ottimale le risorse che il clima mette a nostra disposizione (risorse radiative, termiche e idriche) si è registrato allorché gli agricoltori hanno saputo sfruttare appieno le loro due tecniche chiave “per combattere la dittatura del clima”, che sono l’innovazione nella genetica dei vegetali coltivati e l’innovazione nel settore delle agrotecniche (lavorazioni del terreno, concimazione, irrigazione, trattamenti antiparassitari, diserbi, ecc.).

È in virtù di tale successo che siamo qui a raccontare questa storia, la quale ci insegna che oggi, come una volta, è fondamentale conoscere il nostro clima per saperne sfruttare appieno le risorse e per saperci difendere dalle sue intemperanze.

Conoscere significa anzitutto sconfiggere la paura e dunque trovare gli strumenti per adattarsi. Conoscere significa anche rendersi conto che il bel clima del passato è in buona parte qualcosa di mitico. Un esempio in tal senso ci viene da alcuni brani di cronache locali della Valtellina, area alpina interna la cui economia era strettamente legata al commercio dei vini localmente prodotti (Zoia, 2004):

“1816 – il 30 ottobre... Il raccolto dell’uva che si è fatto in questi giorni in generale fu scarso, ma il peggio è che nei luoghi più caldi e nelle migliori situazioni non si è rinvenuto un grappolo maturo. La costiera di sopra S. Gervaso non presentò che uve, se non in uno stato, quale solitamente si osserva nel mese di Agosto, cioè senza avere ombra di tintura. Il vino dell’anno scorso si paga l. 214 alla soma... ”.

“1817 – li 13 di aprile – L’inverno fu assai bello, ma la carestia che regna... mette in angustia coloro a cui tocca sostenere la languente umanità. Turbe di poveri molestano le porte de benestanti... La cattiva qualità del vino del 1816 ha contribuito a renderci miserabili, non trovandosi per alcun conto acquirenti di questo genere... ”.

In questa sede penso anche sia necessario rendere onore alle persone razionali che in ogni epoca hanno avuto la capacità di non farsi travolgere dai millenarismi che gli esseri umani producono a getto continuo. In proposito è utile citare due esempi.

Il primo è quello dei Saserna, georgici latini che conducevano terre di loro proprietà nel piacentino. I Saserna, all’inizio del I sec. a.C., scrissero un trattato agronomico di cui ci rimangono frammenti ripor-

tati da Columella (*De Re Rustica*, I, 5) e da cui emerge che nel Nord Italia il clima era di molto mutato rispetto al passato, tanto che regioni in cui era prima impossibile coltivare vite e olivo erano, ai tempi di tali autori, ricche di pingui oliveti e vigneti. I Saserna tuttavia non si spaventavano di tutto ciò: ne prendevano atto ed agivano di conseguenza, secondo lo spirito pratico che gli agronomi hanno sempre avuto.

Sempre nel suo *De Re Rustica*, Columella scrive quanto segue:

“Io odo gli uomini principali di Roma lagnarsi, chi della sterilità dei campi, chi delle intemperie e dell’aria nociva alle biade da lungo tempo in qua; e finalmente alcuni di loro, volendo addolcire le querele con qualche ragione, mostrarsi di parere che il terreno per l’abbondanza de’ passati secoli affaticato e spossato, non possa oggidì somministrare agli uomini gli alimenti con la cortesia de’ primi tempi. Quanto a me, Publio Silvino, tengo tutte queste ragioni per lontanissime dalla realtà, sia perché mi pare sacrilego affermare che la natura della terra, che colui che ha creato il mondo volle dotare di fertilità perpetua, possa essere affetta da sterilità, sia perché non mi sembra saggio ritenere che la terra, che ebbe come prerogativa una giovinezza eterna... possa invecchiare come qualsiasi essere umano”.

Occorre peraltro dire che Columella, nel prosieguito del suo trattato, offre al lettore tutta una serie di strumenti tecnici (es: tecniche di concimazione, scelta delle varietà più adatte e loro localizzazione sul territorio aziendale) atti, da un lato, a mantenere ed accrescere la fertilità e dall’altro, a contrastare gli effetti negativi delle avversità meteorologiche². E qui occorre render ragione del fatto che la storia ha dato pienamente ragione a Columella e non ai catastrofisti *ante-litteram* da lui avversati, se si considera che la produttività media del frumento in Italia è oggi 6-7 volte quella di un frumento in epoca romana (6 tonnellate per ettaro oggi, 0,8-1 tonnellata allora).

Tornando poi al clima, la storia ci insegna che nemici più pericolosi della produzione agricola – veri e propri cavalieri dell’apocalisse forie-

² A lui si deve ad esempio il consiglio di mantenere in ogni vigneto parecchie varietà in modo da garantirsi comunque un raccolto a fronte di annate anomale, una norma che è stata seguita dagli agricoltori di molte parti d’Italia almeno alla metà del secolo scorso.

ri di carestie bibliche – sono le fasi caldo-aride e quelle freddo-umide. In genere invece le fasi calde e ricche di pioggia sono state sempre viste come favorevoli all'agricoltura e dunque alla vita dell'uomo. A testimonianza di ciò sta il fatto che le fasi più calde e ricche d'acqua che hanno punteggiato l'Olocene sono state indicate come *optimum*. Abbiamo così il grande *optimum post-glaciale* (allorché l'agricoltura si afferma in Europa), l'*optimum miceneo* (fioritura della civiltà micenea e ittita), l'*optimum romano* (affermarsi della civiltà romana), l'*optimum medioevale* (rinascita economica e culturale dell'Europa) ed a questi possiamo aggiungere la fase che stiamo vivendo oggi (figura 1).

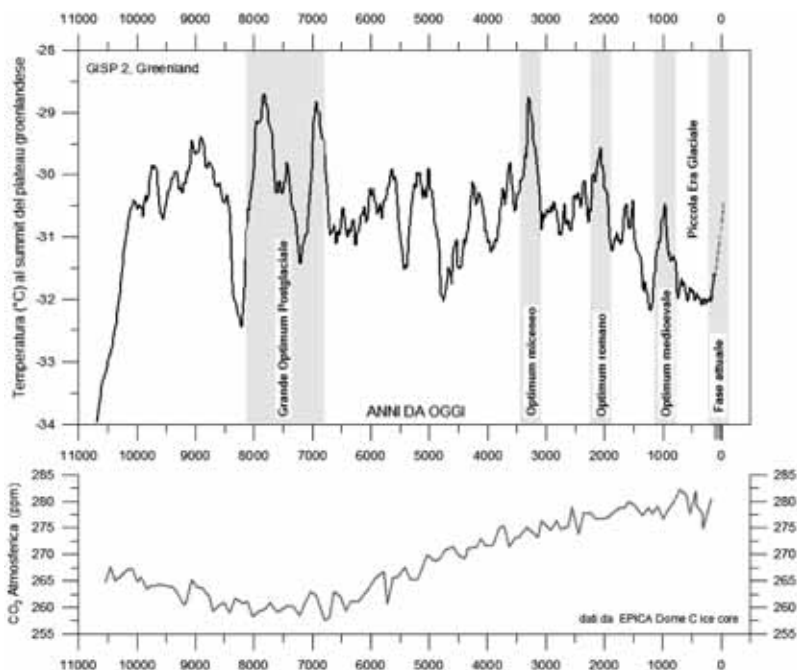


Figura 1 – Nel diagramma in alto si riporta l'andamento termico olocenico ricavato analizzando le carote glaciali GISP2 del plateau groenlandese (Alley, 2000). Si notino i quattro optimum climatici olocenici. Nel diagramma in basso è invece riportato l'andamento olocenico di CO₂ ricavato dalle carote glaciali EPICA Dome C [diagrammi prodotti dal prof. Hole Humlum e disponibili al sito *Internet* www.climate4you.com].

Per questo vi parlerò oggi di clima cercando di lanciare un messaggio di fiducia e senza timore di annoiarvi citerò alcuni meccanismi che chiunque vive nella nostra vecchia Europa non può fare a meno di conoscere.

Il clima europeo: conoscerlo per saperlo utilizzare al meglio

Il clima delle medie latitudini del nostro pianeta e più nello specifico del territorio europeo è frutto della circolazione atmosferica. Per questo è necessario tracciare i caratteri essenziali della circolazione atmosferica generale, richiamando le principali strutture che la determinano ed in particolare la circolazione di Hadley, che domina la fascia tropicale garantendo gli scambi fra equatori e tropici e generando i grandi anticicloni subtropicali (l'Anticiclone delle Azzorre è uno di questi), le grandi correnti occidentali e cioè quel grande fiume d'aria che scorre da ovest verso est alle medie latitudini garantendo gli scambi energetici fra medie e alte latitudini ed infine la fascia delle grandi depressioni che domina le latitudini medio-alte del pianeta (figura 2).

Le grandi correnti occidentali (*westerlies*) sono il grande regolatore del clima europeo. Ad esse si devono le perturbazioni che, provenienti dall'Atlantico, apportano la vita sul nostro continente. Tuttavia il regi-

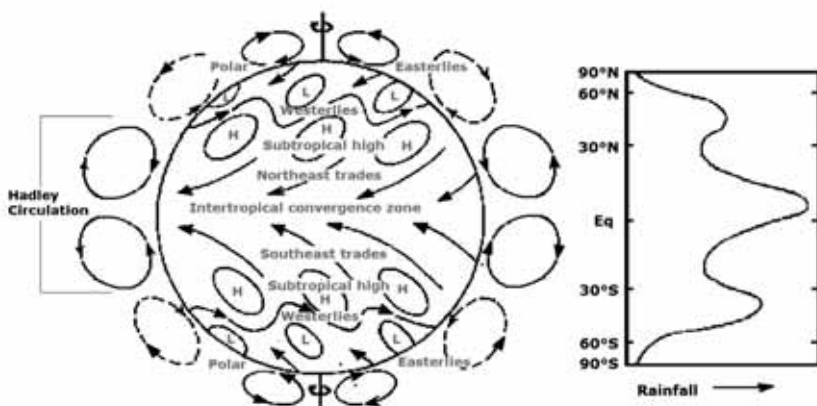


Figura 2 - Schema concettuale di circolazione generale media (a sinistra) e distribuzione latitudinale media della pioggia (a destra) (Nicholson, 1982).

me delle correnti atlantiche è periodicamente turbato da strutture circolatorie (i sistemi di blocco) che alterano la circolazione per periodi anche lunghi (mesi o addirittura anni) e che sono alle radici delle ondate di caldo e di freddo o delle fasi di piovosità eccessiva che interessano grandi territori. L'analisi statistica delle strutture circolatorie condotta con i metodi propri della climatologia dinamica ci mostra che l'Europa è particolarmente esposta alle strutture di blocco, rispetto alle quali occorre mantenere sempre la guardia alta. Ad esempio, a strutture di blocco si devono gli inverni più rigidi (febbraio 1929, febbraio 1956, gennaio 1985, febbraio 2012, ecc.) o le grandi ondate di caldo (es: luglio-agosto 2003).

Secondo il grande affresco del clima mondiale offerto dalla classificazione di Koeppen, l'Europa dal punto di vista climatico si suddivide in due grandi aree, quella centro-europea (tipo Cfb), che vede il predominio estivo delle grandi correnti occidentali e che pertanto manifesta un clima mesotermo "oceanico" con massimo pluviometrico estivo e quella mediterranea (tipo Csa), che vede il predominio estivo dell'Anticiclone delle Azzorre e che, di conseguenza, presenta un clima mesotermo con massimo pluviometrico invernale ed estate siccitosa.

Il clima dell'area padano-alpina rappresenta un clima di transizione fra Cfb e Csa, mentre il resto del nostro Paese ricade nell'ambito mediterraneo (Csa).

La transizione fra i due tipi Cfb e Csa si coglie in particolare sulle Alpi, areale in cui il predominio oceanico è mostrato dalla prevalenza delle precipitazioni estive. Al contrario, sul Mediterraneo dominano le precipitazioni invernali mentre la pianura padana presenta due massimi di precipitazione: il principale in autunno ed il secondario in primavera.

L'andamento temporale delle precipitazioni sul versante Sud delle Alpi ci è mostrato in modo efficace dalle serie storiche delle precipitazioni annue viste su stazioni delle diverse regioni italiane le quali, se osservate su tempi sufficientemente lunghi (50 anni e più), ci appaiono grossomodo stazionarie e con fluttuazioni interannuali abbastanza vistose e grossomodo cicliche.

Le temperature mostrano invece un incremento concentrato nella seconda metà degli anni Ottanta, il che costituisce un segnale climatico rilevante in quanto indica un deciso mutamento della circolazione

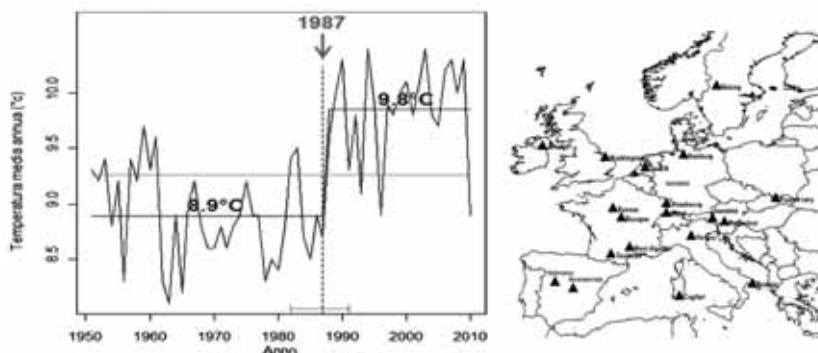


Figura 3 – Temperature medie annue 1951-2010 per 19 stazioni europee (dati disponibili: 98,4%). Il test di Bai e Perron mostra la presenza di un *change-point* (cambiamento climatico) il cui anno più probabile è il 1987 e che con un 95% di probabilità è compreso fra 1983 e 1992. La temperatura media del periodo precedente al *change-point* era di 8,9°C e quella successiva di 9,8°C. La presa d'atto di tale fenomeno è essenziale per l'assunzione di decisioni di politiche gestionali coerenti in campo energetico, agricolo e non solo (Mariani et al., 2012).

sull'area europea: si tratta del principale cambiamento climatico che ha interessato il nostro continente nel XX secolo e di cui si parla pochissimo (figura 3). In pratica a fine anni Ottanta la circolazione, che in precedenza alternava con una certa frequenza fasi da Est (particolarmente fredde in inverno perché apportatrici di aria siberiana) e fasi da Ovest, si è disposta in modo sempre più deciso da Ovest producendo un aumento delle temperature di circa 1 °C³ (Mariani et al., 2012). Tale fenomeno si traduce, ad esempio, in un maggior scioglimento dei ghiacci e dei nevai che costituiscono il volano del sistema di approvvigionamento idrico del Nord Italia.

Temperature più elevate implicano anche maggiori consumi idrici e situazioni di stress idrico per le colture, il che può indurre a ragiona-

³ A tale riguardo è da rilevare che le grandi correnti occidentali sull'Europa presentano una caratteristica componente da sud che deriva dall'interazione di tale circolazione con le Montagne Rocciose.

re sull'opportunità di introdurre o migliorare i sistemi d'irrigazione in grado di stabilizzare le produzioni in quantità e qualità.

Se prendiamo come riferimento la coltura della vite, l'impressione è che in tale nuova fase climatica la viticoltura, assistita dall'irrigazione, tenda comunque a espandersi verso Sud. Andare a Nord (oggi si parla molto di Gran Bretagna) significa infatti dover fare i conti con una piovosità più frequente (110-130 giorni di pioggia annui contro gli 80-90 dell'areale padano), il che comporta inevitabili ripercussioni in termini fitosanitari (più trattamenti fungicidi). Pertanto, il clima mediterraneo ed i climi di transizione come il clima padano restano i climi nettamente più adatti alla viticoltura, rispetto ai climi oceanici e non per nulla la viticoltura è nata e si è sviluppata in climi di questo tipo.

Di questo dovrebbero ad esempio tener conto le nostre autorità quando vanno a trattare in ambito europeo. Se infatti la bieticoltura è stata in gran parte abbandonata nel nostro Paese in nome della sua maggiore attitudine per i climi Cfb, altrettanto utile sarebbe contrastare l'espansione della viticoltura verso i climi Cfb, che con essa sono da sempre assai poco compatibili e non tanto per ragioni termiche ma pluviometriche (Lamb, 1966).

Conclusioni

Da queste osservazioni deriva una possibile ricetta per convivere in maniera positiva con il rischio climatico e che può a mio avviso riassumersi nei seguenti elementi:

- scordarsi le certezze a buon mercato: il clima così come lo conosciamo oggi è frutto di migliaia di cause che interagiscono fra loro in modo complesso, per cui per poter giungere ad una “equazione del clima” (ammesso che esista) avremo ancora tanto ma tanto da studiare
- rifiutare il catastrofismo in favore di una visione più realistica del presente e del futuro e che sia permeata da un rispetto per l'ambiente basato sui comportamenti di tutti i giorni e sulla presa di coscienza del fatto che le nostre azioni hanno sempre conseguenze sugli equilibri in atto nell'agro-ecosistema. In tal senso mi pare che l'uso razionale degli agrofarmaci o la gestione delle colture improntata alla tutela della risorsa suolo, ad esempio tramite tecniche

di inerbimento controllato nei vigneti, siano oggi sempre più che mai da promuovere

- considerare che nel clima si naviga a vista, e dunque le discontinuità (alias cambiamenti climatici) sono sempre in agguato; per questo i sistemi osservativi dovrebbero essere tenuti in gran conto in modo da consentirci rapide prese di coscienza dei cambiamenti in atto. Su questo occorre rammentare che l'attenzione alle misure meteorologiche dovrebbe iniziare dall'azienda agricola, un'industria a cielo aperto ove le misure di precipitazione, temperatura, umidità relativa e quant'altro non dovrebbero mai mancare
- lasciarsi il più possibile permeare da quanto di innovativo ci viene da settori scientifici e culturali diversi (essere cioè l'opposto della donna Prassede dei *Promessi Sposi*, che aveva poche idee ed a quelle era molto affezionata)
- sfruttare le opportunità che la variabilità del clima ci offre, anche in termini di qualità dei prodotti agricoli; si pensi in proposito agli effetti di annate differenti dal punto di vista termo-pluviometrico sulle caratteristiche di un vino (con possibilità di ottenere vini mediterranei in annate caldo-asciutte e vini più freschi ed atlantici in annate fresche e piovose), effetti che un'enologia sapiente è in grado di valorizzare creando prodotti a tutti gli effetti unici
- favorire il più possibile l'adattamento del nostro sistema al variare del rischio ed in tal senso sfruttare tutti i prodotti meteorologici (anche previsionali) che oggi sono a nostra disposizione. Da questo punto di vista mi preme rammentare che alle nostre latitudini le previsioni stagionali (a due-tre mesi) hanno un'attendibilità troppo scarsa per un impiego operativo. In sostanza, oggi come 10 anni fa, oltre i 5-7 giorni si naviga sostanzialmente a vista e ciò dovrebbe mettere sull'avviso anche in merito all'attendibilità di previsioni a 100 anni che vengono oggi divulgate e che ci parlano ad esempio di Moscato di Pantelleria che nel 2100 sarà coltivato in Gran Bretagna.

Bibliografia

- Glover J., 2001- *Humanity, a moral history of the twentieth century*, Pimlico, 466 pp.

- Lamb H.H., 1966 - *The changing climate*, Methuen, London, 236 pp.
- Le Roy Ladurie E., 2004 - *Histoire humaine et comparée du climat. I. Canicules et glaciers (XIIIe-XVIIIe siècles)*, Fayard, 740 pp.
- Mariani L., Cola G., Parisi S., Failla O., 2012 - *Climate change in Europe and effects on thermal resources for crops*, International Journal of Biometeorology, DOI 10.1007/s00484-012-0528-8.
- Nicholson, S. E. 1982 - *The Sahel: A Climatic Perspective*, Club du Sahel, Paris, France.
- Pinna M., 1996 - *Le variazioni del clima, dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI secolo*, Franco Angeli, 214 pp.
- Zoia D., 2004 - *Vite e vino in Valtellina e Valchiavenna - La risorsa di una valle alpina*, Sondrio.

VARIAZIONI CLIMATICHE: DAL PASSATO AL FUTURO IN UN SISTEMA COMPLESSO

Antonio PRATURLON
Dipartimento di Scienze Geologiche
Università Roma Tre

È ormai accettato dalla maggioranza degli studiosi che la Terra sia un sistema ad elevata complessità, che possiede quasi tutte le caratteristiche di tali sistemi, tipicamente le forme di autor-organizzazione e la tendenza all'omeostasia, ottenuta soprattutto attraverso meccanismi di retroazione negativa. In tale sistema si possono riconoscere cinque sottosistemi che interagiscono strettamente tra loro: Litosfera, Idrosfera, Atmosfera, Criosfera, Biosfera. Ma un sistema complesso, come è noto, non corrisponde alla somma dei suoi componenti, è qualcosa di più, si avvicina alla figura di un organismo. Ben prima che, ormai trent'anni fa (1979), LOVELOCK attribuisse a tale organismo il nome di *Gaia*, erano in tale filone di pensiero molti altri ricercatori e pensatori, anche del lontano passato. Sicuramente tale concezione è antica quanto l'umanità, fa parte di miti e religioni di tutto il mondo.

Ricordiamo dunque che da alcuni miliardi di anni questi sottosistemi subiscono una continua evoluzione e interagiscono strettamente tra loro, cooperando *nel mantenere stabile il sistema ed annullare le perturbazioni*, in particolare quelle che interessano *le condizioni ambientali superficiali*. Anche eventi potenzialmente destabilizzanti, quali le estinzioni di massa, i periodi di anossia negli oceani, le grandi fasi di attività vulcanica, gli eventi glaciali, gli impatti meteoritici, *sono sempre stati superati (non certo alla scala della vita umana) in modo da ristabilire condizioni accettabili per la ripresa e lo sviluppo della vita*. È come se la biosfera (che, nella sua evoluzione, dapprima si è inserita adattandosi all'ambiente in cui è nata, poi ha adattato l'ambiente a sé stessa), avesse elaborato nel tempo (qualche miliardo di anni), in stretta collaborazione con gli altri sottosistemi, una serie di meccanismi ten-

denti ad evitare temperature estreme, ad avere sempre disponibilità di acqua abbondante allo stato liquido, a mantenere una percentuale adeguata di CO₂ e O₂ in atmosfera e negli oceani, ad ottenere nutrienti in quantità adeguata, ad avere una efficace difesa dai raggi ultravioletti. La biosfera stessa ha introdotto meccanismi propri di compensazione verso le perturbazioni, ad esempio utilizzando i gas serra (soprattutto CO₂ e vapor d'acqua) come termostati terrestri. La “pompa biologica”, in effetti, è in grado, aumentando o diminuendo l'attività fotosintetica (e quindi intervenendo nel ciclo del carbonio), di modulare l'effetto serra indispensabile per mantenere temperature ottimali, anziché la ventina di gradi sotto zero che spetterebbero alla Terra data la sua posizione astronomica. L'evoluzione del Sistema Terra ha comportato anche una attenzione particolare a mantenere *un ragionevole equilibrio della temperatura* sull'intero pianeta, attraverso un sistema autorganizzato di circolazione oceanica ed atmosferica.

Tutto questo in un quadro astronomico (in gran parte calcolabile e prevedibile) che comprendeva non solo l'alternarsi del giorno e della notte e i cicli stagionali, ma anche fattori come le variazioni cicliche nell'insolazione (modulate dall'eccentricità dell'orbita terrestre, dall'inclinazione dell'asse e dalle combinazioni di entrambe), le eruzioni solari, e altri fattori sempre astronomici ma non prevedibili, quali la caduta di grandi meteoriti.

Anche la dinamica terrestre influenzava fortemente l'ambiente, in tempi brevi ma generalmente in tempi molto lunghi: attività vulcaniche molto intense; dinamica dei continenti (in particolare il sollevamento di catene montuose, l'erosione); formazione e scomparsa di istmi; ampliamento e chiusura di bacini oceanici, eccetera.

Questa dunque è la storia di *Gaia*, un sistema *che si è comportato nel tempo come se fosse un organismo ben coordinato, attento ai suoi equilibri*, capace di autorganizzarne di nuovi, fortemente modulato nei suoi interventi dalle esigenze e dalle capacità di azione e reazione del mondo biologico (PRATURLON, 2011). La situazione di oggi non è che il risultato della *storia* di ciò che si è sviluppato in chiave evolutiva nel tempo geologico, attraverso forme sempre nuove di reazione, di meccanismi autorganizzati, di scelte casuali ad ogni biforcazione: riavvolgendo il film della Terra, non ci troveremmo sicuramente di nuovo ad un punto di arrivo coincidente con il nostro mondo.

Cosa c'è di nuovo nei confronti di questa visione? Ricordo che i meccanismi a *retroazione negativa* hanno dominato largamente la storia della Terra, come strumento privilegiato per il controllo delle perturbazioni. Direi allora che nell'ultimo decennio c'è stata una valorizzazione dei meccanismi a *retroazione positiva*, che tendono cioè ad *intensificare* le perturbazioni. In genere essi sono pericolosi, perché tendenzialmente destabilizzano il sistema, ma si è dimostrato che giocano un ruolo assolutamente decisivo nei momenti di transizione tra più stati stabili, quali ad esempio il glaciale/interglaciale o, a scala minore, siccità/umidità. Qualunque sia l'innesco della perturbazione, sia pure lenta o graduale, se scatta un feedback positivo *non c'è più differenza tra causa ed effetto*, i fattori interessati si rinforzano a vicenda. Il sistema a sua volta smette di oscillare in modo lento e graduale e, superata una certa soglia, passa bruscamente (talora anche *molto* bruscamente) ad un nuovo stato stabile. Vedremo questi aspetti in seguito.

Un po' di storia del clima del passato

Prima però di passare ad un esame del futuro climatico nell'ottica del comportamento dei sistemi complessi, vediamo di disegnare brevemente la storia del sistema climatico nel passato. Possiamo considerare, ad esempio, l'andamento delle temperature globali medie superficiali negli ultimi 65 milioni di anni a diverse scale temporali, fino all'Olocene (Fig. 1, a-d).

In **a)** osserviamo l'andamento generale negli ultimi 65 milioni di anni, il post-Cretacico. Si osserva un trend prolungato di raffreddamento, fino al Pleistocene. Si assiste ad un picco di massimo termico al passaggio Paleocene-Eocene, tra 55,5 e 52 milioni di anni fa, con un aumento di circa 5°C avvenuto in poche migliaia di anni. Oggi sappiamo (DE CONTO et Alii, 2012) che l'evento si è verificato in un momento orbitale caratterizzato da una combinazione di alta eccentricità e alta obliquità, nel corso di un molto più lento processo di riscaldamento. Questo *forcing* orbitale avrebbe portato alla decomposizione veloce di suoli ricchi di carbonio organico presenti nel permafrost continentale circum artico e antartico. La calotta glaciale antartica inizia a formarsi circa 34 milioni di anni fa, nell'Oligocene inferiore. Nell'Oligocene superiore si assiste ad una veloce risalita termica, che riporta ai

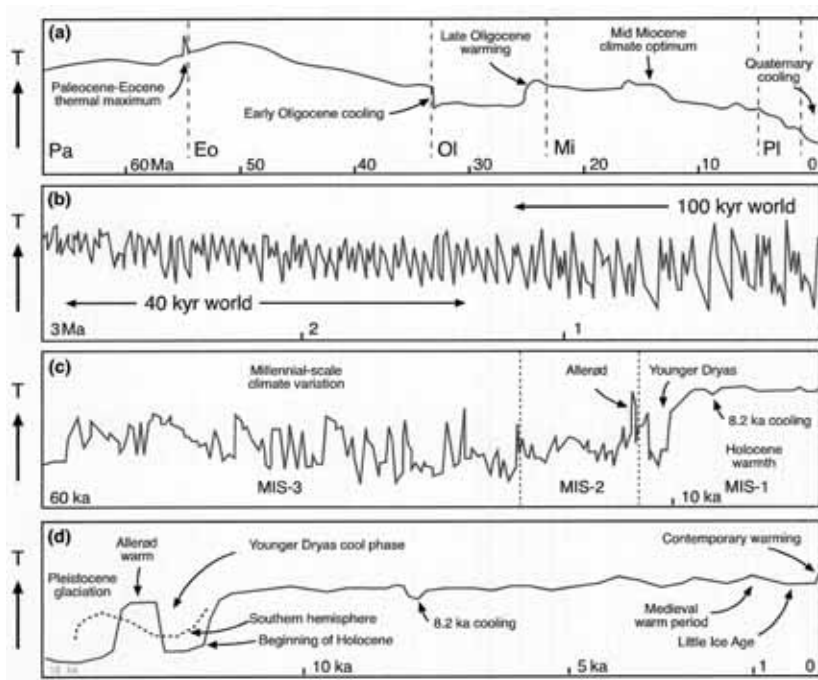


Fig. 1 – Andamento delle temperature medie superficiali negli ultimi 65 milioni di anni (Steffen et Alii, 2011).

valori di fine Eocene. Dopo un optimum climatico poco accentuato nel Miocene medio, prosegue il lento processo di raffreddamento che si prolunga nel Pliocene fino al Quaternario. Le calotte glaciali settentrionali iniziano a formarsi circa 2,5 milioni di anni fa.

In **b)** osserviamo l'andamento delle oscillazioni termiche negli ultimi tre milioni di anni. In particolare, l'ultimo milione di anni appare caratterizzato da oscillazioni ritmiche a frequenza di 100.000 anni tra periodi freddi di lunghezza variabile e intervalli caldi molto più corti. Le oscillazioni si ritiene siano innescate da *sottili variazioni nell'orbita terrestre*, ma i cambi di temperatura sarebbero guidati e modulati dalle oscillazioni delle calotte glaciali e da variazioni nelle concentrazioni di gas serra.

In **c)** osserviamo gli ultimi 60.000 anni di storia climatica, con variazioni su scala millenaria. Si può osservare la transizione tra l'ultima

fase glaciale e il passaggio al più stabile e caldo Olocene, avvenuta 11.700 anni fa. L'ultimo glaciale è caratterizzato da ripetute, severe, rapide variazioni climatiche soprattutto nell'emisfero settentrionale, con variazioni nella circolazione oceanica, periodici collassi delle principali masse glaciali, oscillazioni di 5-10 m nel livello marino, variazioni regionali in aridità/umidità. Sono gli eventi climatici detti “Eventi Dansgaard-Oeschger”, rapide variazioni avvenute 25 volte nell'ultimo glaciale, con ricorrenza quasi periodica *di circa 1500 anni*.

In **d**) vediamo, infine, il dettaglio dei più recenti 16.000 anni della storia terrestre, che vedono il passaggio dall'ultimo glaciale allo stabile Olocene.

Anche l'Olocene presenta una grande variabilità climatica, ma, una volta usciti dal brusco episodio freddo del *Dryas* Recente, che fa seguito al picco caldo pleistocenico Allerød, l'ampiezza delle oscillazioni *non è neanche lontanamente paragonabile* a quella che si osserva nel Pleistocene. Nel Nord-Atlantico sono state segnalate nel 1997 variazioni climatiche *oloceniche, anch'esse a frequenza di circa 1500 anni*. Sono stati identificati, soprattutto attraverso lo studio delle fluttuazioni nel trasporto e deposito di detriti glaciali, otto cosiddetti “Eventi Bond”. Tali fluttuazioni dovrebbero corrispondere a variazioni climatiche nelle regioni circostanti, e alcune possono in effetti essere correlate ad importanti eventi climatici olocenici. La maggior parte degli “Eventi Bond” non ha comunque un significato climatico preciso. Alcuni corrispondono a periodi di raffreddamento, altri coincidono con l'aridificazione di alcune regioni. Interessanti invece le oscillazioni climatiche a frequenza 1500 anni che hanno interessato le comunità vegetali in tutto il Nordamerica. Correlazioni si possono forse trovare anche nell'area mediterranea (MAGRI, 2011).

Eventi Bond

La maggior parte degli “Eventi Bond” non ha un significato climatico preciso. Alcuni corrispondono a periodi di raffreddamento, altri coincidono con l'aridificazione di alcune regioni.

0 ~0.5 ka BP Piccola Età Glaciale

1 ~1.4 ka BP Periodo della Grande Migrazione Europea.

- 2 ~2.8 ka BP Grande siccità nel Mediterraneo orientale all'inizio del I Millennio BC, che ha probabilmente portato al collasso delle culture della tarda Età del Bronzo.
- 3 ~4.2 ka BP Si correla con il collasso dell'Impero Accadico e con la fine del Regno Antico in Egitto.
- 4 ~5.9 ka BP Il più intenso fenomeno di aridificazione olocenico. Finisce il subpluviale neolitico e probabilmente inizia il più recente disseccamento del deserto del Sahara.
- 5 ~8.2 ka BP Intenso fenomeno di aridificazione, l'unico evento che ha una chiara corrispondenza climatica nelle carote groenlandesi. È seguito da un recupero che spiega le condizioni umide del Sahara tra 10.000 e 6.000 anni B.P
- 6 ~9.4 ka BP Evento Erdalen di attività glaciale in Norvegia, evento freddo in Cina.
- 7 ~10.3 ka BP Non ha corrispondenze precise.
- 8 ~11.1 ka BP Transizione dal *Dryas* Recente al Boreale.

L'ampiezza di tutte queste oscillazioni, attribuite in genere a variazioni nell'input solare, non supera tuttavia il 15-20% di quella degli Eventi Dansgaard-Oeschger pleistocenici, per cui la curva dell'Olocene, al confronto, sembra piatta. Questo è un aspetto importante su cui ritorneremo.

Steffen ad esempio osserva in proposito che, una volta usciti dal *Dryas* Recente, l'Olocene (in confronto al Pleistocene) mostra una *rimarchevole stabilità climatica*, sia pure punteggiata da eventi di scarso rilievo, ad esempio la variazione di 1°C dal Periodo Caldo Medievale alla Piccola Era Glaciale, un fenomeno soprattutto settentrionale (STEFFEN et Alii, 2011). Abbiamo già osservato, tuttavia, che questa variabilità climatica *appare quasi nulla* se confrontata con le rapide e violente variazioni climatiche collegate ad uno qualsiasi degli eventi Dansgaard-Oeschger pleistocenici. Non è da escludere che *la fortissima diminuzione delle masse glaciali* abbia tolto infine dalla scena uno dei principali motori delle oscillazioni climatiche.

Il periodo di stabilità climatica dell'Olocene è stato mantenuto più

a lungo di qualsiasi altro periodo realmente comparabile dei tre precedenti interglaciali, magari anche più lunghi ma con un andamento molto meno piatto delle variazioni climatiche. Questo Olocene così stabile si è dimostrato *un ambiente globale molto favorevole allo sviluppo dell'umanità*. Ha consentito la nascita dell'agricoltura in più punti del globo e la sua propagazione su aree vastissime. Ha generato le condizioni per la creazione di villaggi e di insediamenti urbani. Ha consentito l'evoluzione di sempre più complesse forme di civilizzazione.

Ora che, secondo molti studiosi, stiamo probabilmente lasciando lo stato stabile olocenico per entrare in un altro stato stabile, è importante poter comprendere a fondo *l'insieme della variabilità naturale* che ha caratterizzato finora l'Olocene, in modo da tenerla come *base di riferimento* per valutare significato e importanza dei processi in corso.

Alcuni aspetti di questo stato olocenico sono ben definiti da evidenze paleoclimatiche. Per esempio, parametri importanti che caratterizzano il clima, come temperatura e concentrazione di CO₂, si possono ottenere con grande accuratezza dallo studio delle carote di ghiaccio ricavate in Antartide. Sono dati regionali ben noti, ma molto recentemente SHAKUN *et Alii* (2012) hanno pubblicato un esteso lavoro su *Nature*, in cui ricostruiscono l'andamento della *temperatura superficiale globale* negli ultimi 22.000 anni attraverso la misura di una ottantina di *proxy* diversi sparsi un po' in tutto il mondo (carote glaciali, spettri pollinici e così via). Essi dimostrano tra l'altro che nel corso dell'ultima deglaciazione la *temperatura globale* non solo è stata sempre ben correlata con la concentrazione di CO₂, ma che le variazioni di CO₂ *hanno sempre preceduto* sistematicamente, di qualche centinaio di anni, quelle della temperatura.

Chiusa allora l'annosa controversia sui rapporti tra CO₂ e temperatura? Non del tutto. Dubbi e perplessità permangono ancora. Un po' su *tutti i meccanismi in gioco*, ma soprattutto *sulle loro interrelazioni*, anche se è indiscutibile che le carote di ghiaccio antartiche *mostrano sempre, lungo 800.000 anni, una stretta correlazione tra le due curve*, quella della *temperatura regionale*, ricavata dagli isotopi stabili dell'ossigeno, e quella della CO₂ misurata direttamente nelle tracce di atmosfera rimaste intrappolate nel ghiaccio.

Anche la *distribuzione dei biomi* prima dell'avvento dell'agricoltura può essere ricostruita, attraverso l'analisi pollinica. Gli *eventi di aridità/umidità* possono essere studiati sulla base dello studio degli speleotemi e dei paleosuoli, di dati storici e archeologici, della stessa analisi pollinica. Altri importanti aspetti dell'ambiente olocenico, come il comportamento del *ciclo dell'azoto*, il tipo e l'ammontare degli *aerosol atmosferici*, le stesse *variazioni nella circolazione oceanica*, sono invece ben più difficili da ricostruire.

La *biodiversità* è un altro importante indicatore dello stato dell'ambiente globale. Ci sono serie evidenze che molti ecosistemi ad alta diversificazione *hanno una maggiore capacità di resistenza alle perturbazioni*, alla variabilità climatica, rispetto ad ecosistemi impoveriti.

Alcuni studiosi ritengono addirittura che *una buona biodiversità* sia importante quanto un clima stabile nel sostenere "l'ambiente" dell'Olocene. Gravi perdite di biodiversità potrebbero in effetti toccare importanti meccanismi regolatori del Sistema Terra, data l'importanza già accennata dei meccanismi di retroazione positiva di alcuni processi biologici, che potrebbero comportare una diminuzione della *resilienza*, definibile nel nostro contesto come *l'ampiezza del disturbo* che un sistema può tollerare *prima di subire la transizione* verso un altro stato.

Tutti assieme, il gruppo di indicatori che riguardano le terre emerse, gli oceani, l'atmosfera e la criosfera e che ne prendono in considerazione i processi fisici, chimici e biologici, definiscono l'"ambiente" dell'Olocene, *con il clima come una delle principali componenti*. In tal modo, essi caratterizzano *l'unico ambiente globale che noi siamo ben certi che costituisca uno "spazio operativo sicuro"* per la complessa, estesa civilizzazione costruita dall'*Homo sapiens* (ROCKSTROM J. et Alii, 2009).

L'impatto antropico : l'uomo agente geologico

Oltre all'immissione di gas serra, esiste senz'altro *una massa di altri parametri* che si è mossa congiuntamente come risultato di un drammatico incremento dell'attività umana. A partire dalla Grande Accelerazione iniziata negli anni Cinquanta del secolo scorso, l'uomo è divenuto realmente un *agente geologico di grande importanza* e interferisce

pesantemente, sia negli equilibri del subsistema biologico che in quelli più generali del Sistema Terra, alla pari con gli altri fattori della Natura. “Man as a geological agent” era una *Key Note* del Congresso Geologico Internazionale di Praga, nel 1968. Da allora, è proseguito in modo esponenziale l’impatto antropico attraverso deforestazione, variazioni nella chimica dell’atmosfera e degli oceani, acidificazione di ecosistemi, perdita di biodiversità, urbanizzazione massiccia, globalizzazione, soprattutto crescita esplosiva della popolazione e dei relativi consumi. Su questi aspetti la documentazione è impressionante, ed è normale che ci sia allarme. Per restare nel tema del Convegno, *certainemente è la Natura che opera le variazioni climatiche*, ma l’uomo ormai è *emerso come un fattore importante della Natura*, quanto e forse più di molti altri.

L’ottica della complessità

Osserviamo ora il problema delle *variazioni climatiche* nell’ottica della complessità. Si parte ovviamente dall’assunto che la Terra nel suo insieme sia un sistema complesso, con *l’Olocene come suo stato più recente*. Secondo alcuni, un *nuovo stato* si starebbe delineando, quello che è già stato battezzato come *Antropocene*.

Notiamo intanto che alcuni aspetti di questo nuovo stato, se di nuovo stato si tratta, giocherebbero su scale temporali molto lunghe. Scale millenarie sono associate a variazioni significative nelle calotte glaciali, scale ancora più lunghe riguardano il recupero da un’estinzione di massa. Questo per chiarire che questo Antropocene *non può essere un picco ambientale della durata di un paio di secoli*, ma potrebbe invece avere una evidenza temporale molto più significativa. Nella prospettiva dei sistemi complessi, ciò introduce effettivamente la possibilità che esso possa diventare *uno stato alternativo*, più o meno stabile, del Sistema Terra.

Dobbiamo a SHEFFER (2001) una prima analisi del problema delle variazioni di stato nei sistemi complessi, rivolta agli ecosistemi. Egli nota che gli ecosistemi terrestri sono esposti a variazioni graduali in termini di clima, apporto di nutrienti, frammentazione dell’habitat, sfruttamento biotico. Si pensa normalmente che la Natura risponda a tali variazioni graduali in modo altrettanto continuo e graduale. Egli

dimostra, invece, con esempi molto convincenti tratti dallo studio di laghi, barriere coralline, oceani, foreste e deserti, che la risposta graduale degli ecosistemi, in genere ottenuta attraverso meccanismi di retroazione negativa che riequilibrano in modo dinamico il sistema, può venire spesso interrotta da improvvisi, drastici passaggi ad uno stato alternativo. Ciò avviene in genere *per l'intervento di fenomeni di retroazione positiva, che agiscono su scale anche annuali o decennali. Il fenomeno che spiana la strada ad uno stato alternativo è in genere la perdita di resilienza degli ecosistemi.*

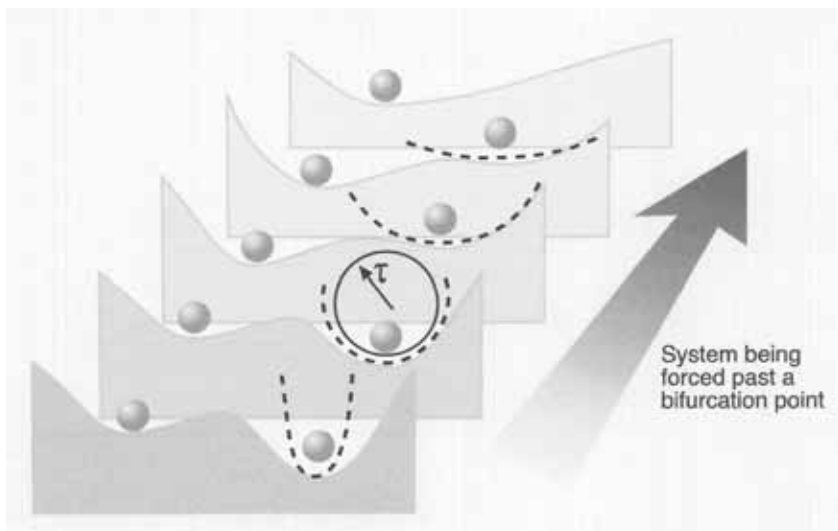


Fig. 2 - Bacini di attrazione di SHEFFER (2001, 2009).

Cinque “paesaggi di stabilità” in cui il sistema (pallina) viene forzato con difficoltà diverse a superare un punto di biforcazione (collina).

Le valli, o bacini di attrazione, rappresentano i due stati stabili in cinque differenti condizioni, mentre le colline rappresentano condizioni instabili in quanto transizioni di sistema da uno stato all'altro. Se il bacino di attrazione è grande, la resilienza è grande ed il sistema (la pallina) può oscillare ampiamente senza mai scostarsi dal suo stato. Se invece è piccolo, la resilienza è piccola ed anche una perturbazione moderata può portare il sistema (la pallina) verso un bacino di attrazione alternativo.

La rappresentazione dei paesaggi di stabilità con i loro bacini di attrazione è un modo efficace di presentare la teoria degli stati stabili alternativi, ma si tratta pur sempre di *modelli*. I bacini di attrazione *reali* possono essere strutture a più dimensioni, anche se difficili da immaginare. Più in generale, i sistemi complessi possono avere paesaggi di stabilità complessi, con numerosi bacini di attrazione, piccoli o grandi.

Di recente Steffen et Alii (2011) hanno esteso l'analisi *anche ai fattori climatici*.

Essi osservano che l'aspetto che più colpisce nella dinamica del Sistema Terra nel Pleistocene è *l'oscillazione regolare* tra due stati ben definiti: *le fasi glaciali e i più corti e caldi interglaciali*. Questo è il comportamento caratteristico di un sistema complesso che *ha due stati stabili* (o bacini di attrazione), tra i quali oscilla.

Essi riprendono il concetto che *un aspetto cruciale di un sistema complesso è l'esistenza di meccanismi di retroazione positiva che, in momenti critici, possono muovere velocemente il sistema da un punto intermedio verso uno dei due stati stabili*. Osservano a questo punto che i meccanismi di retroazione più importanti che nel Quaternario muovono il nostro Sistema verso uno dei due stati, glaciale o interglaciale, *sono entrambi di tipo positivo* (tendono cioè a rafforzare le perturbazioni in atto, qualunque sia l'innesco iniziale) e sono: **a)** *il rilascio o la cattura di gas serra* mentre la superficie si sta scaldando (rilascio netto) o raffreddando (cattura netta); **b)** *il cambio di riflettività*, e quindi di albedo planetaria, man mano che procede l'incremento o il ritiro delle calotte glaciali (aumento di riflettività, raffreddamento; diminuzione, riscaldamento).

Essi notano ancora che lo stato interglaciale è temporalmente *molto più corto* di quello glaciale, suggerendo che sia *intrinsecamente meno stabile* per quanto riguarda la sua durata. In altri termini, lo stato interglaciale costituisce un bacino di attrazione più debole di quello glaciale. Tuttavia, l'intervallo così piatto dell'interglaciale olocenico sembra aver avuto una durata significativamente più lunga di quelli *realmente analoghi* nei tre precedenti interglaciali, suggerendo che l'Olocene sia *intrinsecamente più stabile*, almeno rispetto a loro.

Si sta quindi mettendo sul tappeto il problema del grado di resilienza (o di profondità del bacino di attrazione) *dello stato olocenico*. Notiamo subito, oltre alle osservazioni precedenti, che lo stretto controllo

della temperatura globale media nel corso dell'Olocene e lo sforzo esercitato da terraferma ed oceani nell'assorbire negli ultimi decenni oltre metà delle emissioni umane di CO₂, sono fortemente coerenti con l'ipotesi di un grado di resilienza elevato. Abbiamo anche già osservato *il ruolo efficace della biosfera* nel contribuire alla resilienza a lungo termine dell'Olocene. Il ruolo del subsistema biologico nel promuovere l'omeostasi del Sistema Terra, cioè nel contribuire al consolidamento di un forte bacino di attrazione attorno ad uno stato favorevole alla vita, è stato già ben studiato e dimostrato a partire dall'analisi di LOVELOCK (1979, 1988). *Poco si sa*, tuttavia, dei modi in cui gli aspetti di maggiore importanza della struttura e del funzionamento del Sistema Terra – circolazione oceanica, chimica dell'atmosfera, fisiologia dell'ecosistema, ciclo idrologico, biodiversità - *interagiscono tra di loro* per contribuire alla resilienza e alla stabilità dello stato olocenico. Come pure del *livello raggiunto dalla pressione antropica nell'erosione tale resilienza*. Secondo molti, *i processi in atto spingerebbero il Sistema Terra verso un nuovo stato stabile*: cioè verso un nuovo mondo più caldo, con una minore copertura glaciale, più mare e meno terra, variazioni nei *pattern* delle precipitazioni, una biosfera fortemente modificata e impoverita, paesaggi dominati dalla presenza umana. Insomma, verso l'Antropocene.

Non sarebbero necessari grandi mutamenti iniziali: il Pleistocene può ben rappresentare un tempo in cui il Sistema Terra sia particolarmente sensibile ad *oscillare tra due stati contrastanti* ad opera di *agenti forzanti modesti* o da meccanismi di retroazione interni. Migliorata la situazione nell'Olocene a causa, forse, della drastica riduzione delle masse glaciali, con conseguente forte indebolimento delle oscillazioni, non è escluso che allontanandosi da tale stato ad opera di *elementi forzanti nuovi*, di natura antropica, *il Sistema Terra non possa uscire dalla bi-stabilità quaternaria* (ed anche olocenica, vedi gli "Eventi Bond") e orientarsi verso un diverso stato stabile, che potrebbe *anche essere completamente nuovo*.

Dobbiamo all'analisi di LENTON et Alii (2008) molti esempi di comportamento da sistema complesso (punti di biforcazione, soglie di mutamento improvviso, domini di bi-stabilità) in importanti subsistemi del Sistema Terra. Alcuni si riferiscono ai più importanti *meccanismi di retroazione positiva* che guidano il Sistema Terra tra i due stati

glaciale e interglaciale (ad esempio, l'emissione di gas serra, la perdita di importanti masse glaciali, degli stessi ghiacci marini artici, lo scioglimento del permafrost); altri possono invece indebolire la resilienza dello stato olocenico (ad esempio, la perdita della foresta pluviale amazzonica). LENTON osserva che alcuni elementi che già mostrano oggi segni di instabilità (la calotta glaciale groenlandese, i ghiacci marini artici, la foresta amazzonica, il permafrost circumartico) rappresentano *importanti sottosistemi* che, se spinti ulteriormente, potrebbero muovere il Sistema Terra verso uno stato stabile, più caldo, lontano dal bacino di attrazione olocenico.

Chiediamoci dunque anche noi se le perturbazioni nella dinamica del Sistema Terra, favorite se non indotte dall'uomo, non stiano spingendo il sistema fuori dal ciclo bistabile quaternario (glaciale-interglaciale), e siano anche *abbastanza forti e persistenti da spingere il sistema fuori dal dominio di relativa stabilità dell'Olocene e verso uno stato alternativo, genericamente più caldo*. Vediamo di esaminare un po' a freddo il problema.

Aspetti negativi

- Aumento di gas serra fuori dalla banda di variabilità naturale nei tempi geologici recenti (valori sicuramente mai raggiunti nell'Olocene), in un tempo geologicamente istantaneo (più 3% anche nel 2011). Considerato l'innegabile legame di *retroazione positiva* esistente tra i due fattori (gas serra e temperatura) diviene inevitabile pensare che ogni qualsiasi *anomala, ulteriore* immissione di gas serra nell'atmosfera nel corso di processi di riscaldamento o raffreddamento in atto, sia pure innescati e modulati da altri fattori, sia destinata ad esercitare un forte impatto sul sistema, nel nostro caso con un aumento della temperatura globale (vedi come esempio il sensibile picco termico al passaggio Paleocene-Eocene).
- Molti indizi che qualche processo importante si stia già avviando, come la fusione rapida e generalizzata dei ghiacciai di montagna su valori minimi, le crisi localizzate nei ghiacci polari e nella calotta groenlandese, lo scioglimento del *permafrost* canadese e siberiano, l'aumento del livello medio degli oceani dopo 2000 anni di stabilità.

- Aumento esponenziale della popolazione mondiale e dei consumi pro-capite relativi, che costituisce *il vero fatto decisamente nuovo nella storia dell'umanità* e, forse, della superficie terrestre. Con il suo seguito di deforestazione, perdita di biodiversità, impoverimento dei suoli, inquinamento atmosferico e marino ecc., e le relative conseguenze anche sull'assetto climatico. *La perdita di biodiversità* priva tra l'altro gli ecosistemi della possibilità di usare le infinite ruote di scorta accumulate dal mondo biologico (anche attraverso la memoria genetica), per rispondere in modo veloce a fenomeni improvvisi di aridità, incrementi rapidi di temperatura, ecc. Insomma, tale perdita *diminuisce la resilienza complessiva degli ecosistemi*. Su questo non sembra ci siano dubbi. (E dovremmo a questo punto constatare che anche la resilienza dei sistemi economici e sociali umani è fortemente diminuita).
- Ci sono poi fatti, indizi, suggerimenti del passato, che ci impongono di considerare attentamente possibili evoluzioni future. Un possibile fenomeno molto preoccupante, perché ha dei precedenti nella storia della Terra, è la liberazione veloce di grandi quantità di carbonio dallo scioglimento del permafrost circumartico, se non da idrati di metano presenti nei mari artici. Per fortuna, è solo una seria ipotesi.

Considerazioni positive

- Lo stato climatico olocenico, una volta instaurato, *ha dimostrato un'alta resilienza*. Ha già oscillato abbastanza fortemente, senza mai uscire dal suo stato, con gli "Eventi Bond". Sta oscillando anche oggi, ma resiste bene, si vede che è un bacino di attrazione piccolo ma profondo. Ci si entra facilmente, come negli altri interglaciali, ma evidentemente *se ne esce con difficoltà*. Abbiamo già osservato come l'Olocene si presenti anche *intrinsecamente più stabile* dei precedenti tre interglaciali. Lo stretto controllo della temperatura globale media nel corso dell'Olocene è un altro importante dato a favore dell'elevata resilienza olocenica.
- Il bacino di attrazione degli interglaciali più recenti è abbastanza anomalo. Hanno avuto tutti breve durata rispetto ai glaciali, e spesso una ascesa, un breve picco verso il max interglaciale, poi una di-

scesa. Ma mentre dal max glaciale si ha una transizione *molto rapida* al max interglaciale, il passaggio da questo al successivo glaciale è molto più graduale, difficile, pieno di ripensamenti. È probabile che gli attrattori esterni (cioè le cause vere delle oscillazioni) siano essi stessi instabili e si deformino nel tempo. Del resto, i glaciali (compreso l'ultimo) al loro interno sono *assai più instabili degli interglaciali*, con oscillazioni molto vistose. Anche questi dati rafforzano l'ipotesi di una *elevata resilienza* del tranquillo stato olocenico.

- Il sistema sembra aver già attivato i suoi ben collaudati meccanismi di difesa dal pericoloso incremento di CO₂ nell'atmosfera: più biomassa vegetale, più gusci calcarei negli oceani. Nei fatti, negli ultimi cinquant'anni è riuscito a sequestrare fra terraferma ed oceani almeno metà della CO₂ in eccesso immessa dall'uomo. Nulla di catastrofico è finora avvenuto che non sia già avvenuto negli ultimi 11.700 anni. Lo stesso innalzamento del livello marino previsto da alcuni in due metri a fine secolo, è stato già ridimensionato a 80 cm sulla base di studi satellitari sui ghiacciai groenlandesi (MOON et Alii, 2012).

In ogni caso, e questa mi sembra l'osservazione più importante, lo stato antagonista dell'interglaciale *non è mai stato per tutto il Quaternario uno stato stabile più caldo, ma il glaciale*.

Conclusioni

Tutto considerato, perlomeno allo stato attuale della ricerca, che si vada verso un *nuovo stato stabile* più caldo *non è affatto certo né molto probabile*. Sembra altrettanto ragionevole, almeno alla pari, ipotizzare che si tratterà del consueto stato olocenico un po' più alterato e disturbato del solito, che tornerà gradualmente ad un andamento piatto, in attesa di entrare chissà quando nel prossimo glaciale. Come andranno realmente le cose, ormai lo vedranno solo i posteri. Ma, ovviamente, non possiamo trascurare due cose: che gli equilibri compromessi, qualunque sia stato l'innescò iniziale, *non potranno venire riequilibrati alla scala della vita umana*; che nel 2050 saremo in nove miliardi e mezzo (un'altra Cina e mezza India in più?) a calcare una mano ancora più pesante sulla Terra.

In ogni caso, è bene tener presente che il passaggio *dal passato al futuro* del sistema climatico non può essere facilmente interpretato, né tantomeno previsto, da modelli matematici. Il sistema climatico è caotico a qualsiasi scala temporale, *dominare la complessità dei sistemi naturali non è ancora alla portata dei nostri calcolatori*. Le incertezze sull'affidabilità di previsioni effettuate su tempi lunghi e su sistemi di ampie dimensioni sono state evidenziate anche in recenti importanti riunioni internazionali.

Intendiamoci, la Terra non ha bisogno di noi, ha i suoi meccanismi di difesa. *Siamo noi* che abbiamo interesse a continuare i nostri sforzi *per riuscire a mantenere un ambiente globale vivibile*, in cui la nostra civiltà possa continuare a svilupparsi in modo umano e più rispettoso. Dovremmo almeno fare marcia indietro da *comportamenti insensati che il sistema potrebbe non essere in grado di sopportare e poi riequilibrare in tempi compatibili con la nostra sopravvivenza*.

“Per intervenire negli equilibri della Natura, sono necessari un bicchiere di scienza, un boccale di sapienza, una botte di buon senso, un oceano di prudenza” (Massima del Buddismo tibetano).

Lavori citati

- De Conto, Pagani, D. Tracy, K. Schaefer, T. Zhang, D. Pollard, D. J. Beerling, 2012 – *Past extreme warming events linked to massive carbon release from thawing permafrost*. 484, 87-91.
- Lenton T.M., H. Held, E. Kriegler, J.W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf, H.J. Schellnhuber, 2008 – *Tipping elements in the Earth's climate system*, Proceedings of the National Academic of Sciences. Usa, **105**, 1786-1793.
- Lovelock J.E., 1979 – *Gaia: A new look at life on Earth*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Lovelock J.E., 1988 – *The ages of Gaia: a biography of our living Earth*. New York, NY: W.W. Norton & Co.
- Magri D., 2011 – *Vegetazione e clima nel Bacino Mediterraneo durante l'Olocene*. Accademia Nazionale dei Lincei, Atti XXIX Giornata dell'Ambiente (Clima del Bacino Mediterraneo negli ultimi 12.000 anni) – In corso di stampa.

- Moon T., Joughin I., Smith B., Howat I., 2012 – *21st Century Evolution of Greenland Outlet Glacier Velocity*. Science, **336**, no. 6081, 576-578, DOI: 10.1126/Science.1219985.
- Praturlon A., 2011 – *Un discorso epistemologico sulla complessità nelle Scienze della Terra*. Geoitalia, **36**, 5-26.
- Rockstrom W., W. Steffen, K. Noone, A. Persson, F.S. Chapin III, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Sheffer, et al., 2009 – *A safe operating space for humanity*. Nature, **461**, 472-475.
- Shakun Jeremy D., Peter U. Clark, Feng He, Shaun A. Marcott, Alan C. Mix, Zhengyu Liu, Bette Otto-Bliesner, Andreas Schmittner, Edouard Bard, 2012 – *Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation*. Nature, **484**, 49-54.
- Sheffer M., 2009 – *Critical transitions in nature and society*. Princeton: Princeton University Press.
- Sheffer M., S.R. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke, B.H., Walker, 2001 - *Catastrophic shifts in ecosystems*. Nature, **413**, 591-596.
- Steffen W., A. Persson, L. Deutsch, J. Zalasiewicz, M. Williams, K. Richardson, C. Crumley, P. Crutzen, C. Folke, L. Gordon, M. Molina, V. Ramanathan, J. Rockstrom, M. Sheffer, J. Schellnhuber, U. Svedin, 2011 – *The Anthropocene: From global change to planetary stewardship*. **40**, 739-761.

I GRANDI AVVENIMENTI STORICI DURANTE IL RISCALDAMENTO GLOBALE DI 1000 ANNI FA: PREVISIONI PER IL PROSSIMO FUTURO

Franco Ortolani,
Ordinario di Geologia, Direttore del Dipartimento di Pianificazione
e Scienza del Territorio, Università di Napoli Federico II
Silvana Pagliuca,
Ricercatore CNR, ISAFOM, Ercolano

Premessa

Il cambiamento del clima e dell'ambiente di durata plurisecolare è un fenomeno che negli ultimi millenni si è verificato con ciclicità di circa 1.000 anni (figura 1). Esso è correlabile con la variazione plurisecolare del Sole come evidenziato dalla ricostruzione dell'attività delle macchie solari (figura 2).

L'inquinamento atmosferico può contribuire ad accentuare questo fenomeno naturale; tuttavia, anche se l'inquinamento atmosferico di origine antropica fosse totalmente annullato, il cambiamento climatico si verificherebbe egualmente. È necessario predisporre misure per preparare l'ambiente mediterraneo, in particolare, a sopportare per circa 100-150 anni gli effetti del riscaldamento globale naturale e ciclico sulla superficie del suolo naturale, antropizzata ed urbanizzata, mitigando effetti come: l'erosione delle spiagge, la diversa distribuzione delle risorse idriche, i dissesti idrogeologici connessi alle modificazioni delle precipitazioni piovose e al riscaldamento delle aree alpine.

Le ricerche sull'evoluzione ambientale dell'Area Mediterranea hanno messo in evidenza che negli ultimi millenni si sono verificate variazioni climatiche cicliche (periodi freddo-umidi definiti Piccole Età Glaciali alternati a periodi caldo-aridi definiti "Tipo Effetto Serra") e che l'attuale periodo climatico rappresenta la transizione tra la Piccola Età Glaciale ed il prossimo Effetto Serra.

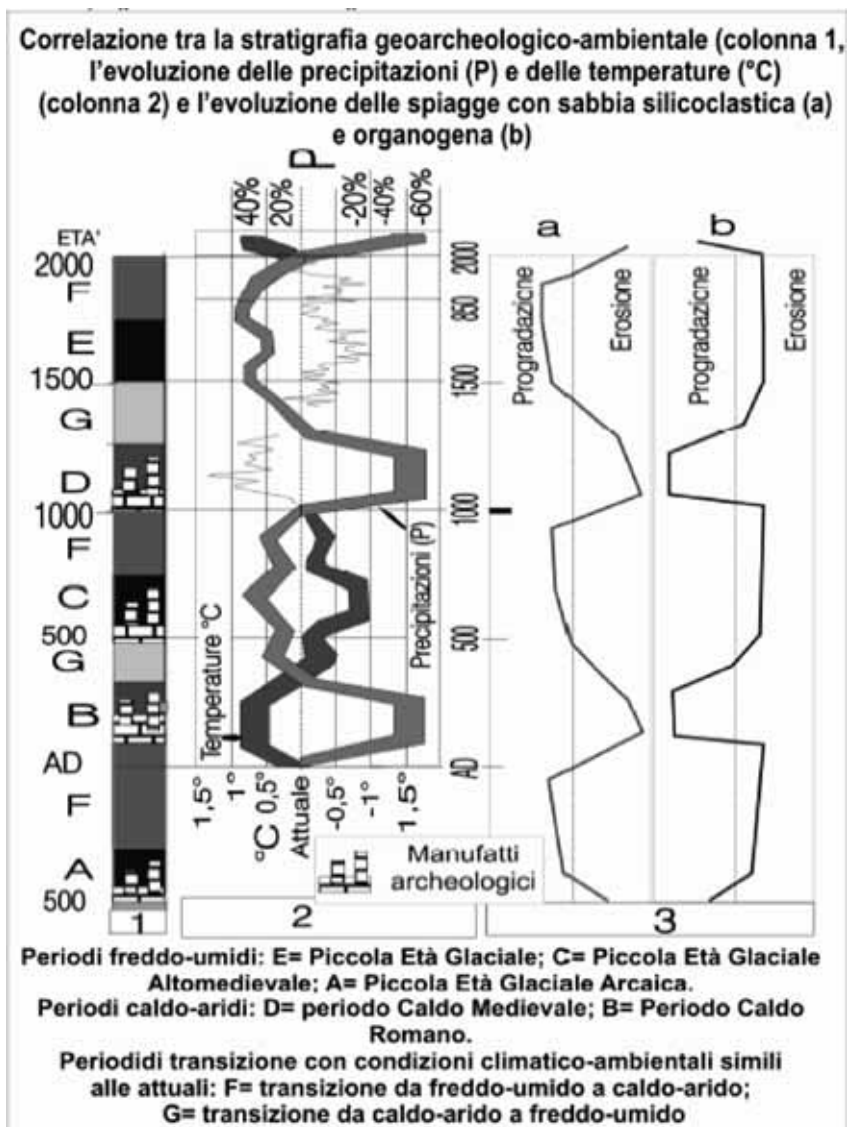


Figura 1: correlazione tra la stratigrafia geoarcheologico-ambientale (colonna 1), l'evoluzione delle temperature e delle precipitazioni (colonna 2), delle spiagge con sabbia silicoclastica (colonna 3, a) e organogena (colonna 3, b).

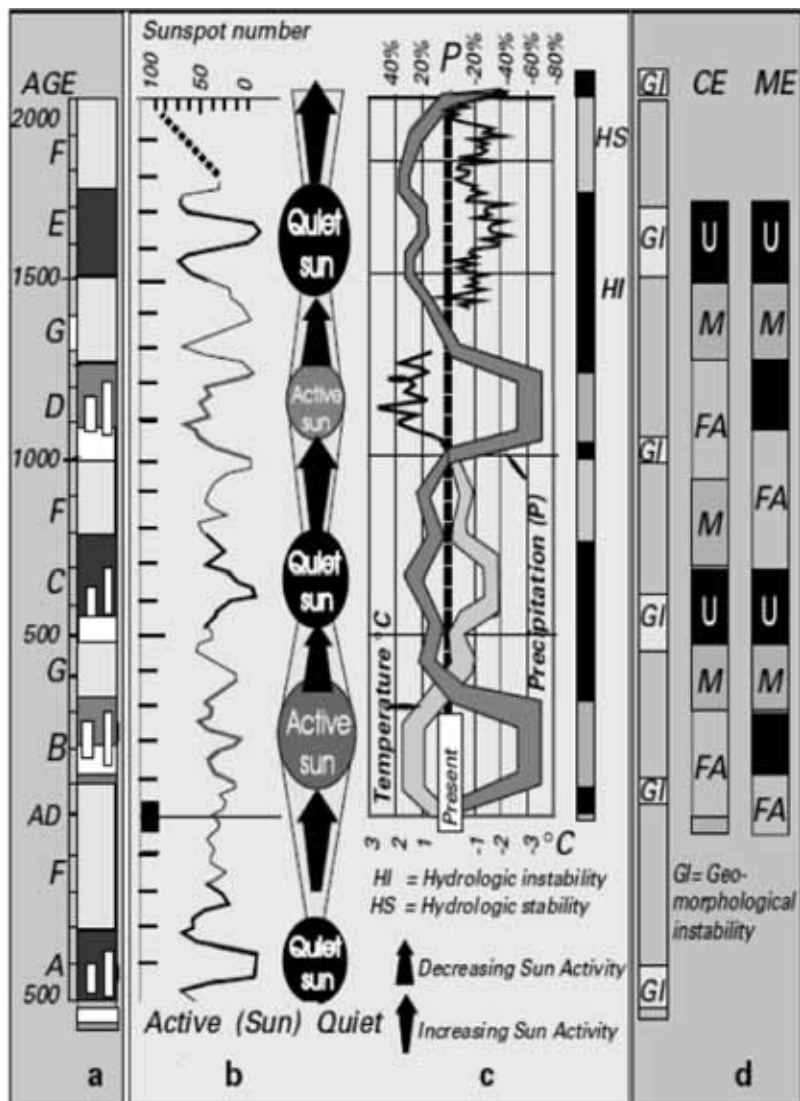


Figura 2: Correlazione tra l'evoluzione climatico-geoambientale dell'Area Mediterranea (a) con l'Attività Solare (b), le Temperature e Precipitazioni piovose (c) e le condizioni socio-economiche (d). CE= Europa Centrale; ME= Area Mediterranea a sud di 42° N; FA= Condizioni Favorevoli; U= Condizioni sfavorevoli; M= Condizioni Moderatamente Favorevoli.

Utilizzando i vari dati scientifici (in particolare sulla base dei risultati relativi al periodo 500-1300 d.C. e al periodo 1500-2000) si propone una previsione dell'andamento climatico-ambientale ed in particolare delle precipitazioni e delle risorse idriche rinnovabili per il prossimo futuro.

Le modificazioni ambientali più significative e prevedibili nell'Italia Meridionale, a partire dal prossimo futuro, possono essere così schematizzate:

- diminuzione progressiva delle piogge: nelle fasce costiere fino a circa 41° N si potrà avere una vera e propria desertificazione (pioggia intorno a 200 mm), mentre nelle aree montuose e collinari si prevede una forte riduzione delle precipitazioni (oltre il 50% dell'attuale);
- rallentamento dei processi pedogenetici;
- incremento della disgregazione ed erosione del suolo;
- variazione del regime dei venti con prevalenza di quelli provenienti dai quadranti meridionali;
- incremento di deposito di polvere del deserto;
- incremento dell'erosione dei litorali sabbioso-ghiaiosi;
- incremento dell'ingressione di acqua marina nelle pianure costiere;
- riequilibrio del ciclo della CO₂ anche tramite un incremento della produzione di gusci carbonatici marini;
- riduzione della copertura vegetale;
- sovrasfruttamento delle falde per approvvigionamento idrico idropotabile, irriguo ed industriale e conseguenti fenomeni di salinizzazione nelle aree costiere;
- sterilità del suolo dove non sarà possibile praticare l'irrigazione;
- modificazioni dei tipici ordinamenti colturali agricoli mediterranei;
- invasioni biologiche (da sud verso nord);
- incremento dell'inquinamento dei fiumi e delle acque costiere.

L'incremento della temperatura media, la diminuzione delle precipitazioni e le disponibilità idriche per il prossimo futuro sono prevedibili in base all'evoluzione ricostruita con i dati strumentali dal 1850 circa ad oggi e con i dati ricavabili dalla ciclicità millenaria delle variazioni climatiche. La conoscenza dell'attuale assetto idrologico, geologico ed idrogeologico tridimensionale del territorio consente di prevedere

la modificazione della disponibilità delle risorse idriche rinnovabili nelle diverse aree dell'Italia meridionale per i prossimi 100 anni. Il progressivo decremento di tali risorse, differenziato dalla fascia costiera a quella appenninica ed in relazione alla geometria tridimensionale degli acquiferi, determinerà seri conflitti di interessi nella gestione tra Regioni confinanti e, all'interno della stessa Regione, tra usi diversi delle acque. In tale quadro, nelle prossime decine di anni, sono prevedibili onerosi incrementi del prezzo dell'acqua per l'agricoltura e progressive riduzioni della risorsa destinabile all'irrigazione. La serietà dei problemi prevedibili impone alle Istituzioni di individuare linee di intervento efficaci tese all'individuazione, valorizzazione, risparmio, completa utilizzazione (usi civili, industriali e irrigui) delle risorse idriche strategiche, al fine di contenere il prezzo dell'acqua ed evitare conflitti sociali, anche mediante una moderna ed adeguata legislazione.

Il cambiamento climatico ambientale di 1000 anni fa

L'Area Mediterranea, rappresentando la zona di confine tra zona umida e zona desertica è molto sensibile alle variazioni climatico-ambientali; infatti, spostamenti delle fasce climatiche verso nord o verso sud di pochi gradi di latitudine possono determinare drastici sconvolgimenti della superficie del suolo provocando, ad esempio, desertificazione in aree precedentemente caratterizzate da clima umido, o, viceversa, la trasformazione di zone desertiche in aree umide.

L'Area Mediterranea, inoltre, contiene archivi di eccezionale importanza, per i dati quantitativi relativi alle modificazioni ambientali e al rapporto uomo-ambiente, per i seguenti motivi:

- è stata caratterizzata dalla presenza continua dell'uomo per molti millenni;
- il territorio è stato diffusamente e continuamente antropizzato come evidenziato dagli insediamenti archeologici;
- le aree costiere sono state interessate da sensibili modificazioni geoambientali come evidenziato dai considerevoli spessori di sedimenti accumulatisi nelle ultime migliaia di anni nelle pianure alluvionali e nelle aree dunari antropizzate.

Le ricerche, di cui di seguito verranno illustrati i principali risultati, sono state stimulate dall'osservazione di numerose discontinuità fi-

siche significative, evidenti in molte sezioni stratigrafiche in zone archeologiche dell'Area Mediterranea, ed in particolare in Italia (figure 2 e 3), e nella documentazione storica e scientifica a carattere multidisciplinare.

Le ricerche geoambientali multidisciplinari sono state effettuate per gettare luce sul significato climatico dei differenti tipi di sedimenti accumulatisi negli ultimi 2500 anni che ricoprono numerosi siti archeologici, non influenzabili dagli interventi umani, di età compresa tra il Periodo Arcaico ed il Medioevo, ubicati a diverse latitudini e in aree geografiche con differenti condizioni morfoclimatiche (Ortolani et al., 1991; Ortolani & Pagliuca, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998).

Secondo le stratigrafie geoarcheologiche ripetutamente pubblicate da Ortolani e Pagliuca sono stati individuati due periodi caldo-aridi (figure 1 e 2) caratterizzati da desertificazione delle aree costiere del Mediterraneo (fino a circa 42°N), con accumulo di notevoli volumi di sabbie eoliche che hanno invaso le zone costiere ricoprendo suoli antropizzati e aree urbane. Essi sono relativi al Medioevo (1000-1300 circa) e all'Età Romana (tra il 100-150 e il 350 d.C. circa). È stato messo in evidenza che il periodo caldo medievale è connesso ad una intensa attività solare durata dal 1100 circa al 1270 circa (figura 3).

Dopo il 1270, alla fine del periodo con intensa attività solare la temperatura media si è abbassata ritornando ai valori precedenti. L'ampia documentazione storica mette in evidenza che durante il periodo caldo medievale l'Europa centrosettentrionale è stata interessata da un sensibile miglioramento delle condizioni climatiche testimoniate dalla coltivazione della vite in Norvegia e dai dati dendrocronologici relativi alle aree ubicate a 60° di latitudine (figura 8). Durante tale periodo l'Area Mediterranea è stata caratterizzata da una drastica riduzione delle piogge fino a circa l'80% rispetto all'attuale, nelle fasce costiere fino a circa 41-42° N, testimoniata dall'accumulo di sabbie eoliche; le spiagge con sabbia bioclastica hanno registrato una marcata progradazione in seguito all'accumulo di ingenti volumi di gusci calcarei riforniti dalla fauna marina.

Le modificazioni ambientali sopra descritte, avvenute tra il 1000 e 1300 circa, contribuiscono ad inquadrare gli avvenimenti storici che caratterizzarono l'Europa ed il vicino Oriente in tale periodo. È noto

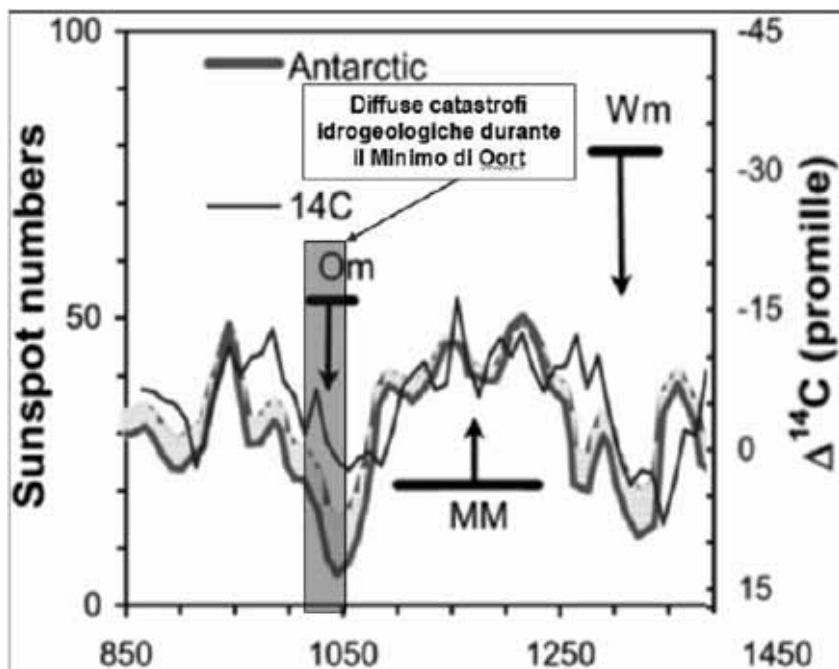


Figura 3: ricostruzione dell'attività solare nel periodo 850-1400 d.C., da Usoskin et al., 2003. Il monaco Radulphus Glaber, nel suo famoso *Historiarum* parla della carestia del 1033, descrivendo atroci misfatti di cannibalismo tra la povera gente.

che le descritte condizioni ambientali, eccezionalmente favorevoli per l'Europa centrosettentrionale, favorirono lo sviluppo demografico, politico, culturale e militare. È interessante la coincidenza che esiste tra tali condizioni ed il periodo durante il quale furono condotte le Crociate nel vicino Oriente, alimentate in grande prevalenza militarmente ed economicamente proprio dalle nazioni del centro e nord dell'Europa (figura 4).

Modificazioni ambientali simili a quelle medievali appena descritte sono state ricostruite per il periodo caldo romano.

I risultati conseguiti evidenziano che l'impatto ambientale dei periodi caldi romano e medievale è molto simile a quello che vari ricercatori prevedono in relazione all'accentuazione della modificazione

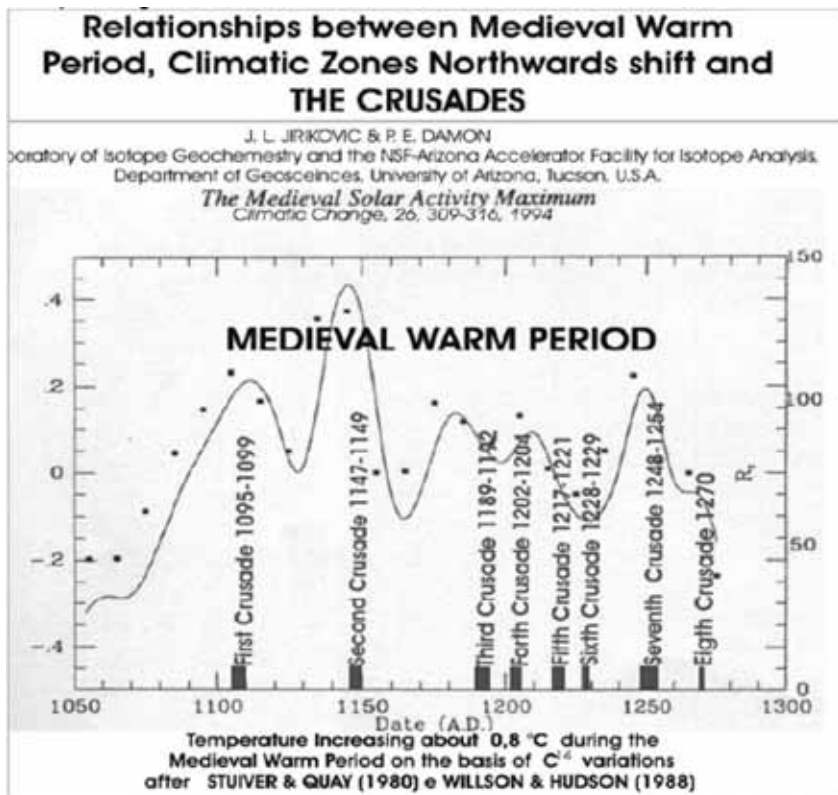


Figura 4: ricostruzione delle paleotemperature durante il periodo 1050-1280 d.C., da JiriKovic e Damon, 1994, correlate con le Crociate.

climatica in atto, il cui aggravamento è attribuito esclusivamente all'incremento dell'"Effetto Serra" provocato dall'immissione in atmosfera di gas generati dalle attività antropiche.

In base ai dati geoarcheologici (figure 1 e 2) si può affermare che modificazioni ambientali, con una durata di circa 150-200 anni, verificatesi sulla superficie terrestre in condizioni climatiche di maggiore riscaldamento rispetto all'attuale sono già state registrate ciclicamente e naturalmente nell'Area Mediterranea ogni mille anni circa. Durante tali periodi caldi si sono determinate differenti condizioni ambientali, favorevoli o sfavorevoli alle attività antropiche, in relazione alla latitu-

dine, conseguenti allo spostamento delle fasce climatiche verso nord lungo i meridiani (nell'Emisfero settentrionale) di alcuni gradi.

Gengis Khan nasce tra il 1155 e il 1167 e muore nell'agosto 1227 dopo avere costruito uno dei più vasti e potenti imperi della terra ad oriente dell'Europa. Le Crociate iniziano nel 1097 e finiscono nel 1270 e determinano la riconquista del Mediterraneo da parte delle popolazioni europee, dopo un predominio plurisecolare musulmano. Ma che relazioni vi sono tra Gengis Khan e le Crociate? Tra questi due mega eventi che hanno sensibilmente influito sulla storia dell'uomo, apparentemente, sembra che non vi sia alcun rapporto. I testi di storia non ci dicono quale fosse il contesto ambientale nel quale si sono verificati questi "fenomeni". Alla luce dei più recenti risultati acquisiti con ricerche di geoarcheologia ambientale si può affermare che entrambi i "fenomeni" maturano e si sviluppano durante un cambiamento climatico-ambientale simile a quello che si sta manifestando e preannunciando attualmente, vale a dire durante uno dei ciclici e naturali riscaldamenti globali connessi ad un incremento dell'attività solare su scala plurisecolare. Inconfutabili dati scientifici contenuti negli archivi naturali (prevalentemente nell'Area Mediterranea), integrati da dati archeologici e storici hanno consentito di ricostruire la storia del clima, dell'ambiente e dell'uomo degli ultimi 3000 anni (Ortolani e Pagliuca, 1994; Pagliuca e Ortolani, 2007). La storia dell'uomo si è sviluppata in un ambiente, favorevole alle attività umane, che prevalentemente è stato caratterizzato da condizioni climatiche simili a quelle note dal 1750 ad oggi. Tali condizioni, ogni 500 anni, sono state bruscamente interrotte da periodi della durata di 150-200 anni nei quali hanno prevalso alternativamente condizioni più fredde e più piovose e condizioni più calde e più aride. Le variazioni climatico-ambientali sono correlabili con variazioni plurisecolari dell'attività solare (Usoskin et al., 2003; Usoskin et al., 2005; Usoskin et al., 2006; Usoskin e Kovaltsov, 2006); un maggior numero di macchie solari ha determinato riscaldamenti globali mentre un minor numero ha provocato raffreddamenti globali. Conseguentemente le fasce climatiche attuali hanno avuto espansioni di alcuni gradi verso nord (periodi caldi) e verso sud (periodi freddi) provocando rapide e drastiche modificazioni ambientali.

Il riscaldamento globale attuale sta progressivamente provocando lo spostamento verso nord delle fasce climatiche dell'emisfero settentrionale, proprio come accaduto 1000 anni fa. Le zone predesertiche e desertiche lentamente stanno invadendo l'Area Mediterranea e le acque marine si stanno sensibilmente riscaldando.

Il tipico clima mediterraneo si sta trasferendo nell'Europa Centrale determinando le condizioni per nuove trasformazioni agricole tipicamente mediterranee. Le vaste aree settentrionali della Siberia, della Mongolia e del Canada interessate dal permafrost (suolo perennemente o stagionalmente congelato), si stanno trasformando in aree coltivabili immettendo in atmosfera enormi volumi di gas ad effetto serra prima intrappolati nel suolo gelato. Questi mega eventi naturali sono iniziati significativamente già a partire dal 1750 circa, si sono intensificati nel secolo scorso e ciclicamente ogni 1000 anni si sono ripetuti determinando una rapido e naturale cambiamento climatico ambientale. Accanto ad essi si sta verificando *l'inquinamento dell'atmosfera causato dalle attività umane*. Quest'ultimo determina un peggioramento della qualità dell'aria e influisce localmente sulla salute dell'uomo provocando anche significativi e pericolosi inquinamenti ambientali.

I dati scientifici evidenziano che tra il 1000 dopo Cristo e il 1270 si ebbero modificazioni climatico ambientali (simili a quelle attuali) che determinarono un sensibile riscaldamento delle aree settentrionali del Canada, Siberia e Mongolia e l'instaurazione di condizioni simili a quelle mediterranee nell'Europa Centrale; fenomeni di desertificazione climatica si ebbero nelle fasce costiere dell'Italia Meridionale. Gli storici evidenziano l'incredibile sviluppo demografico, economico, sociale e militare che avvenne in Europa Centrale a partire dal 1000 d.C., proprio grazie al riscaldamento globale che determinò un significativo miglioramento delle condizioni ambientali. In questo quadro di prosperità e di potenza si inquadra il fenomeno delle Crociate, iniziate nel 1097 e terminate nel 1270; durante tale intervallo l'Europa ha riconquistato il controllo commerciale del Mediterraneo, perso nei secoli precedenti quando tra il 500 e 700 d.C. si erano instaurate condizioni climatico ambientali freddo-umide sfavorevoli ambientalmente nell'Europa ma favorevoli sulla sponda meridionale del Mediterraneo. **Il riscaldamento globale** ha determinato un drastico miglioramento delle condizioni ambientali anche in Siberia e in Mongolia dove milio-

ni di ettari di territorio sono diventati produttivi in seguito allo scongelamento del permafrost. Conseguentemente la popolazione incrementò sensibilmente preparando il terreno per il grande leader **Gengis Khan**, che tra la seconda metà del XII secolo e il primo quarto del XIII secolo, si avvale di condizioni ambientali straordinariamente favorevoli per impostare il suo grande impero, che si estese in buona parte dell'Europa Orientale. I dati storici evidenziano che intorno al 1300 le condizioni climatico-ambientali peggiorarono sensibilmente e l'Europa fu interessata da gravi crisi economiche, sociali, militari e sanitarie. Le ricostruzioni paleoclimatiche mettono in luce che tra il 1050 e il 1100 la temperatura media si è innalzata di circa 1 grado centigrado e che a partire dal 1270 circa si è nuovamente raffreddata. Tale evoluzione climatica è connessa ad un marcato incremento delle macchie solari (Periodo Caldo Medievale, dal 1000 al 1270 circa, coincidente con il Grande Massimo Solare Medievale). Esse decrebbero improvvisamente a partire dalla fine del 1300 dando inizio ad un lungo periodo freddo, noto come Piccola Età Glaciale, che terminerà intorno al 1730.

Non confondiamo il cambiamento climatico con l'inquinamento atmosferico

I fisici solari hanno evidenziato che dal 1750 l'attività solare ha iniziato ad aumentare e che dal 1940 il Sole si trova in uno stato di grande massimo che solo una volta negli ultimi 11.000 anni ha avuto una magnitudo simile. Il grande massimo attuale dovrebbe terminare tra 10-15 anni (determinando un momentaneo raffreddamento come accaduto tra il 1020 e il 1050 in corrispondenza con il minimo di attività solare detto di Oort dal fisico che lo scoprì), dopo di che potrebbe riprendere ad aumentare, a partire dal 2050 circa, determinando l'instaurazione di condizioni climatico-ambientali più calde, simili a quelle descritte nel medioevo. A questa evoluzione naturale si sommano le emissioni gassose antropogeniche. Anche eliminandole del tutto non si invertirebbe la variabilità climatico-ambientale naturale, ma si eliminerebbe certamente l'inquinamento atmosferico. Quindi, riduciamo drasticamente le emissioni nocive in atmosfera per non inquinare l'ambiente e, soprattutto, predisponiamo l'ambiente affinché si atte-

nuino gli impatti, diversificati per latitudine e orografia, che si intensificheranno nelle prossime decine di anni. Come 1000 anni fa, sarà l'Area Mediterranea a subire gli impatti più significativi: diminuiranno le piogge fino a provocare una vera e propria desertificazione delle fasce costiere italiane a sud di Roma e lungo le coste spagnole e greche.

Diminuirà l'acqua e ciò provocherà conflitti sociali tra le aree costiere e quelle interne dove le piogge continueranno a cadere (circa il 50% in meno), conflitti tra i diversi usi idrici e **conflitti bellici** nelle aree del vicino oriente **per il controllo della risorsa**. Le tipiche produzioni agricole mediterranee saranno significativamente intaccate, determinando problemi all'assetto socio-economico. **Aumenterà l'inquinamento fluviale** ed il sovrasfruttamento delle acque di falda; quest'ultimo faciliterà l'intrusione dell'acqua marina nelle pianure costiere rendendole sterili. Anche i versanti antropizzati alpini avranno i loro problemi in seguito ai dissesti che saranno provocati dallo scioglimento del permafrost. I problemi previsti non sono solo questi. Come si vede, c'è bisogno di una buona conoscenza scientifica "indipendente dagli interessi delle lobbies", che si sono da tempo preparate a speculare sul prossimo cambiamento climatico sponsorizzando e finanziando prima e pubblicizzando poi ricerche mirate a dimostrare che la causa della variazione del clima è esclusivamente rappresentata dalle emissioni ad effetto serra causate dalle attività umane. Naturalmente tali agguerrite lobbies dichiarano, convincendo con idonei e noti mezzi anche uomini di governo a tutti i livelli, di avere le soluzioni idonee a contrastare il cambiamento climatico. Tali soluzioni mirate a vendere tecnologie e mezzi meno inquinanti (idonei a ridurre l'inquinamento atmosferico ma non a contrastare il cambiamento climatico), **è inutile dirlo, arricchirebbero sempre più le lobbies a scapito dei paesi poveri e delle aree che realmente saranno interessate negativamente dal cambiamento climatico, come l'Area Mediterranea.**

Le ricerche innovative condotte presso il Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio dell'Università Federico II di Napoli studiando gli archivi naturali integrati presenti nell'Area Mediterranea hanno consentito di ricostruire la storia del clima e dell'ambiente delle ultime migliaia di anni; cambiamenti climatici anche più intensi dell'attuale si sono verificati con ciclicità millenaria, naturalmente e senza l'inquinamento atmosferico antropogenico.

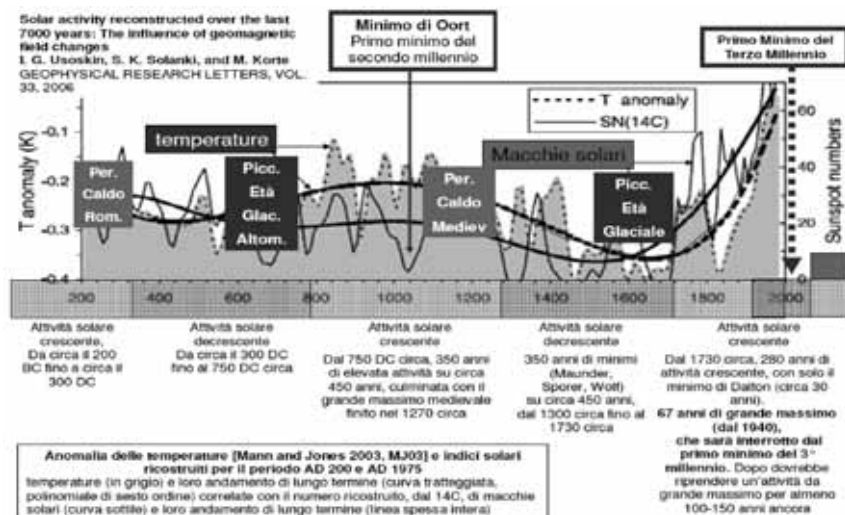


Figura 5: variazione dell'attività solare e modificazioni ambientali globali negli ultimi 2000 anni e previsione dell'evoluzione nel prossimo futuro.

La durata dei periodi caldi degli ultimi millenni è stata di circa 150-200 anni. Questi ultimi sono correlabili con un sensibile incremento di attività solare su scala multisecolare (figura 5). L'attuale periodo di cambiamento climatico si sta instaurando secondo la naturale ciclicità millenaria e si sta sovrapponendo ad un crescente inquinamento antropogenico dell'atmosfera; esso si svilupperà naturalmente, in relazione all'attività solare, come accaduto 1000 anni fa. L'ambiente sarà interessato da modificazioni rapide, diversificate in relazione alle attuali condizioni climatiche connesse alla latitudine. Il cambiamento climatico per l'uomo moderno tecnologico è anche una novità; va ricordato che negli ultimi millenni si sono verificati cambiamenti simili a quello attuale anche con una concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera inferiore a quella delle ultime decine di anni, come accaduto 1000 e 2000 anni fa. I cambiamenti del clima e dell'ambiente, in natura, si sono sempre verificati in assenza di inquinamento ambientale antropogenico; gli archivi naturali evidenziano che in periodi preistorici le concentrazioni di gas tipo CO₂, metano ecc. hanno avuto sensibili variazioni naturali, aumentando nei periodi con clima an-

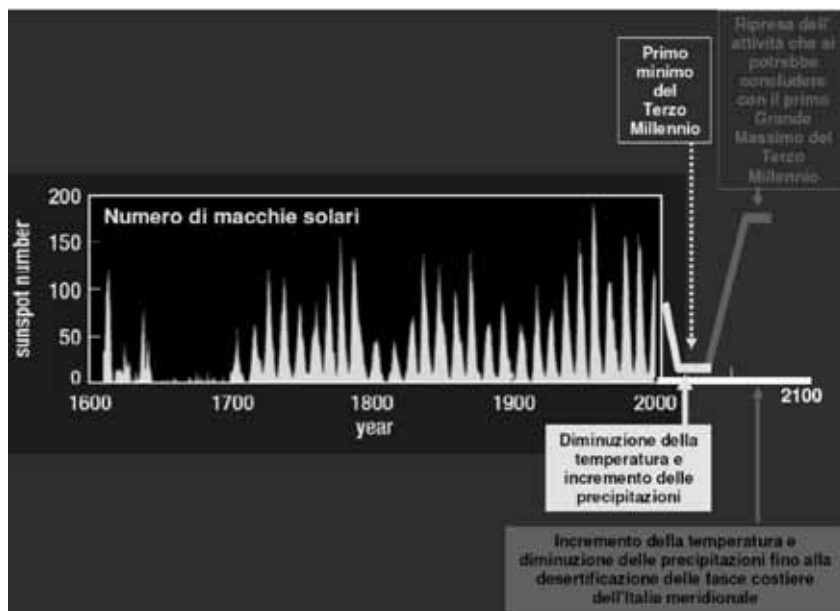


Figura 6: Evoluzione dell'attività solare negli ultimi 4 secoli (in base a dati sperimentali diretti) e previsione per il prossimo futuro sulla base dell'attività attuale, delle previsioni effettuate dai fisici solari e sulla base della ciclicità millenaria ricostruita con i dati geoarcheologici.

che più caldo dell'attuale. La storia del clima e dell'ambiente, ricostruita con le ricerche scientifiche innovative, evidenzia che indipendentemente dalle attività umane inquinanti, le popolazioni dovranno, comunque, adattarsi alle nuove condizioni climatico-ambientali che continueranno ad evolversi con la loro ciclicità millenaria.

Dobbiamo essere coscienti che il cambiamento climatico ambientale non può essere contrastato. L'uomo può intervenire solo sull'inquinamento atmosferico attuando azioni tese a mitigarne gli effetti. L'uomo può efficacemente intervenire attuando sagge azioni **per mitigare i danni che il cambiamento climatico** provocherà modificando l'attuale ambiente naturale e antropizzato. Tale conclusione, strettamente connessa ai dati scientifici multidisciplinari, alla storia ambientale e alle previsioni delle modificazioni del prossimo futuro, deve essere individuata come una pragmatica posizione per preparare l'am-

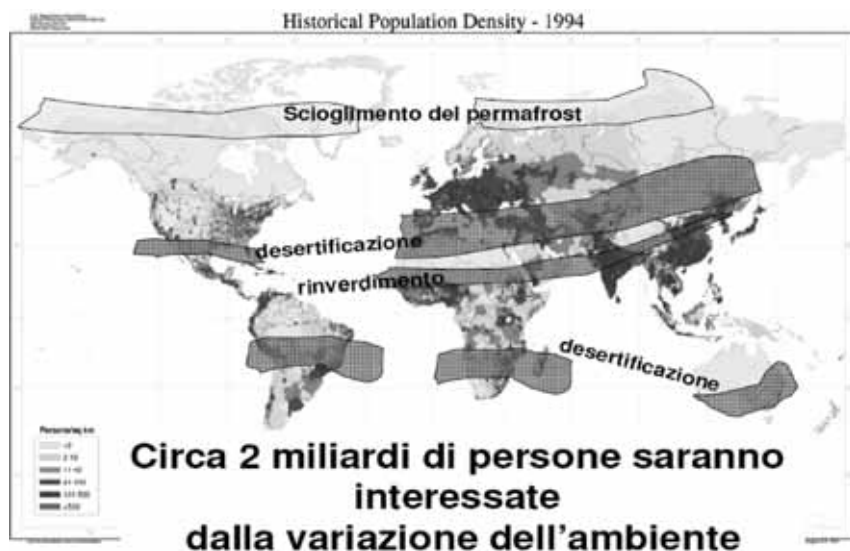


Figura 7: Aree che saranno più significativamente interessate dalla variazione climatica su scala globale.

biente nelle aree nelle quali verrà più significativamente modificato nelle prossime decine di anni (figure 6, 7, 8, 9, 10).

I sostenitori di tali tesi scientifiche scaturite da dati, analizzati multidisciplinariamente, contenuti negli archivi naturali e relativi anche all'attività solare millenaria, finora sono stati non conosciuti o trascurati.

Nel prossimo futuro i paesi del Mediterraneo, come accadde 1000 anni fa, saranno interessati dalla desertificazione delle zone costiere e dai più marcati cambiamenti ambientali che incideranno significativamente sull'economia e sicurezza ambientale; in tali aree vanno adottate concrete misure ambientali per la difesa delle risorse naturali, idonee a contenere i danni connessi al cambiamento climatico, e non misure tese ad avvantaggiare le attività industriali prevalentemente della parte centrosettentrionale dell'Europa che, come 1000 anni fa, sarà climaticamente favorita dalle nuove condizioni. Vanno bene, ad esempio, gli aiuti alle industrie che producono autoveicoli per ridurre le emissioni gassose al fine di non inquinare ulteriormente (troppo) l'at-

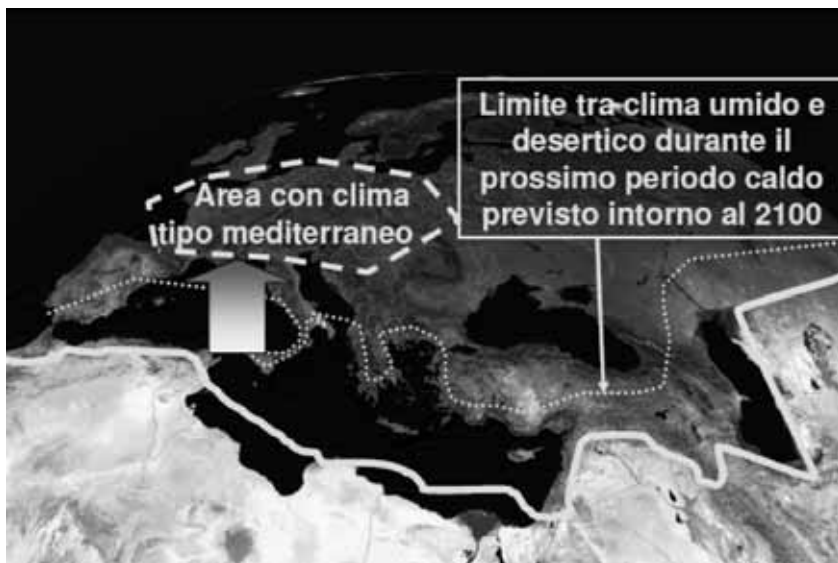
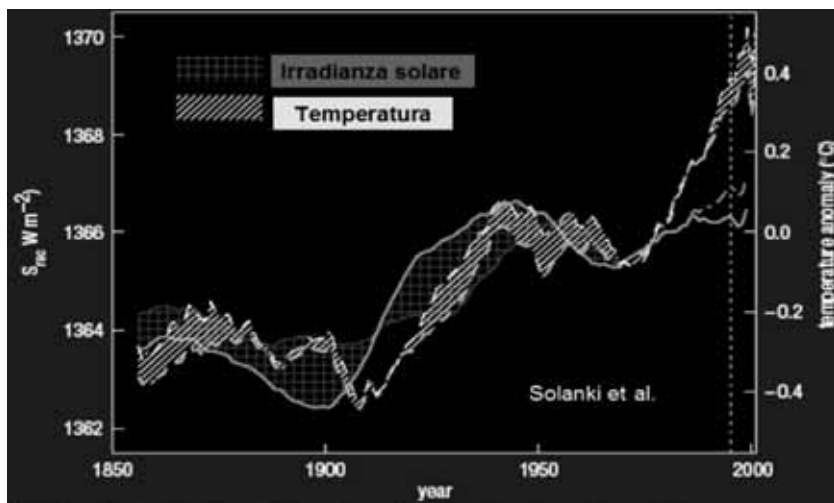


Figura 8: previsione dello spostamento verso nord delle fasce climatiche nel prossimo futuro.

mosfera; accanto a queste misure anti inquinamento devono essere attuati interventi per preparare l'ambiente mediterraneo, in particolare, a sopportare per circa 100-150 anni gli effetti del riscaldamento globale naturale e ciclico. Tra gli impatti che devono essere mitigati possiamo ricordare: l'erosione delle spiagge mediante restauri geoambientali attuati con ripascimenti duraturi; l'accumulo idrico per usi multipli (idropotabili, industriali, agricoli e antincendio); l'alimentazione artificiale delle falde per contrastare il loro sovrasfruttamento; il restauro ed il disinquinamento fluviale; i dissesti idrogeologici connessi alle modificazioni delle precipitazioni piovose ed al riscaldamento delle aree alpine con conseguente scongelamento del permafrost.

Il cambiamento climatico in atto e le previsioni per il prossimo futuro nell'Italia meridionale

In base alla ricostruzione delle modificazioni climatico-ambientali cicliche avvenute nelle ultime migliaia di anni in relazione all'attività



Nella figura si nota che l'andamento dell'irradianza UV e del flusso di raggi cosmici sono simili. Dopo il 1980, comunque, la temperatura terrestre evidenzia un rapido sollevamento, mentre l'irradianza solare mostra un debole incremento secolare. Secondo Solanki et al., il sole può giustificare solo il 30% di quest'ultimo

Figura 9: relazioni tra incremento dell'attività solare e della temperatura negli ultimi 150 anni.

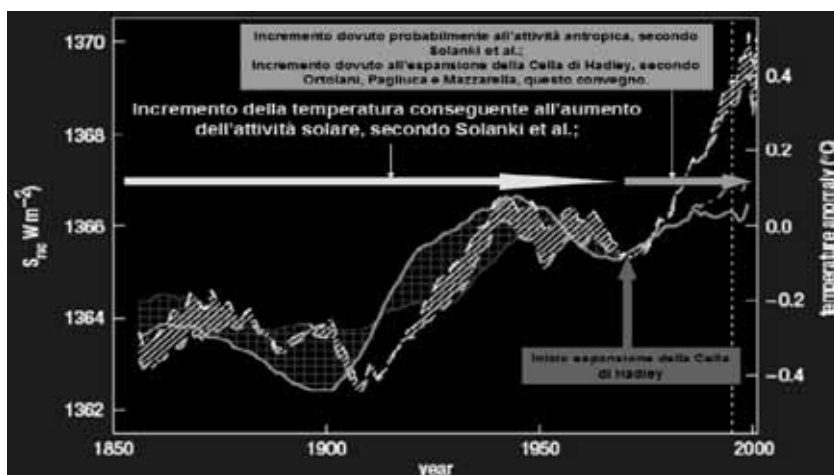


Figura 10: interpretazione dell'incremento della temperatura dal 1970 ad oggi secondo Usoskin et al. e secondo Ortolani e Pagliuca.

solare è possibile prevedere che per altri 8-15 anni circa si avrà un'ulteriore incremento della temperatura e una diminuzione delle precipitazioni piovose (10-15% in meno rispetto all'attuale). Dal 2020-2025 circa si potrebbe avere un abbassamento della temperatura e un incremento delle precipitazioni per un periodo di qualche decina di anni in corrispondenza del previsto primo minimo relativo di macchie solari (come accaduto mille anni fa con il minimo di Oort). Intorno al 2050-70 circa potrebbe iniziare un nuovo periodo con crescente attività solare e progressivo incremento della temperatura e una progressiva diminuzione delle precipitazioni che, dopo alcune decine di anni, potrebbero determinare una situazione ambientale simile a quella di 1000 anni fa consistente nella desertificazione della fascia costiera e nella diminuzione di circa il 50% delle precipitazioni piovose nelle aree interne.

Alla luce di queste previsioni si individuano le linee strategiche di intervento tese a mitigare gli impatti sull'ambiente prevedibili in seguito all'accentuazione del cambiamento climatico che interesserà il Mediterraneo (e con esso il Portogallo e la Spagna meridionale, la Francia Meridionale, l'Italia centromeridionale, la Grecia meridionale, la Turchia, Cipro, Malta e tutte le nazioni del versante meridionale del bacino mediterraneo), individuabile in una diminuzione delle precipitazioni piovose e nell'aumento della temperatura con una prevalenza di venti di origine meridionale e occidentale. La parte centrosettentrionale dell'Europa, come accadde 1000 anni fa durante l'ultimo riscaldamento globale avvenuto in corrispondenza di un notevole incremento dell'attività solare, sarà interessata dalla variazione climatica che si prevede sarà costituita da una tendenza alla mediterraneizzazione del clima, quindi con un incremento delle temperature e una diversa distribuzione delle precipitazioni piovose.

I problemi da risolvere nell'Area Mediterranea

1) **Fiumi in crisi idrica** durante il periodo non piovoso in seguito alla captazione delle sorgenti e alla progressiva scomparsa dei ghiacciai: le sorgenti, attualmente non captate e che alimentano con la loro acqua i fiumi durante il periodo non piovoso, saranno progressivamente captate impoverendo sensibilmente le portate dei corsi d'ac-

qua. I ghiacciai alpini si stanno vistosamente ritirando; in tal modo quasi tutti i corsi d'acqua che attraversano i territori europei che si affacciano sulla parte centro meridionale del Mediterraneo si troveranno senza una disponibilità idrica degna di essere chiamata portata idrica vitale. L'acqua che defluirà nei corsi d'acqua sarà prevalentemente rappresentata dagli scarichi urbani più o meno trattati.

2) **Falde minacciate dall'inquinamento:** le falde che caratterizzano le pianure alluvionali dei principali corsi d'acqua durante il periodo non piovoso verranno alimentate da acque prevalentemente inquinate. Il sovrasfruttamento delle falde nelle pianure costiere potrà provocare la salinizzazione delle acque sotterranee in seguito alla facilitata ingressione dell'acqua marina.

3) **Assenza di accumuli idrici** e aree umide lungo le aree fluviali, collinari e montane: attualmente lungo le aree fluviali, nei fondo valle e nei relativi bacini imbriferi non vi è presenza di una capillare rete di aree umide, di laghetti collinari e montani che accumulino acqua utilizzabile per vari scopi durante il periodo non piovoso. In tal modo anche la fauna e la flora, oltre alle attività antropiche, ne risentiranno seriamente durante il periodo siccitoso in quanto la mancanza d'acqua limita l'ambiente naturale e le attività agricole e zootecniche. La mancanza d'acqua nei bacini imbriferi rappresenta un serio problema anche per le attività antincendio.

4) **Dissesto idrogeologico** ed idraulico: la mancanza di adeguate regimazioni idrauliche e di idonee sistemazioni idrogeologiche rende l'ambiente di fondo valle e di versante particolarmente vulnerabile alle esondazioni, ai fenomeni erosivi e franosi innescati dal diverso modo con cui precipiteranno le piogge e dalla progressiva diminuzione della copertura vegetale.

Gli interventi sostenibili relativi alla risorsa idrica devono mirare a garantire:

- Corsi d'acqua con deflusso idrico estivo;
- Disponibilità idrica per attività irrigue e zootecniche;
- Bacini di accumulo idrico per uso plurimo anche per uso antincendio;
- Oasi umide persistenti;
- Regimazione e valorizzazione delle aste fluviali.

Una strategica priorità è individuata nella:

- Valorizzazione delle microrisorse idriche (per uso idropotabile diffuso, irriguo, antiincendio ecc.);
- **Riequilibrio fluviale** dei corsi d'acqua privati delle acque delle grandi sorgenti captate e trasportate altrove, e dei versanti collinari e montani; sistemazioni idrauliche delle aste fluviali con interventi compatibili con la valorizzazione ambientale e le attività agricole-zootecniche;
- **Rivitalizzazione dei fiumi** mediante la realizzazione di accumuli idrici e oasi umide per accumulare l'acqua di ruscellamento invernale da reimmettere in alveo nel periodo non piovoso durante il quale nel corso d'acqua scorrono solo acque di scarico.
- **Restauro ambientale** delle aree di fondo valle e delle aree interessate da dissesti mediante adeguati interventi di ingegneria naturalistica compatibili con le previsioni dell'uso produttivo del suolo.
- **La difesa dell'ambiente è strettamente connessa alle risorse idriche** per cui assume una importanza sociale la individuazione e valutazione delle risorse idrogeologiche strategiche mediante la ricostruzione della struttura geologica ed idrogeologica tridimensionale del sottosuolo delle pianure alluvionali e vulcaniche quaternarie e degli acquiferi prequaternari, la ricostruzione della struttura geologica ed idrogeologica tridimensionale degli acquiferi che alimentano sorgenti sottomarine e individuazione degli interventi per la valorizzazione delle risorse idriche disperse in mare. Sempre legato alle risorse idriche superficiali è da considerare un altro impatto della variazione climatica sulla porzione superficiale dei versanti argillosi: l'ispessimento della coltre alterata che provoca la riduzione dello scorrimento dell'acqua e quindi una riduzione delle risorse idriche superficiali accumulabili nei bacini artificiali appenninici. Tale fenomeno, completamente nuovo e già in atto, non è ancora ben noto e valutato per cui non si può, attualmente, prevedere l'impatto che esso avrà circa la riduzione delle risorse accumulabili nel prossimo futuro.
- **Gli impatti sociali più significativi** previsti nel prossimo futuro nella parte centro meridionale dell'Area Mediterranea saranno rappresentati da:
 - Conflitti regionali e interregionali connessi ai trasferimenti at-

tuali di risorse idriche dalle zone interne a quelle costiere e da una regione all'altra.

- Incremento del costo dell'acqua.
- Incremento del consumo energetico connesso alla maggiore richiesta di climatizzazione.

L'accentuazione del cambiamento climatico-ambientale naturale, nel prossimo futuro, è inevitabile.

Le relazioni tra l'evoluzione dell'attività solare, del clima e dell'ambiente ed in particolare della parte superficiale della superficie terrestre ci indicano che dovremmo tenere sotto stretta osservazione queste strategie variabili. Un "Osservatorio della variabilità solare, climatica ed ambientale" può monitorare le modificazioni che avverranno nel prossimo futuro svolgendo attività scientifiche multidisciplinari con contributi internazionali nell'eccezionale Laboratorio Mediterraneo. Contemporaneamente va attivato un progetto di ricerca strategico multidisciplinare per lo studio degli "Archivi naturali integrati del Mediterraneo", al fine di ricostruire una dettagliata storia del clima, dell'ambiente e dell'uomo e dell'adeguamento delle attività agricole in relazione alle modificazioni ambientali.

Bibliografia essenziale

- Mitas C.M., Clement A., 2006. *Recent behavior of the Hadley cell and tropical thermodynamics in climate models and reanalyses*. Geophysical Research Letters 33 (1): Art. no. L01810 (doi: 10.1029/2005GL024406). [online] URL: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2006GeoRL..3301810M>
- Ortolani F., Pagliuca S., 1994. *Variazioni climatiche e crisi dell'ambiente antropizzato*. Il Quaternario 7 (1): 351-356.
- Ortolani F., Pagliuca S., 2003. *Cyclical Climatic-Environmental Changes in the Mediterranean Area (2500 BP-Present Day)*. PAGES International Project Office Bärenplatz 2 CH-3011 Bern Switzerland Vol. 11, n. 1 – April 2003.
- Pagliuca S., Ortolani F., 2007. *Considerazioni sulle modificazioni climatiche e ambientali nel periodo storico e nel prossimo futuro*. Dipartimento Terra e Ambiente – CNR, Roma 12-13 settembre 2007 Conferenza Nazionale Cambiamenti climatici.

- Usoskin I.G., Solanki S.K., Korte M., 2003. *Solar activity reconstructed over the last 7000 years: The influence of geomagnetic field changes*. Geophysical Research Letters 33 (8). [online] URL: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&-cpsidt=17828004>.
- Usoskin I.G., Solanki S.K., Schüssler M., Mursula K., Alanko K., 2003. *Millennium-scale sunspot number reconstruction: evidence for an unusually active sun since the 1940s*. Physical Review Letters 91 (21) (doi: 10.1103/PhysRevLett.91.- 211101). [online] URL: <http://prola.aps.org/abstract/PRL/-v91/i21/e211101>.
- Usoskin I.G., Schüssler M., Solanki S.K., Mursula K., 2005. *Solar activity, cosmic rays, and Earth's temperature: A millennium-scale comparison*. Journal of Geophysical Research 110 (a10): Art. No. A10102 (doi: 10.1029/2004- JA010946). [online] URL: <http://www.agu.org/pubs/crossref/2005/2004JA010946.shtml>.
- Usoskin I.G., Kovaltsov G.A., 2006. *Cosmic ray induced ionization in the atmosphere: Full modeling and practical applications*. Journal of Geophysical Research 111 (D21): Art. No. D2120 (doi: 10.1029/2006JD007150). [online] URL: <http://www.agu.org/pubs/crossref/2006/2006JD007-150.shtml>.

IL CLIMA URBANO COME CONSEGUENZA DELL'URBANIZZAZIONE

T. Georgiadis

CNR - Istituto di Biometeorologia sede di Bologna,
Via Gobetti 101, 40129

Riassunto

Il presente lavoro vuole evidenziare come di fronte alle grandi problematiche dei cambiamenti globali del clima molto spesso si dimentichi il ruolo fondamentale dei cambiamenti dell'uso del suolo nel determinare la formazione del clima locale. Il paradigma di questo secolo è la riduzione delle emissioni di gas climalteranti secondo la logica del rapporto Barroso alla Commissione Europea, chiamato comunemente 20-20-20, ovvero la riduzione del 20% delle emissioni di CO₂ e l'utilizzo di un 20% di energie alternative entro il 2020 per contenere l'aumento della temperatura media globale a 2 °C. Questa logica, per quanto possa risultare scientificamente fondata, non tiene però conto degli effetti sul benessere della persona umana che deve vivere nell'ambito urbano. Si analizzano i diversi aspetti fisici dello scambio energetico urbano per comprendere come gli effetti locali possano, e debbano, essere tenuti nella dovuta considerazione durante la pianificazione delle città.

1. Generalità

Perché preoccuparsi del clima urbano? È una domanda che può sorgere spontanea in tempi nei quali tutti i mezzi di comunicazione di massa ci parlano di clima globale. Il problema dei cambiamenti climatici attrae l'attenzione e suscita forti preoccupazioni ormai nella maggior parte della popolazione del mondo tecnologicamente avanzato. L'IPCC, l'organizzazione intergovernativa sui cambiamenti climatici, ha ricevuto nel 2007 il Premio Nobel per la pace

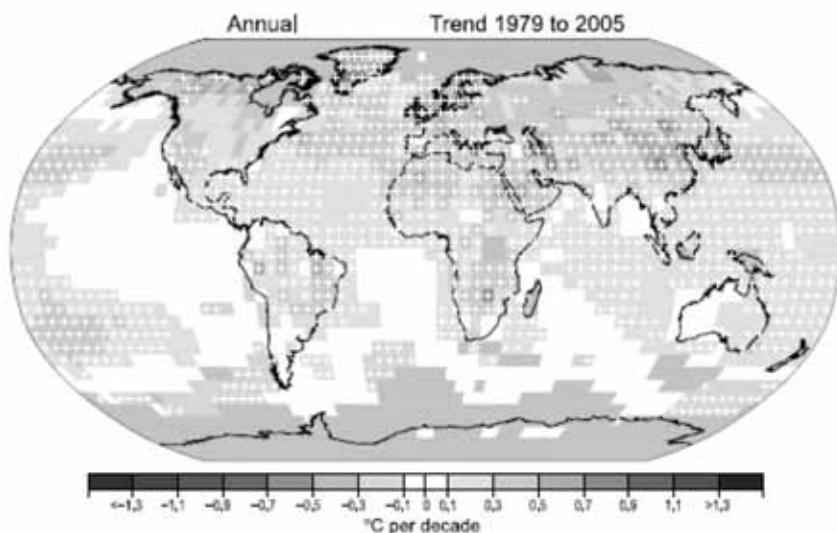


Fig. 1. Trend di temperatura globale 1979-2005 (fonte IPCC)

proprio in virtù degli sforzi fatti per costruire e disseminare una maggiore conoscenza sui cambiamenti del clima prodotti dall'uomo.

Quello che in particolare spaventa è il *trend* di aumento della temperatura media globale (figura 1). Sulla base di analisi di scenario, risulterebbe possibile che l'intero ecosistema terrestre vada incontro a marcate modificazioni nell'arco di pochi decenni. Per rispondere ai cambiamenti climatici l'Unione Europea ha definito un insieme di misure adattative-mitigative, esposte nel Rapporto Barroso, che oggi prende comunemente il nome di 20-20-20.

Anche se talvolta si è cercato di minimizzarne l'importanza, il dibattito scientifico sulla reale consistenza degli effetti prodotti dall'uomo sul clima non si è mai sopito. Va sicuramente esplicitato il fatto che la maggior parte della comunità scientifica si riconosce nelle risultanze dei rapporti IPCC, mentre solo una minoranza ha maturato una visione scettica sull'indicazione che il "*very likely*" (molto verosimilmente) imputato al contributo dell'uomo ai mutamenti corrisponda ad un grado di confidenza superiore al 90%.

Quello che sicuramente è stato considerato molto poco, in quanto la CO₂ ha praticamente assorbito tutta l'attenzione del dibattito, sono gli eventuali altri tipi di impatto che l'uomo può avere sul clima, attraverso i cambiamenti dell'uso del suolo.

È certo, al di là di ogni polemica, che sull pianeta è in corso un rapido e profondo mutamento della distribuzione della popolazione. Indipendentemente dai tassi di natalità e dalle curve demografiche associate, quello che stiamo sperimentando è un inurbamento che porterà, nell'arco di pochi decenni, l'intera umanità ad essere residente nelle città, o nelle immediate vicinanze delle città. Già oggi le città che possiedono una popolazione superiore al milione di abitanti ricoprono tutto il pianeta (figura 2), e le previsioni dell'*urban sprawl*, cioè della diffusione della città, talvolta incontrollata, sull'intero territorio indicano tassi elevatissimi, associati a crescite dello *slum* urbano particolarmente marcate per Africa, Asia e America Latina.



Fig. 2. Città con più di un milione di abitanti

Insieme con le evidenti condizioni di degrado sociale anche il benessere fisiologico dei cittadini in questi ambienti raggiunge livelli bassissimi, che danno luogo a tassi di mortalità e morbidità statisticamente molto più elevati di altri territori. Inoltre, bisogna considerare

che insieme a queste condizioni sociali e fisiologiche si verifica molto spesso che le fasce più deboli di questa popolazione, malati, bambini e anziani, tendono ad avere un orizzonte culturale, ma anche fisico, che si allarga al massimo all'orizzonte stesso del costruito. In queste condizioni risulta evidente che i processi legati al microclima locale saranno marcatamente più invasivi su questi cittadini che non su altri più fortunati settori della popolazione. In presenza, quindi, di modificazioni dell'incidenza delle onde di calore (figura 3 e tavole 1 e 2) è qui che si avranno gli effetti più drammatici sul benessere.

Month	Short	Long	Nr of events	%	Nr of days	% days
June	35	20	55	26	371	29
July	35	12	47	22	254	20
August	48	17	65	31	402	31
Sept	37	9	46	22	255	20
Total	155	58	213		1282	

Table 1: Summary of the heat waves events

Decade	N° days	%
1951-1960	227	21
1961-1970	134	12
1971-1980	91	8
1981-1990	234	21
1991-2000	413	38
Total	1099	100

Table 2: Decadal distribution of heat wave days

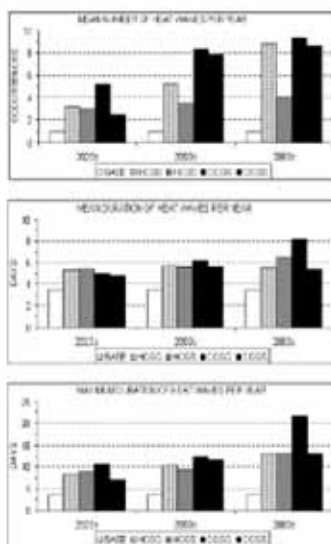


Fig. 3 Previsioni dell'incidenza delle onde di calore

2. Misure e modellazione del fenomeno

La fisica dell'onda di calore è determinata da due meccanismi che maturano a scale diverse: il primo è l'instaurarsi di una vasta zona di blocco atmosferico determinata dal posizionamento specifico di zone di bassa ed alta pressione, come durante l'evento del 2003; il secondo

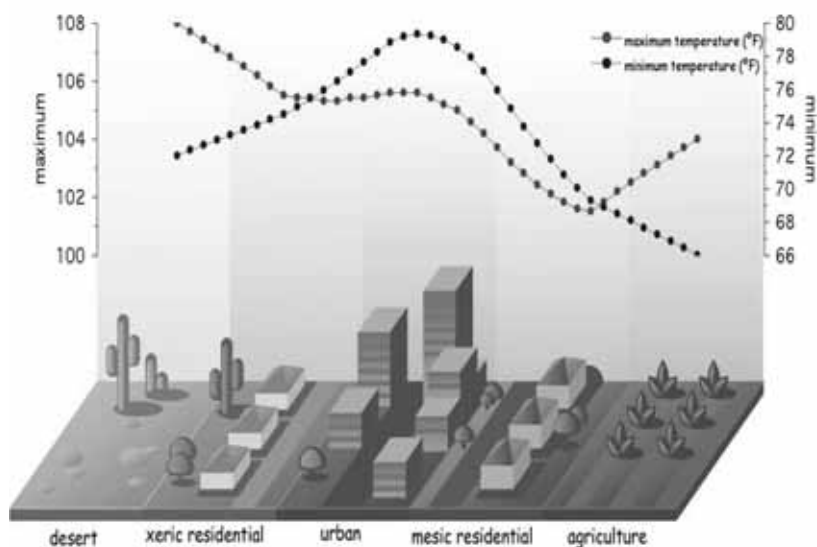


Fig. 4a. Andamenti delle massime e minime termiche su diversi tipi di uso del suolo

è determinato dal bilancio dei flussi di energia alla superficie, modulato dalle proprietà ottiche e termiche dei materiali.

Infatti, se analizziamo gli andamenti delle temperature minime e massime in funzione di diversi tipi di copertura territoriale (figura 4a), ci accorgiamo che un uso del suolo urbano incrementa i valori termici, ed inoltre questo incremento è particolarmente marcato sulle temperature minime notturne. Senza volere entrare nel merito delle ripercussioni che tali effetti possono avere sulla nostra comprensione dei mutamenti climatici globali, è comunque evidente che “il costruito” della città imprigiona il calore restituendolo sotto forma di flusso entalpico proprio durante i periodi più sensibili per il benessere umano, ovvero durante le fasi di recupero psico-fisiologico notturne.

Nella figura 4b sono riportati gli andamenti termici di diversi tipi di materiale sotto condizioni meteorologiche diverse (Fiumi e Georgiadis, 2009). Per tutti i casi analizzati è particolarmente evidente il

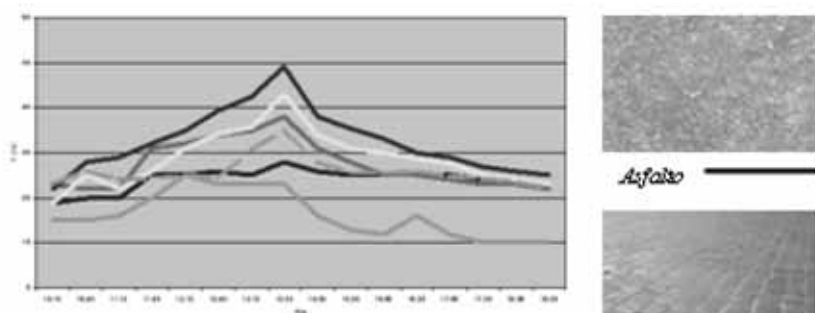


Figura 2 - Andamento termico dei materiali esaminati il 12/9/07

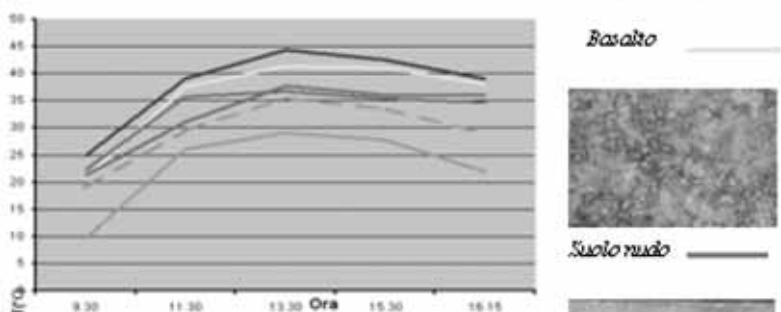


Figura 3 - Andamento termico dei materiali esaminati il 14/10/07

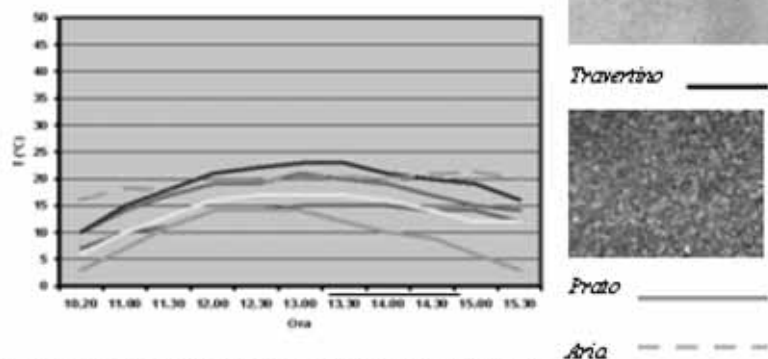


Figura 4 - Andamento termico dei materiali esaminati il 3/12/07

Fig. 4b Andamenti termici per diversi tipi di uso del suolo

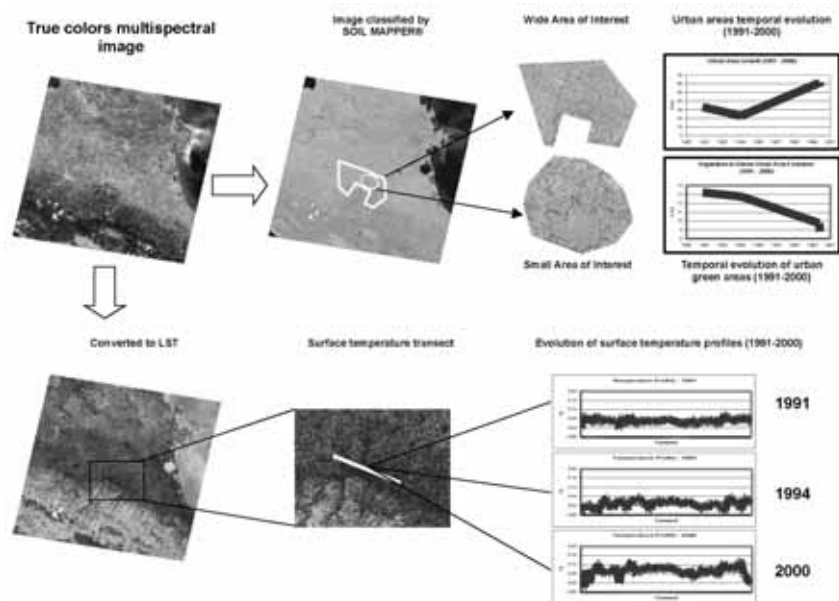


Fig. 5. Analisi dei dati satellitari relativi al verde pubblico ed al regime di temperatura.

differenziale termico dei materiali da costruzione o pavimentazione rispetto ad un uso del suolo a prato.

L'importanza delle coperture a verde, siano esse pubbliche o private, in città si evidenzia su tutto il tessuto urbano anche nello studio riportato in figura 5 (Georgiadis et al., 2006), dove alcune immagini satellitari sono state analizzate per valutare quanto la presenza di aree verdi, e la loro variazione nel tempo, incidesse sui valori di temperatura. I risultati sono stati particolarmente espliciti nell'indicare il ruolo della vegetazione nella mitigazione del regime termico della città.

Chiarita l'evidenza del ruolo giocato dal verde urbano, resta da definire come la realizzazione di questo verde urbano possa essere ottimizzata allo scopo di massimizzare gli effetti del raffrescamento passivo dell'ambiente urbano.

L'unità di ricerca di micrometeorologia e microclimatologia dell'IBIMET-CNR di Bologna ha effettuato simulazioni della presen-

za/assenza di parchi cittadini per la valutazione degli indici di benessere mediante modellistica fluidodinamica avanzata. Un caso recente di studio ha considerato il parco storico di una città emiliana (Parco Ducale di Parma, figura 6) e sulla base delle condizioni climatiche caratteristiche desunte da cinque anni di dati di parametri atmosferici si sono calcolati per quella fetta di territorio gli indici bioclimatici. Si è quindi proceduto al riempimento della zona verde del parco con un ipotetico quartiere rappresentante la tessitura architettonica caratteristica di Parma e, sempre attraverso il data-base meteorologico, si è effettuata una simulazione di quello che sarebbe stato il microclima in assenza del parco. I risultati (fig. 6b) hanno chiaramente evidenziato che l'indice di benessere (PMV *predicted mean vote*) in presenza del parco era di due *step* migliore di quello ottenuto mediante l'ambiente urbanisticamente simulato del quartiere ipotetico.

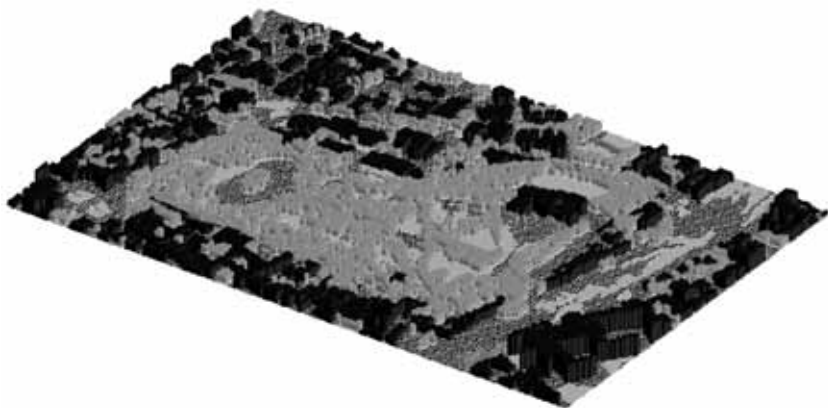


Fig. 6a. Ricostruzione numerica del Parco Ducale di Parma per l'analisi fluidodinamica.

Honjo e Takakura (1991) hanno evidenziato gli effetti termici e igrometrici della presenza di aree verdi sulle aree limitrofe (tavola 3 e figura 7).

Questi effetti sono comunque importanti, anche se oggi un crescente numero di evidenze indica il ruolo giocato da un maggior numero di aree a vegetazione di dimensioni limitate, rispetto al grande

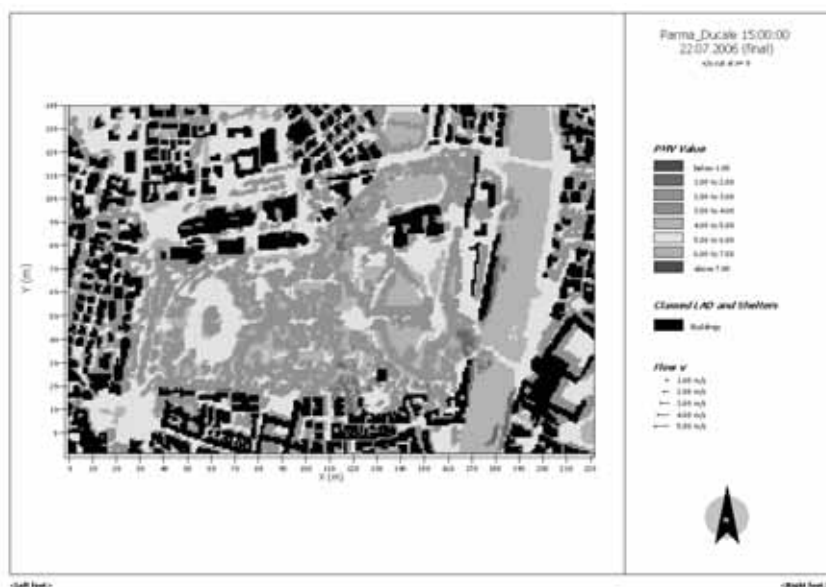


Fig 6b. Valori di PVM determinati per la simulazione del Parco Ducale di Parma mediante il programma fluidodinamico Envi-Met

parco cittadino. Senza volere per questo sminuire l'importanza del pubblico, il ruolo dell'adattamento di spazi urbani da parte del privato (giardini, cortili, tetti) assurgerà ad un ruolo primario nella mitigazione passiva del regime termico della città, specie se favorito attraverso opportuni strumenti fiscali, tenendo conto del ruolo sociale effettuato da questa presenza. Infatti, oltre a ricoprire un elemento indispensabile nel necessario risparmio energetico di sistemi complessi come quello cittadino, l'incentivazione dell'uso o della riconversione di superfici a verde ricopre il ruolo importante del miglioramento degli indici di benessere che abbiamo visto essere particolarmente importanti per le fasce deboli della popolazione.

Il livello di mitigazione sulla temperatura dell'aria è riportato in un esperimento numerico di Bruse e Skinner per un'area della città di Melbourne.

L'uso di modellistica numerica fluidodinamica (CFD) per la progettazione dell'abitare risulta di particolare utilità negli spazi aperti,

TABLE 1

Location of green areas: numbers indicate the distance from the inflow boundary in a horizontal direction

Case	Location of green areas (m)
1	300-400
2	300-500
3	300-600
4	300-700
5	300-400, 500-600
6	300-400, 600-700

Simulation of Thermal Effects of Urban Green Areas on their Surrounding Areas

TSUTSUKI HONJO and TAKAHISA TAKAKURA

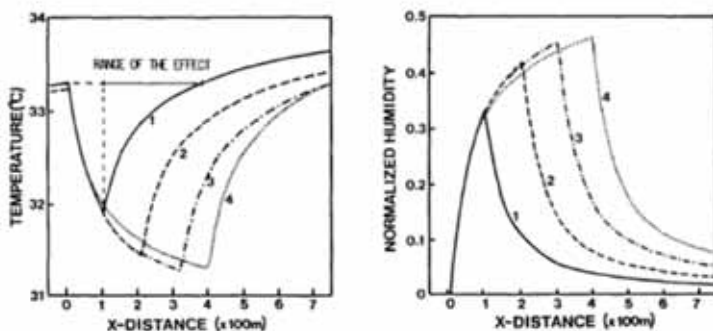


Fig. 7. Effetti termo-igrometrici della presenza di aree verdi sulle aree limitrofe (Honjo e Takakura, 1991).

ovvero nello studio del microclima e degli indici di benessere. La complessità delle interrelazioni tra il costruito, il verde pubblico o privato e le condizioni meteorologiche locali necessita, infatti, di strumenti di simulazione che vanno oltre la comune esperienza ingegneristico-architettonica, perché si rende necessario integrare il progetto con scenari ambientali nei quali l'essere umano risulti il fuoco principale dell'intervento.

Negli ultimi anni si sono sviluppati diversi software *friendly-user* che includono lo studio del microclima, in grado di facilitare la pianificazione ai progettisti ai fini della pianificazione del benessere. Un esempio di grande applicazione in tutto il mondo è il software RayMan, sviluppato dall'Università di Friburgo (Matzarakis et al., 2007).

Questo software, estremamente facile da usare in virtù anche della comoda interfaccia utente a tendine, permette la definizione dei valori di PET (temperatura fisiologica equivalente) su un determinato areale con costruito. Una descrizione dell'apparato matematico di RayMan è

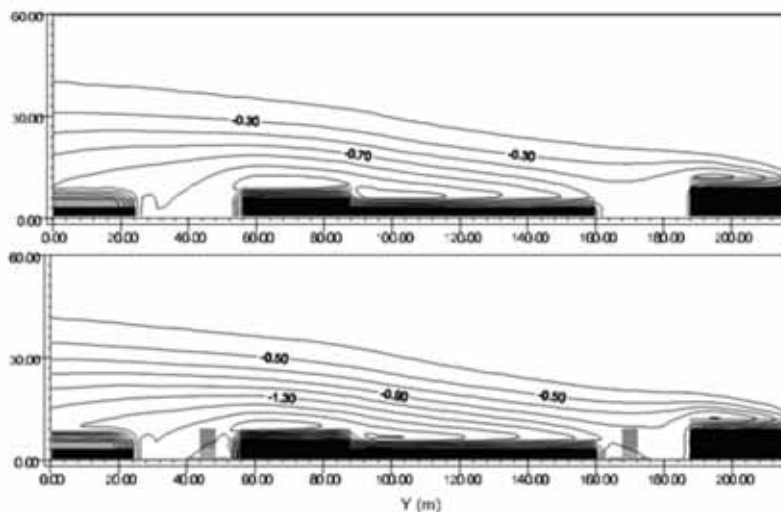


Fig. 8. Effetti termici prodotti dalla presenza di superfici orizzontali a verde (tetti verdi) (da Bruse e Skinner).

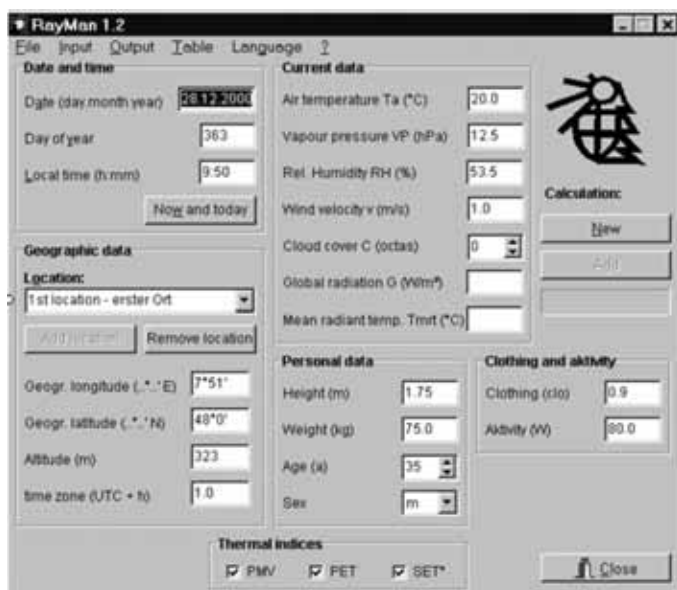


Fig. 9. Schermata della tendina dei parametri fisici del software RayMan

disponibile all'indirizzo <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/description.htm>. Il software è possibile ottenerlo gratuitamente chiedendo direttamente al Prof. Andreas Matzarakis.

Un altro potente strumento di CFD è il software EnviMet. Anche in questo caso il software è disponibile in forma gratuita e scaricabile all'indirizzo <http://www.envi-met.com/>. Oltre a trattare il problema fluidodinamico in modo rigoroso, EnviMet è in grado di fornire il valore di PVM (*predicted mean vote*) su una griglia di 250x250 con 30 livelli verticali di definizione.

3. Conclusioni

In conclusione, è oggi sicuramente possibile operare con grande precisione nella pianificazione delle scelte architettoniche ed urbanistiche per massimizzare il benessere della popolazione attraverso l'utilizzo analitico di metodologie fisiche di misura e modellistiche. Il problema principale che ancora permane per una applicazione estesa di queste tecniche è un limite di politica della gestione del territorio: infatti, per essere efficaci, queste tecniche necessitano *ex-ante* di una regia in grado di contemperare i diversi aspetti degli insediamenti abitativi, che vanno dal microclima, alle soluzioni urbanistico-architettoniche, alla salute ed al benessere degli abitanti. È solo attraverso piani organici di sviluppo che l'efficacia di questi strumenti fisico-matematici si può pienamente valorizzare, affinché la pianificazione della città diventi anche la pianificazione del benessere del cittadino, per potere così dare un reale riscontro alla formula: città per i cittadini, come previsto dai programmi della Comunità Europea.

Riferimenti bibliografici

- Bruse M. e Skinner C.J., 1999. *Rooftop greening and local climate: a case study in Melbourne*. <http://www.envi-met.com/documents/papers/Rooftop1999.pdf>.
- Fiumi L. e Georgiadis T., 2009. *Valutazioni preliminari per la caratterizzazione termica delle pavimentazioni stradali in ambito urbano*, Bollettino Geofisico, gennaio-giugno, 69-76.

- Georgiadis T., Rossi S., Margelli F., Borasio E. e Natali S., 2006. *Alcune considerazioni sullo studio del clima urbano e sui nuovi approcci metodologici*, Bollettino Geofisico, gennaio-dicembre, 53-68.
- Honjo T. e Takakura T., 1991. *Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas*, Energy and Buildings, **15-16**, pp. 443-446.
- Matzarakis A., Rutz F., Mayer H., 2007. *Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model*, Int. J. Biometeorol. 51, 323-334.

CLIMATE AND ENERGY POLICY

Franco Battaglia

Professor of Chemical Physics and Environmental Chemistry
Università di Modena, Italy

0. Introduction

The EU's energy policy of the last twenty years has been dead wrong, to say the least. Here it is, in a nutshell:

- 1) It is based on the assumption that human activities have a bad influence on climate, mainly due to CO₂ emissions.
- 2) In order to reduce CO₂ emissions several actions are needed: promote renewables, mainly sun and wind energy; promote energy saving; promote energy efficiency.
- 3) All the above will have the beneficial side effect of creating jobs, thereby increasing wellness and providing prosperity; in a word, this is the *green economy*.

The purpose of this paper is to show you that the three items above are – all of them – wrong. In particular, I'll show that:

- 1) Human activities have had no detectable impact on climate.
- 2) Most importantly – aside from the fact that even if they had an impact on climate (and they do not) it might even be beneficial – whatever the consequences on climate, reducing CO₂ emissions will jeopardize our well being, our civilization, and even our own life. Enacting the EU policy could mean the death of millions and sentence billions of people in the developing world to lives of continued poverty and short lifespans: **Securing energy, not climate, is the real problem mankind has to face.**
- 3) Solar energy (specifically, wind and photovoltaic technologies) is a fraud and no CO₂-emission reduction can be expected from

them. Energy saving is the most dangerous maneuver we could make, and energy efficiency, as good to pursue as it might be, does not help in tackling our real problem.

- 4) Not by *producing* energy but by *consuming* energy jobs are created: **the green economy is a scam.**

1. Nature, not human activity, rules the climate

I am a member of the NIPCC (*Non-governmental International Panel on Climate Change*). NIPCC has evaluated the same scientific literature at disposal of the more famous IPCC, which, together with Al Gore, received a Nobel Prize in 2007. It was a Nobel Prize for Peace, not for Science. And, indeed, the members of the NIPCC, most of which are experienced and distinguished scientists, conclude that IPCC's resolutions are scientifically very questionable. This paper does not focus on climate, so I will only briefly touch on the matter.

During the last century global temperatures are believed to have been higher than about four centuries ago. How many times have you heard statements like: «Temperatures of the last 20 years have been higher than ever recorded in the last 400 hundred years». Generally, statements such as the above are true, but what do they mean, and are they alarming? The line of reasoning goes on as follows. «During the last century, industrialization, together with emissions of the greenhouse gas CO₂, took place at the same time with global warming. Therefore, human activities are responsible for global warming». It is a lovely, worthwhile to be explored in depth, conjecture, which I shall call the climate/human connection conjecture or, for short, the climate conjecture. As lovely as it might be, however, the climate conjecture is not supported by scientific evidence, as I'll show.

Let me start by noticing that there is something quite remarkable about it. Throughout scientific history, the most revolutionary conjectures have been proposed. Sometimes, they appeared to be quite absurd or, at any rate, against common sense. However, what is extraordinary about science is that any conjecture, no matter how extravagant, if it has elements of truth, the more it is investigated the more its soundness emerges. Conversely, if a conjecture is wrong, the more it is investigated the more emerges as being wrong. A popular paradigm of

absurdity is Einstein's relativity theory. The whole theory stands on the following absurd postulate: the speed of light in vacuum is one and the same independently of the speed of the light source. This not only sounds absurd, but is also incomprehensible. For, you know that if, inside a train riding at 100 km/h, your friend fires a bullet towards the locomotive, she measures the bullet's speed to be, say, 200 km/h, but you, who are standing at the station platform and measure the train's (and friend's) speed to be 100 km/h, you measure the bullet's speed to be 300 km/h. However, if your friend fires a photon, then you and your friend measure for the photon the same speed. Nonsense. Yet, it doesn't take long to confirm that this "nonsense" is what reality is. And it didn't take long to verify several other "nonsenses" of the theory of relativity.

Now, back to climate. Billions of dollars have been devoted to the climate conjecture stated above. And, as said, it was a quite reasonable conjecture (i.e., not as extravagant as the invariance of the speed of light). Yet, nothing has emerged to support that conjecture. Let me just mention a few points.

The human CO₂ emissions of the last century have been exceptional in history. But has the climate of the last century also been exceptional? The answer is no. The most recent warming period – as warm as the present one – was what geologists call the *Medieval Warm Period*, proved to be so worldwide (see Fig. 1, taken from the First IPCC Report). You might question the reliability of data concerning a time

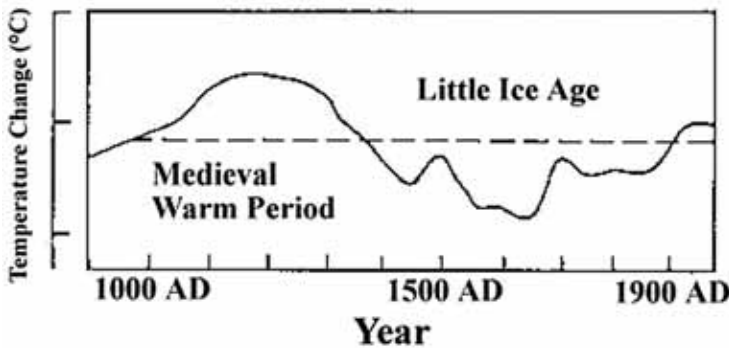


Fig. 1 – Global temperature of the last 1000 years

so far in the past, but if you do so, i.e., if you say that data so far in the past are not reliable, then you do not have right to insist that the climate today is warmer than in the past. Either you say that the methods that allow geologists to reconstruct the past climate are reliable, which means that you are allowed to assert that the climate today is warmer than 400 years ago *and* as warm as the climate of 1000 years ago. Or, you say that geologists might be wrong about the past, which means that you cannot compare today's climate with the climate of the past. In the first case – which is what I am inclined to agree with – you should explain what has made medieval climate as warm as today's. And this has not been explained by IPCC. There is a paper which purported to show that the Medieval Warm Period did not exist, but we now know that the paper was tainted by biased data selection and analysis.

As you can see from Fig. 1, the present warm period did not start 100 years or so ago, i.e., didn't start following the Industrial Revolution's CO₂ emissions. And a necessary (though not sufficient) condition for action A to be the cause of action B is that B must follow A. The present warm period started about 400 years ago, well before the Industrial Revolution, at the minimum of what geologists call the *Little Ice Age*. The question then arises: why did the climate start getting warmer 400 years ago? Whatever the answer, it cannot be because of the Industrial Revolution.

Of course, in striving hold on to the climate conjecture, you could still maintain that without human emissions the climate wouldn't have been so warm. However, it just happened that with human emissions the climate got actually colder. As you can see in Fig. 2, in the years 1945-1970 – during and right after the baby-boom, industrial-boom and emission-boom period – the climate did get colder. Cold to the point that during the Seventies there was, as popular as the global-warming fear is today, a fear for an oncoming glacial era (or, at any rate, for an oncoming period of global cooling). So, you do have a proof that the climate conjecture is quite wrong: things have happened that are the opposite than those expected from the conjecture. Somebody has claimed that the cooling was due to the concomitant emission of cooling-inducing sulfate molecules, and that when sulfate-reducing policies have been enforced the cooling has disappeared. This cannot

be so: protocols to reduce sulfate emissions were signed in 1980 and became operative no earlier than 1990, i.e., respectively, 10 and 20 years later than when the climate again began to warm up. Once again, you have an effect occurring before the alleged cause. However, without entering this possibly endless debate, let's move on.

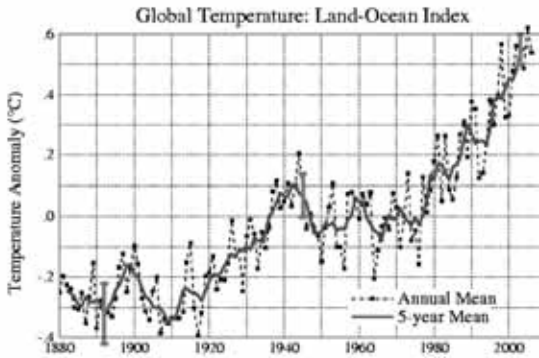


Fig. 2 – Global temperature of the last 120 years

There is no doubt that worldwide emissions have never been reduced since they started, not even during the last 10 years. Actually, they have kept increasing, as usual. Yet no warming has been recorded during the last 10 years or so (see Fig. 3), and this contradicts, once again, the climate conjecture.

In the 90's emerged what has been called the human-induced-global-warming fingerprint: The theory based on the climate conjecture predicts that the troposphere, at about 10 km above the ground at and near the Equator, should warm up more than it does at ground level.

More precisely, the troposphere's temperature pattern should be, according to the theory, the one displayed in Fig. 4. In it, along the x -axis there is the North Pole to the left, the Equator in the middle and the South Pole to the right; the altitude increases along the y -axis. The theory grounded on the climate conjecture predicts, at about 10 km up in the equatorial troposphere, a warming which should be at least twice the warming at the ground level. What the observations have to say on this is shown in Fig. 5, where satellite records prove that at 10

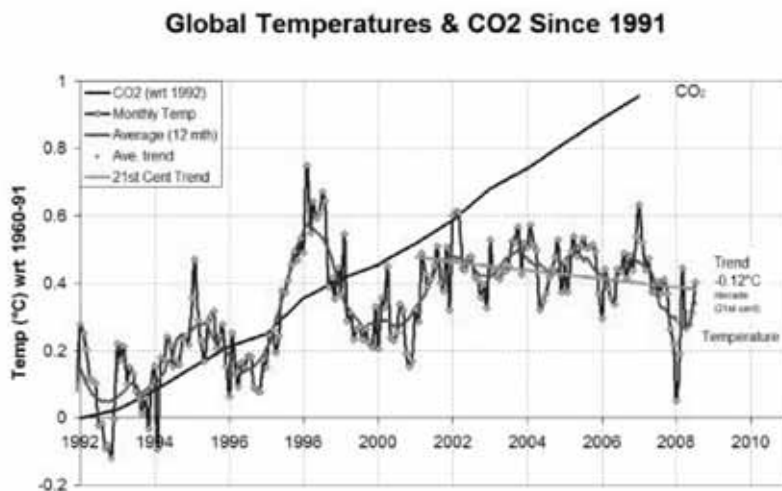


Fig. 3 – Global temperature of the last 10 years

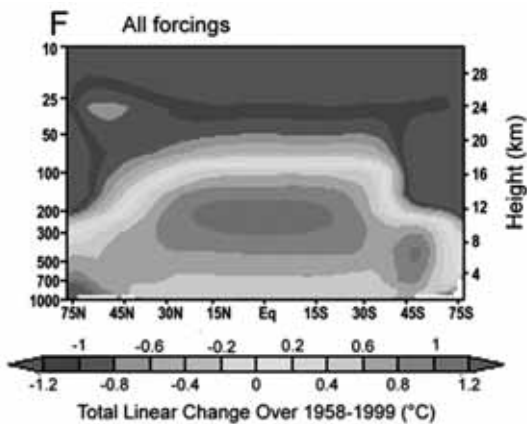


Fig. 4 – Troposphere temperature pattern according to the human-induced global warming conjecture

km up in the equatorial troposphere no increased warming, even less doubled, is observed. Actually, a cooling is observed.

In conclusion, striving to control the climate is a futile engagement because **the climate/human connection conjecture is false**. On top of

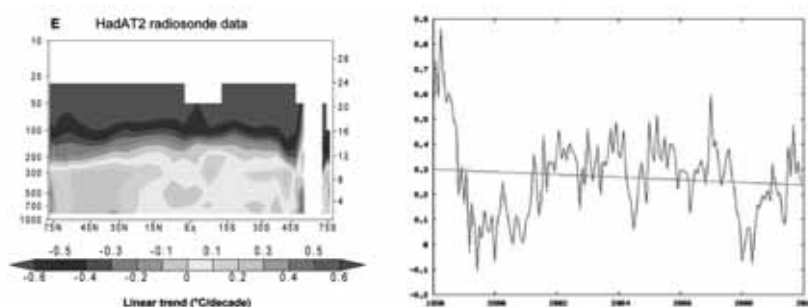


Fig. 5 – Troposphere temperature pattern according to satellite measurements

that, several analyses conclude that the warming the planet has experienced during the last 400 years has had beneficial consequences. However, bad or good as the consequences of a warmer world might be, striving to reduce CO₂ emissions is a futile engagement, because reducing CO₂ emissions is an impossible task.

2. Reducing CO₂ emissions is virtually impossible

The Kyoto Protocol aimed at reducing CO₂ emissions by 6% below the 1990's level by the year 2012. Has this goal been achieved? Not even barely: the emissions are today higher than those of 1990, as Fig. 6 shows, where you can read the world's primary energy consumption from fossil fuels (in million tons equivalent of oil) in 1990 and 2010.

WORLD'S PRIMARY ENERGY CONSUMPTION FROM FOSSIL FUELS (CO₂)

Year	1990	2010
Mteo	7400	9800

Fig. 6 – World's energy consumption from fossil fuels

According to the 20-20-20 energy package, the EU has agreed to reduce CO₂ emissions down to at least 20% below the 1990 level by the year 2020. Is this goal going to be achieved? Just the opposite: the emissions today are actually higher than those of 1990. Fig. 7 shows the numbers.

**EU'S PRIMARY ENERGY CONSUMPTION
FROM FOSSIL FUELS (CO₂)**

Year	1990	2010
Mteo	1380	1400

Fig. 7 – EU’s energy consumption from fossil fuels

You might think that the EU is on the right track to achieve the goal: after all, some reduction has indeed occurred during the last few

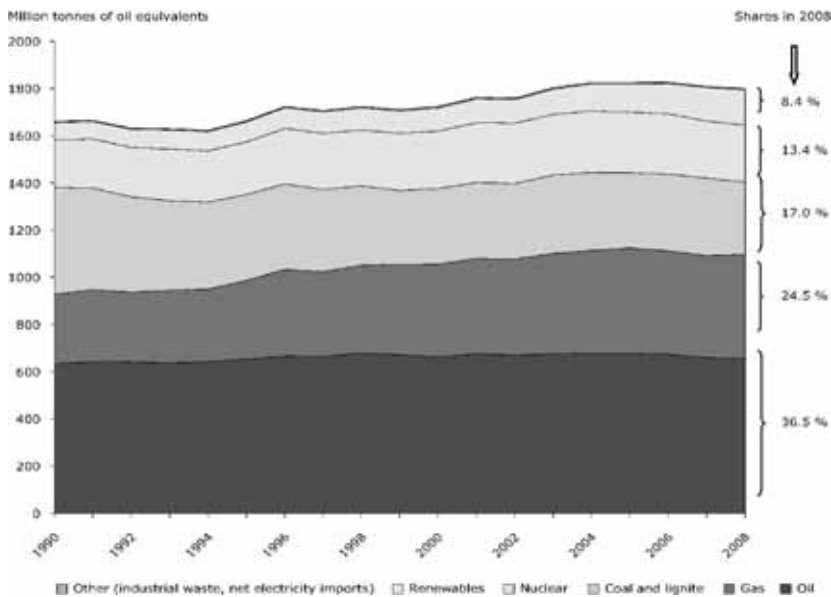


Fig. 8 – EU’s energy consumption since 1990

years (mainly due to the economic crisis). Fig. 8 clarifies the point: nothing worth mentioning has really occurred.

The 20-20-20 EU energy package also says that the renewables contribution to the primary-energy consumption should be 20% by the year 2020. How the EU is doing on this is shown in Fig. 9, where you can see that the renewables contribution to the EU's energy consumption, which was 5% in 1990, is now less than 9%, quite far from the 20% goal.

EU'S PRIMARY ENERGY CONSUMPTION [2010]

Fossil Fuels	79%
Nuclear	12% (100 GW)
Hydro+Biomass+Waste+Geo	6.5%
Wind+Solar	2.2%+0.3%

Fig. 9 – EU's primary-energy-consumption share by fuels

Is the EU doing, at least, any better than the rest of the world? Fig. 10 shows that the renewables contribution to the world's energy consumption, which was 8% in 1990, is now 9%, as much as that of the EU, after all.

WORLD'S PRIMARY ENERGY CONSUMPTION [2010]

Fossil Fuels	85%
Nuclear	6% (300 GW)
Hydro+Biomass+Waste+Geo	8%
Wind+Solar	1%

Fig. 10 – World's primary-energy-consumption share by fuels

The last “20” of the 20-20-20 EU’s energy package refers to energy efficiency, which we shall comment on later. For the time being the pressing question that arises is: Why, in spite of all the commitment that the EU and the entire world have taken during the last 20 years, almost nothing has been achieved? After all, the one in Durban last year has been the COP17, the 17th *Conference of the Parties*: earnest and influential people gathered together 17 times in 17 years, but have really achieved next to nothing. Politicians have argued for 17 years without reaching any agreement on how to find €100 billion to tackle a problem that does not exist. Please keep in mind that: the fact that this year’s COP in Qatar is COP18 means that there have been already 17 failures. So, the question is: Why has there been so much effort with so much failure?

The answer to the question is quite simple: no CO₂ reduction is possible, not the Kyoto’s 6%, even less the EU’s 20%. The proof itself is astonishingly simple. Look again at Fig. 10, to understand why the Kyoto Protocol was an impossible dream. 85% of our energy consumption comes from fossil fuels, i.e., 85% of what we do is done by emitting CO₂: we emit CO₂ even at night while sleeping, because our refrigerators, our heating systems during the winter, our cooling systems during the summer, are at work. Almost all of whatever we do, we do by emitting CO₂. From Fig. 10 you also see that all the nuclear power in the world avoids about 6% of the emissions, i.e., if there were no nuclear plants, our emissions would have been about 6% higher. As Fig. 10 specifies, their total output is 300 GW. To achieve another 6% we could then build about 300 large nuclear reactors, which would require about €1 trillion in capital investment. How many nuclear reactors are under construction worldwide? About 60, one fifth of what is needed. Notice that the economic commitment to reach this goal by means of the nuclear power is 10 times larger than the commitment on which the rulers of the world were unable to reach any agreement in 17 years.

Likewise, the EU’s 20% emission reduction is impossible. Please, look at Fig. 9. There you see that nuclear power avoids about 10% of the EU’s CO₂ emissions, i.e., without nuclear power EU’s CO₂ emissions would be 10% higher. A further 20% reduction would require, at least, 100 new nuclear plants to be installed before 2020. However,

the nuclear plants under construction in EU are just... 2: what is being pursued is a CO₂-emission reduction of not even 0.2%.

As you should have been convinced by now, little CO₂-emission reduction is possible from nuclear power; which, like it or not, would be the most effective way to do so. To make things worse, consider what happens if one tries to achieve the goal without resorting to nuclear power, that is by installing wind and photovoltaic plants. We have already noticed that to produce 300 GW-electric necessary to satisfy the Kyoto Protocol would require a capital investment of €1 trillion for the 300 nuclear reactors needed. To produce 300 GW-electric from wind, wind farms of about 1500 GW capacity would be needed, with an economic burden, in capital investment, not less than €1.5 trillion (not to mention that they would be about 1.5 millions wind towers). Furthermore, to produce 300 GW-electric from solar photovoltaic (PV) technology, there should be installed a PV power of about 3000 GW, with an economic burden, in capital investment, not less than €15 trillion! In case you are wondering why to produce 300 GW we need 1500 GW in wind power and 3000 GW in PV power, the short but sufficient answer is: Because the wind doesn't blow and the sun doesn't shine 24 hours a day.

Now you understand why the 17 COPs have been 17 failures, why COP18 in Qatar, next November, will be the 18-th failure, and why no CO₂-emission reduction has been achieved: **as long as we have fossil fuels available, no reduction is possible**. More precisely: meaningless reduction is presently possible with nuclear power, even less with wind power or, worse, with solar power.

3. Energy, not climate, is the real problem

«As long as we have fossil fuels available», I wrote in the last sentence above. From Fig. 10 we see that 85% of world's energy consumption comes from fossil fuels: almost all we do can be done thanks to fossil fuels. Fig. 11 shows the world's oil yearly production as a function of time [R.J. Brecha et al., *Am. J. Phys.* **75**, 916 (2007) and references therein].

The points show the actual yearly production. The lower continuous curve is the Hubbert curve, drawn assuming a total amount of

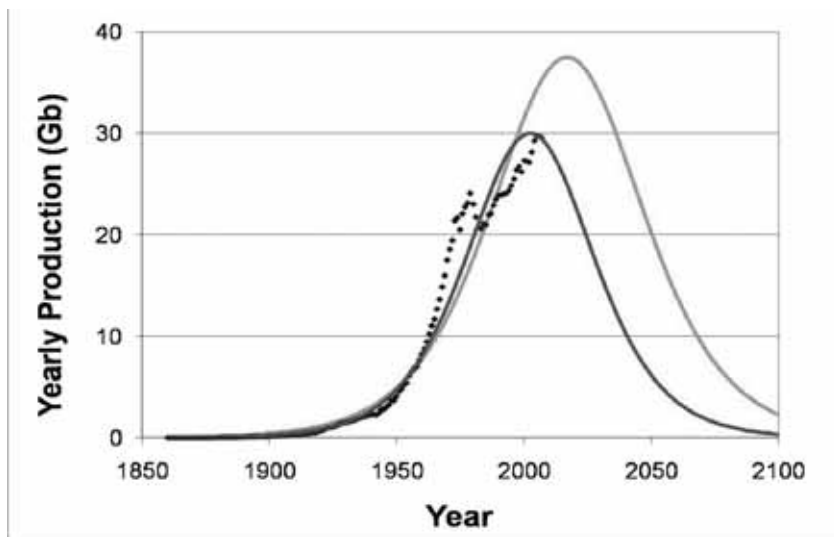


Fig. 11 – Hubbert's peak of oil

oil of about 2 trillion barrels, which is the best estimate available. By the end of the century oil production will be at the 1900 level. But the real problem is not the end of oil: The real problem will occur when Hubbert's curve will be at its maximum – Hubbert's peak – when oil demand starts to be greater than oil production: the geo-political consequences of the circumstance I shall leave to your imagination. As you can see, the world is sitting on top of Hubbert's peak. And, if the best estimate available were wrong and the total amount of oil were about 3 trillion barrels, Hubbert's peak will occur before 20 years from now, as the upper continuous curve shows: you should keep in mind that every billion barrel of oil discovered shifts Hubbert's peak by 6 days. So, either the world, sitting on Hubbert's peak, is late with the actions to be taken to minimize the consequences of the necessarily diminished oil production; or, Hubbert's peak will occur 20 years from now and, by acting now the world will avoid to the next generation the uneasy situation we could be now in case we are, after all, sitting on top of Hubbert's peak.

If you still wonder about how faithful these predictions are, let me tell you two things. First, the oil's Hubbert's peak will occur, simply because our planet is round and finite and not flat and infinite. Second, a peak (not Hubbert's peak) has already occurred for sure. Fig. 12 displays the oil production per year and per person as a function of time [A. Bartlett, *Physics Today* 57(7), 53 (2004)].

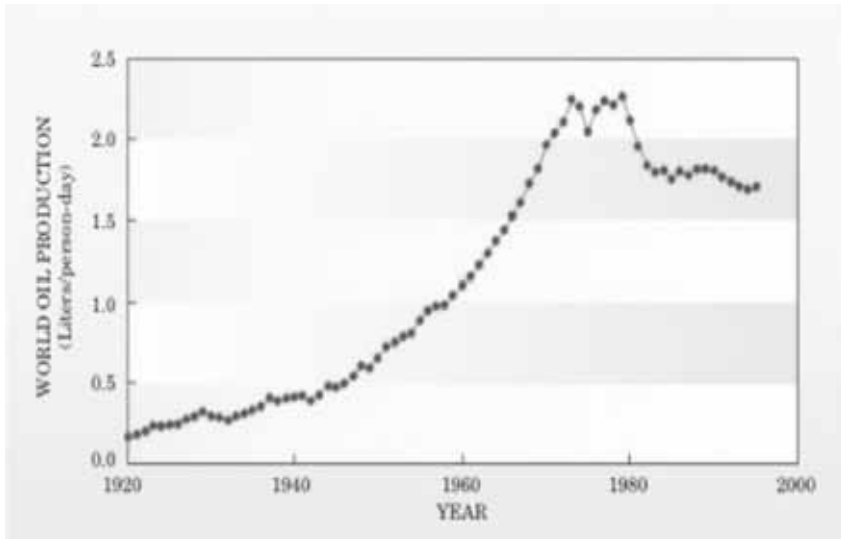


Fig. 12 – Yearly world oil production per person

As you can see, it is since 1980 that the world produces human beings faster than oil: please, keep that in mind. You see, 80% of the cost of what you have on your desk at lunchtime is energy cost, and, as several times noted, almost all energy we use comes from fossil fuels, half of which is oil. Modern agriculture could be defined as the transformation of oil into food: no oil, no food. Succeeding in reducing, even slightly, fossil-fuel consumption, might mean to skip breakfast for the 1 billion people living in the developed countries, but for the 1 billion people starving to death it would mean to die because of starvation.

The fact is that ours is the Oil Age. Seen in the context of the centuries, Hubbert's peak is what is shown in Fig. 13.

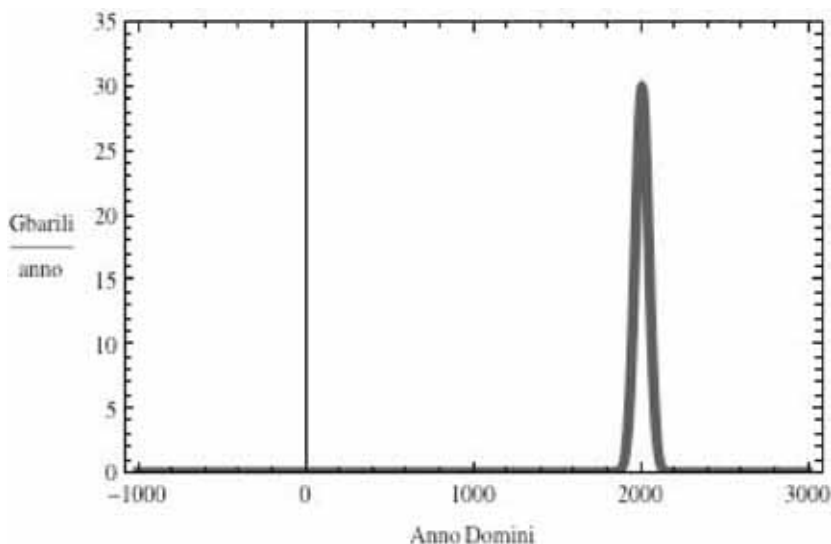


Fig. 13 – The Hubbert's peak of oil

Each civilization has been labeled with a specific symbol by the following civilizations: the Egyptian one with the Pyramids, the Greek and Roman civilizations with the Athens' Acropolis and Coliseum, and so on. Hubbert's peak is most probably the symbol how the future civilizations will label ours.

Ours is the Oil Age or, better, it is the Age of abundant and cheap energy. We should be grateful to God for having allowed us to live in it. For, during the millennia to the left of Hubbert's peak the energy needs of the past civilizations were satisfied by slavery. You should keep in mind that at the time of the Egyptian, Greek or Roman civilizations, 90% of the population was kept in slavery. Which is not a today's taboo of a thousand-years-ago habit: you should not forget that *Gone with the wind* was taking place, in America, just 150 years ago, when there were 4 million slaves within a population of 30 million ci-

tizens. Like it or not, you should realize that slavery became a taboo not because of socialist fights, but because of the invention of thermal and electric engines and devices.

What was that supplied the energy needs of the past civilizations from the Stone Age for all the millennia up to the beginning of the Oil Age, i.e., to the left of Hubbert's peak? It was solar energy, 100% solar energy, i.e., wood and slavery. Look now again at Fig. 10, which shows that today the solar-energy contribution (hydropower, biomass, wind and direct solar) to the world energy consumption is less than 9%. You see, then, that **solar energy is the energy of the past: 100% for millennia until a couple of centuries ago, less than 9% today.**

The question then arises of whether solar energy could be the energy of the future, the energy that will feed the needs of the civilizations prospering (hopefully) to the right of Hubbert's peak. The answer is no. And it is so for technical reasons: no matter how deep goes our research and how advanced gets our technology, we cannot ask the sun when to shine or the winds when to blow. All this shall soon be clarified. Before that, let me comment on one point. The fuel of past civilization, for several millennia, has been the sun, 100% sun energy. During all those millennia when the energy needs of all civilizations have been satisfied for 100% by sun energy, the world population has been below half billion people. We are now 7 billion. **For sun energy to be the energy fuel of the civilizations prospering (hopefully) to the right of Hubbert's peak, at least 6 billions of us has to die.** You start to see, now, to where the EU's energy policy is heading.

4. Wind and photovoltaic technologies are a fraud

Apart from fossil-fuel, nuclear, geothermal, and urban-waste energy, everything else is solar energy: hydropower, biomass, wind and direct solar are, all, solar energy. As has already been stressed, the fuel that satisfied the energy needs of past civilizations, since the remotest times until a couple of centuries ago, was 100% solar energy, whereas today's solar-energy contribution is less than a tiny 9%: solar energy is the energy of the past. Solar-energy technologies, however, do not contribute with similar share. Quite the contrary: of those 9 points, 8 are due to hydropower (to biomass, in poor countries; i.e., wood, is

the major solar contribution in those countries, and it is so for the same reason for which wood was the leading fuel of the past civilizations for millennia).

Actually there are countries – such as Norway or Paraguay – where hydropower provides 100% of their electricity needs. Modern technologies – wind power and photovoltaic (PV) technology – are, everywhere, irrelevant. Wind power and PV contributions to the world energy needs are, respectively, less than 1% and less than 0.01% (see Fig. 10). Even in countries that have strongly committed themselves to these technologies, the contribution from them is nothing worthwhile to mention, in comparison with the effort taken. In Fig. 9 you can see the contribution of these technologies to the primary energy needs in the EU countries: 2.2% from wind and 0.3% from photovoltaic technologies. However, it is electric energy that these technologies produce, and to be fair it is with electric production (rather than with primary energy) that comparison should be made. You may read this comparison in Fig. 14: Wind and PV contribution to the EU's *electric* needs is about 5%, of which 90% from wind and 10% from PV technologies.

Germany is the country most committed to wind and PV technologies. In 2010 its installed wind capacity was about 27 GW (more than 25000 wind towers!), whereas its installed nuclear capacity was about 17 GW. And 17 GW was also its installed PV capacity: in practice,

EU'S ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION [2010]

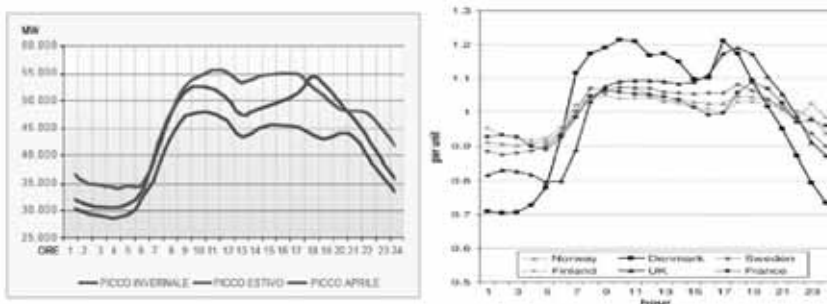
Fossil Fuels	51%
Nuclear	27% (100 GW)
Hydro	12%
Biomass+Waste+Geo	5%
Wind+Solar	4.4%+0.6%

Fig. 14 – EU's electric-energy-consumption share by fuels

half of PV modules of the world are in Germany. However, whereas in 2010 nuclear power contributed 23% to the German electricity demand, wind contributed 6% and PV 2%. The capital investment of those wind and PV plants has certainly been higher than €100 billions: with that money Germany could have installed 30 GW in new nuclear plants that could have provided not 8% but 40% of its electric needs.

If I gave you the impression that the problem with wind and PV technologies is that they are very expensive, I was wrong. They are very expensive indeed, but this is not their problem. It is a problem – a fantastic problem, as a matter of fact – but it is not their real problem. To understand what their real problem is, you have to understand how we make use of energy and, in particular, how electric energy works.

Energy is a good that you have to have available exactly when required; otherwise it is useless. This is why, among renewables, hydropower and biomass take the lion share: energy is stored in a log of wood, ready to be burned at will; and energy is stored behind a dam in the water, ready to make it fall on the turbines at will. On top of that, electric energy has to be produced as demanded and has to be used as produced: a slight unbalance will cause blackouts. For, we don't know how to store electric energy. And there are fundamental reasons of physics why we don't know that. I don't want to go into technicalities, but this is the reason why we don't have electric cars.



Figs. 15 – Electric power-load curves of Italy and of a few European countries

To fully understand the problem without too many technicalities, we have to consider the daily electricity demand. It is shown in Fig. 15 for Italy and for a few other countries. On the x axis of both figures you can read the hours of the day, on the y axis the power demanded: for Italy, it is shown the actual power, in MW; for other countries, the power of each country has been renormalized to its average demand, so to make a sensible comparison between the countries. The point of showing both figures is that the general pattern of these load curves is the same for all. 1) The electricity demand never goes to zero: Italy, for instance, demands at least 30 GW 24 hours a day, which is Italy's base load. As you see from Fig. 15, the base load of each country is at least 70% of its average electric-power demand. 2) There are hours of the day when the load reaches a peak, typically around 10 AM and around 7 PM.

To produce electricity according to the load curve (and it has to be so produced, otherwise the system suffers blackouts), each country may use, at will, any conventional technology (hydropower, coal, natural gas, nuclear). There are countries that use 100% hydropower (Norway, for instance), and there are countries that prefer nuclear (for instance, from nuclear power France produces 80% of its electricity consumption). However, apart from those exceptions, in general, each country has its own mix, which depends on several factors, mainly technical, but also political. It is the favorable orography and its limited population that allows Norway to use hydropower for 100% of its needs. And it is thanks to the abundant availability of coal in Germany that it is coal that provides about 50% of Germany's electricity needs. And are obvious the reasons why Saudi Arabia produces its electricity, fifty-fifty, from oil and natural gas.

Could wind and photovoltaic (PV) technology take any part in this share? Unfortunately no. Could they give any contribution to the base load (which is, by the way, at least 70% of the average demand)? Certainly not the PV technology: the base load is, by definition, the load required 24 hours a day, and the sun does not shine for half of that time. Could they give any contribution to the peak load? Again, certainly not the PV technology: one of the peaks occurs at around 7 PM, when it is dark. Well, PV modules may contribute when the sun shines, you would say. It is not so. For, in very cloudy days PV plants produce no power.

Just the same it is with wind: the electric system cannot rely on wind, which blows at its will, not ours.

The bottom line is that the electric system has to have as many conventional plants as the peak load requires. Differently said, no matter how many gigawatts you install in wind towers or PV roofs, you cannot shutdown a single watt of conventional power. You may shutdown a 1-GW nuclear reactor and put a 1-GW coal plant into operation; you may shutdown a 1-GW coal plant and put a 1-GW hydropower plant into operation (orography allowing), but you cannot install wind turbines or PV roofs for 1, 10, 100 GW and shutdown a single conventional watt.

Germany is an example for all of us. It has installed 44 GW in wind and PV power: has it, because of that, shutdown a single coal plant? No. Or did it shutdown a single nuclear plant? Actually, just the opposite: a few weeks before the 2011 earthquake in Japan, Mrs. Merkel's government had approved a life extension for several nuclear plants. Quite peculiar for a country that had spent more than €100 billions in 44 GW of "green" power. Since the Fukushima events, Mrs. Merkel, having changed her mind, has closed one third of Germany's nuclear plants, but those "green" 44 GW have been of no help: the price Germany is paying for the missing nuclear plants is that it has both increased electricity production from inland coal and imported natural gas and decreased its electric-energy export/import balance.

You see, now, that wind and PV technologies are useless: their contribution to the load curve is virtually zero. It's not a matter of costs: if the wind tower and the PV modules were free, they would be as much useless. Simply, they do not fit within the electric system. If the roofs of the European houses were all covered, by some magic, by photovoltaic modules, we would still need all the conventional plant we have now.

Allow me a metaphor. For your transportation needs it is pretty enough for you to have a car (unless you need to go overseas). Would you change your car for a bicycle? No, you wouldn't go too far. Yet, you do have a bike. Why? Because, given that a bike costs 100 times less than a car, there are occasions when the bike can do the job and you save money on gasoline. Would you have a bike if its cost were 10

times more than that of a car? I doubt. Perhaps you would, even up to the point of buying a bike instead of a car, if the bike were a reliable substitute for the car, but this is not the case. It is just the same with those “green” plants: they are, mostly, useless, even if they were free. On top of that, far from being free, they are even 40 times more expensive than conventional plants.

You now should agree with me that the only function they provide is to save on conventional fuel. Exactly as the bicycle has the merit of avoiding you to burn gasoline, the only merit wind and PV plants have is to make you saving on fossil fuels when the wind blows or the sun shines. A saving that, as I shall soon show you, has nothing to do with future-generations needs.

And here we come at the heart of our discussion: when, being to the right of Hubbert’s bell, there won’t be any fossil fuel to save, those “green” plants, having lost their only function of saving fossil fuels, will then be totally useless. This is why solar energy cannot power the world in the future. And you better don’t bet on research and technology developments: **no research, no technology advancement will ever make the sun shine or the winds blow differently than how they do.**

5. Energy saving, energy efficiency, and creating jobs

There is a lot of misunderstanding about energy saving and energy efficiency. For instance, we concluded last section by proving that the only purpose of producing electricity from wind and PV plants is to save on conventional fuel. But this is *not* energy saving. And, if you insist that this is energy saving, then I can show you that energy saving is a futile engagement.

If energy saving were oil saving, why should we save on oil? Perhaps, because it is our duty to give the future generations development opportunities similar to those have been granted to our generation. It was not me who made up such a good reason to save on oil, but somebody much cleverer than me, who even gave a name to the reason: *sustainable development*. *Développement durable*, to word it in French. Let’s do the math, though, and compute what might the benefits be, on future generations, from our oil saving, which we would do because otherwise oil will come to an end in less than 100 years. How much

savings? To settle things once and for all, let's assume that the EU saves 100% of the oil it consumes: let's say that starting from tomorrow European countries store somewhere, in a safe place, the whole oil they would have otherwise used. When, 100 years from now, the oil of the world will be gone and the European countries will open their oil repositories, given that EU's countries use less than 20% of world's oil, the one so carefully saved for 100 years will be gone in less than 20 years. The saving considered – 100%, quite draconian a choice – would affect no future generation. Even less it would any more realistic saving. Say the entire world were able to engage into a 10% oil saving. Which is quite a lot, at least twice as much as required by the Kyoto Protocol, which the world was unable to satisfy. Yet, the end of oil will come in 110 years rather than in 100 years. Once again, no future generation will be affected whatsoever.

The point is this: **it is futile to save a finite good**. I save on my monthly income to get along till the end of the month and because I know I'll get another check next month. If the one of this month were my last check, saving money or not would mean to choose to be broken by the 4th of next month rather than by the 30th of this month. If not the finite or the infinite ones, what are, then, the resources worth to save? They are those resources whose amount is infinite but whose availability is finite. Pretty much like my income: it is infinite in the sense that to me, holding a tenure position, the income is guaranteed during my whole life; its availability is finite because it is given to me quantized in monthly checks. Saving on oil is therefore meaningless, not less than such extravagant a concept as *sustainable development*.

Well, you might say, perhaps the reason why we should save on oil is because oil costs money and, after all, to save energy means to save money. I like this one: indeed, the only sensible reason to save energy is because energy, in the form that is useful to us, doesn't come upon us for free, and we save energy because we need to save money. Germany has spent at least €80 billions in installing 17 GW of PV plants whose electric production (12 billions kWh in 2010) has allowed them to save €840 millions in one year (the electric kWh is quoted about €0.07 on the stock market). I'm not an economist, so you tell me whether Germany has *saved* any money. Assuming no efficiency re-

duction, no maintenance costs and a (very long) life of 30 years for the PV modules, Germany will have saved €25 billions in 30 years, having spent €80 billions today.

The only rationale for saving energy is to save money. Apparently, however, the green economy achieves everything but saving money. Actually, it pretty well succeeds in wasting huge amounts of taxpayers' money.

Some people mistakenly identify energy saving with not wasting it. Wasting energy means to burn fuel when not needed, an occurrence too trivially contemptible to worth mentioning, and saving energy cannot be such a trivial proposal, given that it seems to be at the center of the political agendas of the rulers of the world. No, saving energy cannot mean to avoid using it when not needed, rather must mean to avoid using it when needed. But this is exactly what makes us poorer. As said, whatever we do, is done by using energy, i.e., nowadays, by burning fossil fuels. To ask us to spare on energy use means to ask us to accept to be poorer and lower our well-being. It means to lose jobs and to take back the path toward slavery. **Saving energy is the most dangerous maneuver we could ever make.** To appreciate this statement, please look at Fig. 16, where you can see how economic wealth is correlated with energy use.

Some people mistakenly identify energy saving with energy efficiency. EU's rulers do. It is not clear what they mean. Our energy production and energy consumption devices are already quite efficient, very close to their upper bound limit. An *ideal* thermal engine that works between a source 1000 K and a sink at 300 K, has a 70% efficiency, but *ideal* engines do not exist. A less idealistic, yet *theoretical*, thermal engine that works between those temperatures has a 55% efficiency, but *theoretical* engines do not exist either. Our thermal engines are 45% efficient, pretty close to the theoretical limit: we can hardly go any further; we cannot go against the laws of physics. We could still make a slight improvement, but nothing to get excited about, nothing which to build an energy policy on. People interested into energy policy like to define the energy efficiency of a country as the ratio between the gross domestic product and the primary energy consumption, so that energy efficiency sounds as "getting more with less energy". All this is fine, and I do promote energy efficiency.

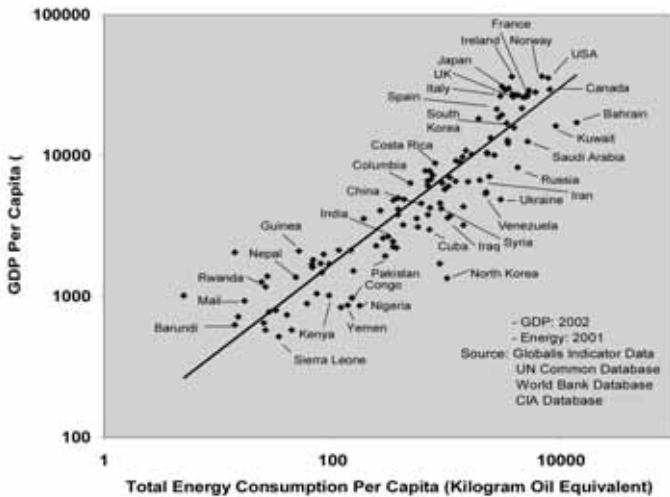


Fig. 16 - Economic wealth is highly correlated with energy use

However – and this is my point on the matter – I’m aware, and you, too, better be aware, that as good as energy efficiency might be, it worsens our real problem, which is Hubbert’s curve, displayed in Fig. 11. It is not hard to see why.

Whenever a good is available with an increased efficiency, the use of it increases, too. Since we have had a very efficient system of sending and receiving letters – the email service – we all receive and send a larger number of letters than we used to in the past. Since we have had a very efficient system to make phone calls – the cell-phone technology – we all make and receive more phone calls than we used to in the past. Just the same is with energy: once we have been able to manufacture very efficient refrigerators, we started putting a deep-freezer next to them. And if cars were today still as efficient as those of 100 years ago, almost nobody would have a car, and a lot of oil would have been saved. The bottom line is that a higher efficiency in energy production or energy consumption is an excellent goal to pursue but, inevitably, will have the consequence of increasing the energy demand. We can see from facts that this is so: during the last 15 years, developed countries have improved their energy efficiency at a 1.3% per

year rate, but in spite of that those countries, during the same period, have increased their energy consumption at a 1.7% per year rate. Not *in spite* of that, but *because* of that, we should better say. Please, be aware of this: energy efficiency will shift Hubbert's peak to the left, i.e., will make worse our real problem. Yet, I wish to stress it here, energy efficiency is a lovely goal to pursue. For, by wisely increasing our energy consumption we increase our well-being.

A quick comment on creating jobs is due. The urban myth is that those green-economy plants create jobs. First of all, you should realize that **it is not by producing energy but by consuming energy that jobs are created**. Otherwise it would be easy: just provide a bicycle to a million unemployed asking them to pedal, thereby producing electric energy. It doesn't work this way. Second, dreaming of creating jobs committing ourselves into technologies that we have proved to be useless is like dreaming of creating jobs asking people to dig graves during daytime and to fill them up again at night. It doesn't work this way, either: those people might have an income, but society would hardly get wealthier.

6. What to do?

I will answer the question limiting myself to the electric energy sector, and have chosen to do so for two good reasons: 1) it is an important sector of our energy budget: about 40% today, but possibly and hopefully growing in the future; 2) it is this sector where the EU's energy policy is making the greatest disaster, by promoting all those totally useless and tremendously expensive wind farms and photovoltaic roofs.

The answer to the question can be given by looking at Figs. 15, 17 and 18. Fig. 17 shows the capital investment for a plant producing 1 GW electric, whereas Fig. 18 shows the relation among fuel's prices.

PLANT'S COST TO PRODUCE 1 GW ELECTRIC

Natural Gas	1 G€
Coal	2 G€
Nuclear	3 G€
Wind	5 G€
Photovoltaic	50 G€

Fig. 17 – Plant's cost to produce 1 GW electric

RELATION AMONG FUEL'S PRICES

Natural Gas > Coal > Uranium

Fig. 18 – Relation among fuel's prices

The rules to follow for a wise energy policy then are:

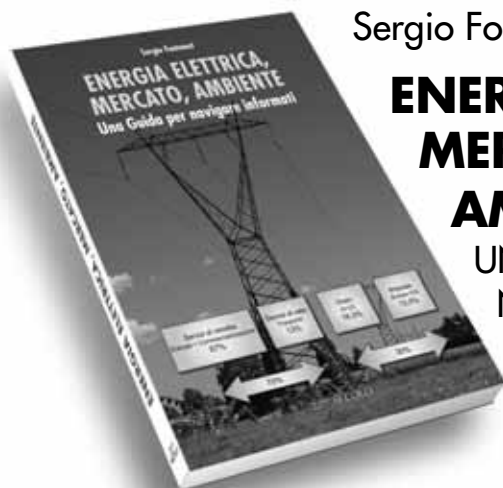
1. Stop installing wind farms and PV roofs. As seen, they provide zero capacity to the electric system. On top of that, their intermittency creates undesirable stability problems. Economically, they are of no help because the conventional utilities must be there anyway, ready to go into operation whenever the wind stops to blow or the sun stops to shine, a circumstance that requires us to pay anyway for those conventional utilities, even when they do not produce, if we want them to be there for us. From all the above, we can conclude that wind farms and PV roofs should not be installed even if they were free. However, this is not exactly what they are, as Fig. 17 shows.
2. Install as much hydropower plants as the local orography allows. Hydropower is the only meaningful renewable-energy technology.

3. Install as many nuclear plants as necessary to cover the base load. Nuclear plants are the most expensive conventional plants. However, they burn the cheapest fuel, whose availability is for thousand years. Also, the technology requires them to work continuously, which is what the base load requires, a circumstance that allows the quickest returns for the plant investments. For instance, a 1.2-GW nuclear reactor costs about 3 G€ and produces about 1 GW electric. During its 60-years life, it will have produced about 60 GW-year of electric energy, amounting to more than 500 TWh. At a price of 7 c€/kWh, this means revenues in 60 years of about €40 billions against the initial investment of €3 billions (it is worthwhile to mention at this point that less than 15% of the nuclear kWh's production costs are fuel's costs). The base load is, for each country, about 70% of the average consumption (Fig. 15). For instance, Italy's electric consumption amounts to 40 GW, and Italy's base load is indeed 30 GW. Italy, then, should have about 30 GW nuclear, i.e., about 30 nuclear reactors. As for EU, its electric consumption amounts to about 380 GW: it should have not less than 250 GW nuclear, whereas its electric production from nuclear is about 100 GW. Therefore, the EU should plan to install about 150 nuclear reactors (30 of them, as said, should be in Italy). By the way, by doing that, the aimed 20%-CO₂-emission reduction would be achieved.
4. Install coal plants to cover the regular load above the base load. Coal is an abundant resource, easy to transport. Coal plants are not as expensive as nuclear ones and coal is cheaper than natural gas. Nuclear and coal should provide, respectively, 50% and 30% of the electric-energy needs.
5. Devote natural gas only to supply the peak load. Gas plants (together with hydropower plants) are easy to be put quickly into operation and because of this very well fit the electric demand at the load's peak. The relative low cost of the plants and the relative high cost of the fuel makes gas plants best suitable to work, together with hydropower plants, as a "cold-reserve" for the exceptional peak demand. Not only natural gas is a costly fuel, but it is

also a precious resource, which would be better to reserve for transportation uses. For a similar reason, oil should not be burned to produce electricity: it is a costly and precious resource, of which the petrochemical industry knows how to make a better use.

7. Conclusions

In conclusion, **the ideal energy mix for electric production would be: 50% from nuclear, 30% from coal, 15% from hydropower and 5% from gas.** The 2010 EU's electric-energy mix is shown in Fig. 15, where the fossil-fuel contribution is 30% from coal and 20% from natural gas. A wise policy would be to reduce natural gas in favor of nuclear. The real policy being pursued has been 1) to waste huge amount of money into the useless green-economy plants, in the futile attempt of ruling the climate, and 2) to irresponsibly slow down on nuclear, with the inevitable consequence of increasing the use of natural gas. By pursuing such a policy EU's leaders are digging our grave.



Sergio Fontanot

ENERGIA ELETTRICA, MERCATO, AMBIENTE

UNA GUIDA PER
NAVIGARE INFORMATI

pagg. 216, Euro 20,00
ISBN: 978-88-87731-50-7

INDICE

PRESENTAZIONE di Alessandro
Ortis

PRESENTAZIONE
DELL'AUTORE

Capitolo primo - RICHIAMO AI
CONCETTI DI ENERGIA E
POTENZA

Capitolo secondo- DALLE FONTI
ENERGETICHE PRIMARIE
ALLA PRODUZIONE
ELETTRICA INDUSTRIALE

Capitolo terzo - IMPIANTI DI
GENERAZIONE ELETTRICA
INDUSTRIALE

Capitolo quarto - TRASPORTO
DELL'ENERGIA ELETTRICA

Capitolo quinto - SVILUPPO
DELLA PRODUZIONE-
TRASPORTO DELL'ENERGIA
ELETTRICA

Capitolo sesto - VERSO IL
MERCATO

Capitolo settimo - IL MERCATO
ELETTRICO ITALIANO -
REGOLE TARIFFARIE E
ARCHITETTURA 2012



Autori vari

BUFALE NUCLEARI

**DOPO FUKUSHIMA,
LE RISPOSTE ALLE DOMANDE
PIU' FREQUENTI
SULL'ENERGIA NUCLEARE**

pagg. 92, Euro 15,00

ISBN: 978-88-87731-49-4

INDICE

L'Italia e la scelta nucleare

Bufala n. 1 – Gli italiani hanno detto no al nucleare

Bufala n. 3 – Non servono nuove centrali elettriche

Il nucleare nel mondo

Bufala n. 5 – Molti paesi sono già usciti dal nucleare

Bufala n. 6 – Il nucleare è stato abbandonato

La tecnologia nucleare

Bufala n. 8 – Gli impianti di III generazione sono obsoleti

Il nucleare incentivato

Nucleare e fonti rinnovabili

Bufala n. 17 – Il nucleare penalizza le rinnovabili

Bufala n. 18 – Meglio investire sulle rinnovabili

L'economia del nucleare

Bufala n. 20 – Gli impianti nucleari costano troppo

Il nucleare e l'ambiente

Bufala n. 26 – Non si sa dove mettere i rifiuti radioattivi

Bufala n. 27 – In Germania le scorie nucleari contaminano l'ambiente

La radioattività

Il nucleare e la salute

Bufala n. 31 – Le centrali nucleari causano la leucemia

Incidenti nucleari

Bufala n. 32 – Sei incidenti nucleari in tre anni

Il disastro di Chernobyl

Bufala n. 36 – Le “vere” conseguenze di Chernobyl

Il disastro di Fukushima

Bufala n. 37 – Le vittime di Fukushima

Bufala n. 41 – Fukushima dimostra che i reattori non sono sicuri

**Reattori nucleari di potenza nel mondo e fabbisogno di Uranio –
Marzo 2012**



Autori vari

L'ATOMO A SCUOLA:

**L'UTILIZZO PACIFICO
DELL'ENERGIA NUCLEARE,
DAI PRINCIPI BASE
ALLA RICERCA
TECNOLOGICA**

pagg. 304, Euro 25,00

ISBN: 978-88-87731-48-4

INDICE

PRESENTAZIONE – Carlo
Bernardini

INTRODUZIONE

LA FISSIONE NUCLEARE:
PRINCIPI BASE – Carlo Artioli

I REATTORI A FISSIONE:
PRINCIPI BASE – Federico
Rocchi

I REATTORI A FISSIONE:
STATO TECNOLOGICO
ATTUALE – Monica Frogheri

I REATTORI A FISSIONE:
PROSPETTIVE FUTURE – Silvia
De Grandis

LA FUSIONE NUCLEARE:
STATO TECNOLOGICO
ATTUALE E PROSPETTIVE
FUTURE – Italo Ricipito

LA SICUREZZA DEGLI
IMPIANTI NUCLEARI – Stefano
Monti

LE SCORIE NUCLEARI:
PROBLEMATICHE E
SOLUZIONI – Francesco Troiani,
Riccardo Levizzari

LA SALUTE DELL'UOMO E LA
PROTEZIONE
DELL'AMBIENTE – Nadia
Cherubini, Alessandro Dodaro

LA SICUREZZA SISMICA
NEGLI IMPIANTI NUCLEARI E
LA LEZIONE DI FUKUSHIMA –
Massimo Forni

IL RISCHIO TERRITORIALE E
LA GESTIONE DELLE
EMERGENZE – Andrea Fiduccia

M. Dolce - A. Martelli - G. Panza



Proteggersi dal terremoto:

le moderne tecnologie
e metodologie e la nuova
normativa sismica

seconda edizione

336 pagine Euro 20,00
ISBN 88-87731-28-4

Nozioni di sismologia - Il terremoto e le sue cause - Le onde sismiche - Misure dell'entità dei terremoti - Altri eventi catastrofici innescati dai terremoti

Cenni sul moto sismico delle strutture - Equazioni dell'equilibrio dinamico - Equilibrio statico - Equilibrio dinamico in presenza del terremoto - Spettri di risposta definiti dalla nuova normativa sismica

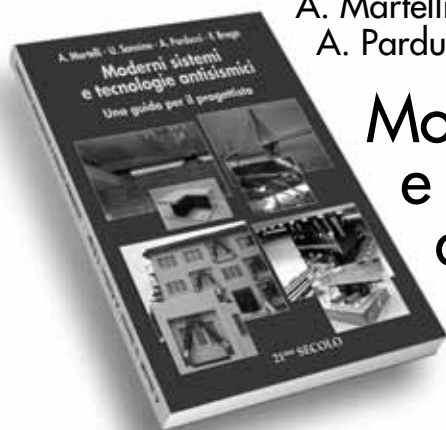
Previsione dei terremoti e scenari deterministici del moto del suolo - La previsione dei terremoti a medio termine spazio-temporale - Il caso Italia - L'algoritmo CN - L'algoritmo M8 - Riconoscimento delle aree ad elevato potenziale sismogenetico - Pericolosità sismica, rischio sismico e prevenzione sismica in Italia - Pericolosità sismica - Vulnerabilità sismica e prevenzione del rischio sismico - Classificazione sismica - L'esperienza passata e gli scenari per il futuro - La precedente normativa sismica per le costruzioni ed i suoi limiti - La nascita delle moderne tecniche di controllo delle vibrazioni sismiche

Caratteristiche delle moderne tecnologie antisismiche - L'isolamento sismico e le sue caratteristiche principali I sistemi dissipativi e loro caratteristiche principali

Progettazione delle strutture isolate o dotate di sistemi dissipativi in base alla nuova normativa sismica - Approccio prestazionale - Definizione delle azioni di progetto - Moderne tecnologie antisismiche

L'applicazione delle moderne tecnologie antisismiche in Italia e nel mondo - Le collaborazioni nazionali ed internazionali - Le prime applicazioni italiane ai ponti, ai viadotti e agli edifici - Le difficoltà riscontrate in Italia fino al 2003 - Le nuove applicazioni italiane

APPENDICI - Il maremoto - Effetti di sito? Sì, ma con molta attenzione - Abachi per la rapida determinazione dei principali parametri di comportamento di una struttura con isolamento sismico - Esempio di applicazione dell'isolamento sismico ad un edificio - Il collaudo degli edifici con isolamento sismico



A. Martelli - U. Sannino
A. Parducci - F. Braga

Moderni sistemi e tecnologie antisismici

Una guida per il progettista

352 pagine Euro 20,00
ISBN 978-88-87731-37-8

Prefazione - Francesco Duilio Rossi

Introduzione - Alessandro Martelli
I moderni sistemi antisismici e la loro applicazione

Intervento di apertura - Mauro Dolce

Sistemi antisismici: cenni storici, evoluzione e fondamenti scientifici - Umberto Sannino

Premessa - Cenni storici - Evoluzione - La nuova normativa

Sistemi antisismici: stato dell'arte della ricerca e delle applicazioni - Alessandro Martelli

Giappone - Repubblica Popolare Cinese - Federazione Russa - Stati Uniti d'America - Italia - Taiwan - Altri paesi - Conclusioni

Nuovi orizzonti per un'architettura antisismica - Alberto Parducci

Premessa riguardante la situazione attuale - Limiti del processo progettuale tradizionale - Lo stato del progetto antisismico - Verso un'architettura antisismica - Nuove concezioni per il progetto antisismico

Applicazioni delle tecnologie antisismiche: Normativa (italiana, della UE ed internazionale) e progettazione - Franco Braga

Sistemi di isolamento sismico innovativi prodotti dalla Società ALGA - Agostino Marioni

Riferimenti normativi - Strategie antisismiche e tipologie di dispositivi - Isolatori - Isolatori a pendolo scorrevole - Procedimento di calcolo e verifica

Sviluppo ed applicazioni delle tecniche antisismiche presso la società TIS SpA di Roma - Roberto Marnetto

Conoscenza degli aspetti di interazione - Esempificazioni - Il sistema CAM per il rinforzo delle murature

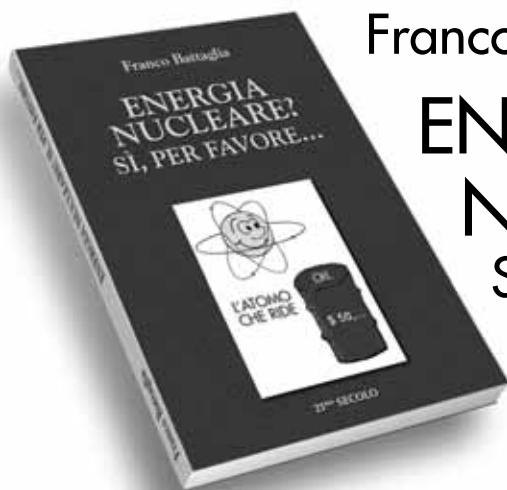
Tecnologie costruttive e funzionamento dei sistemi antisismici innovativi - Samuele Infanti e Maria Gabriella Castellano

Isolatori elastomerici - Isolatori elastomerici con nucleo in piombo - Isolatori a scorrimento su superficie concava - Dissipatori viscosi - Dissipatori viscosi ricentranti - Dissipatori isteretici in acciaio - Dissipatori viscoelastici elastomerici - Dispositivi in lega a memoria di forma - Dispositivi di vincolo dinamico

THK: isolatori sismici a ricircolo di sfere d'acciaio - Roberto Toniolo

Cenni su THK - Introduzione - Caratteristiche tecniche e costruttive - Esempi d'isolamento sismico e funzionalità applicative

Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale - Laura Moro



Franco Battaglia

ENERGIA NUCLEARE? SÌ, PER FAVORE...

208 pagine Euro 15,00
ISBN 978-88-87731-45-3

INDICE

PRESENTAZIONE DI ANTONINO
ZICHICHI

PRESENTAZIONE DI RENATO BRUNETTA

PREFAZIONE DI PAOLO FORNACIARI

RINGRAZIAMENTI

INTRODUZIONE

1. ENERGIA E POTENZA

2. ENERGIA ELETTRICA

3. IL NUCLEO NELL'ATOMO

4. IL NUCLEARE NEL MONDO

5. IL COMBUSTIBILE NUCLEARE

6. LA RADIOATTIVITÀ

7. LE SCORIE DEL NUCLEARE

8. I RISCHI DEL NUCLEARE

9. ILLUSIONI E REALTÀ

10. CHE FARE?

APPENDICE 1:

LA NATURA, NON L'ATTIVITÀ
DELL'UOMO, GOVERNA IL CLIMA

APPENDICE 2:

LE SORPRESE DELLA SCIENZA – DI
LUIGI PIRANDELLO



Franco Battaglia

L'ILLUSIONE DELL'ENERGIA DAL SOLE

160 pagine Euro 15,00
ISBN 978-88-87731-34-7

Presentazione di Silvio Berlusconi

Prefazione di Renato Angelo Ricci

1. L'energia
2. La potenza
3. Il sole
4. Trasformazione dell'energia solare
5. Quella dal sole è l'energia del passato
6. Energia idroelettrica e legna da ardere
7. Energia eolica
8. Elettricità dal sole: il solare termoelettrico
9. Elettricità dal sole: il solare fotovoltaico
10. Calore dal sole
11. Biocarburanti
12. Che fare?

Appendice – Lettera aperta dell'Associazione Galileo
2001 al Presidente della Repubblica.

Postfazione



Uberto Crescenti - Luigi Mariani

CAMBIAMENTI CLIMATICI E CONOSCENZA SCIENTIFICA

pagine 112 € 10,00

ISBN 978-88-87731-39-2

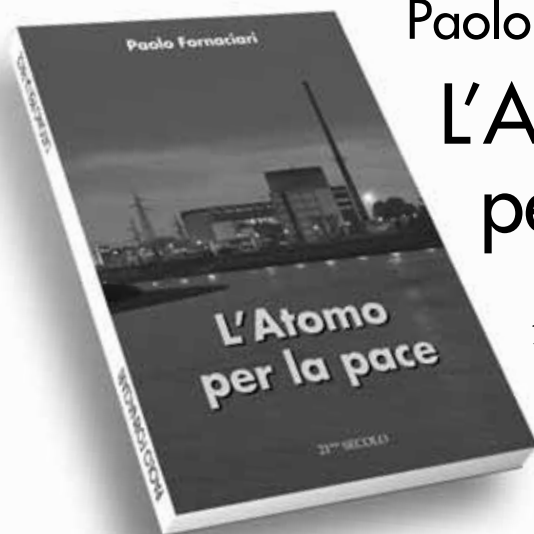
**IL RISCALDAMENTO GLOBALE DEL PIANETA TERRA –
PRESENTAZIONE** – Renato Angelo Ricci

**IL RISCALDAMENTO GLOBALE DEL PIANETA TERRA:
RIFLESSIONI DI UN GEOLOGO** – Uberto Crescenti

- Introduzione – 1. È vero che stiamo assistendo ad un riscaldamento globale dal 1880 ad oggi? –
- 2. È vero che il RG è dovuto all'attività dell'uomo cioè è di origine antropogenica? – 2.1. Il contributo delle scienze geologiche alla valutazione dei cambiamenti climatici – 2.2. Conclusioni –
- 3. È vero che il Protocollo di Kyoto è utile per contrastare il riscaldamento globale? – 3.1. Il Protocollo di Kyoto non ha basi scientifiche ed è un inutile spreco di denaro –
- 4. Conclusioni

**UN COMMENTO AD ALCUNI NOTI SLOGAN SUL
RISCALDAMENTO GLOBALE** – Luigi Mariani

- Ghiacciai – Livello marino – Temperature e ondate di caldo –
- Economia, agricoltura e sicurezza alimentare –
- Cambiamenti climatici – Malattie – Cicloni tropicali e tornado –
- Eventi estremi – Anidride carbonica (CO₂), effetto serra –
- Storia del clima – Sistema climatico – Previsioni climatiche –
- Responsabilità umane e etica in climatologia –
- Millenarismo e profeti di sventura – Precipitazioni estreme –
- Riferimenti bibliografici



Paolo Fornaciari

L'Atomo per la pace

156 pagine

Euro 15,00

ISBN 88-87731-22-5

Indice

Prefazione

Capitolo 1 - Le sfide del terzo millennio

Capitolo 2 - Allarme rosso energia

Capitolo 3 - Più mercato e meno stato

Capitolo 4 - Siamo veramente in troppi sul pianeta?

Capitolo 5 - Ecologia ed economia

Capitolo 6 - Quali alternative?

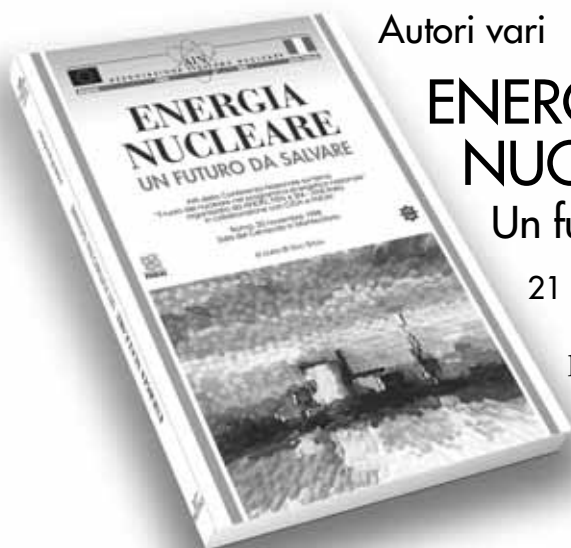
Capitolo 7 - Tanto tuonò che piovve

Capitolo 8 - Il rinascimento nucleare

Capitolo 9 - L'era del petrolio sta per finire?

Capitolo 10 - Sviluppo durevole e solidale

Sono disponibili i volumi degli Atti delle Giornate di Studio
dell'Associazione Italiana Nucleare



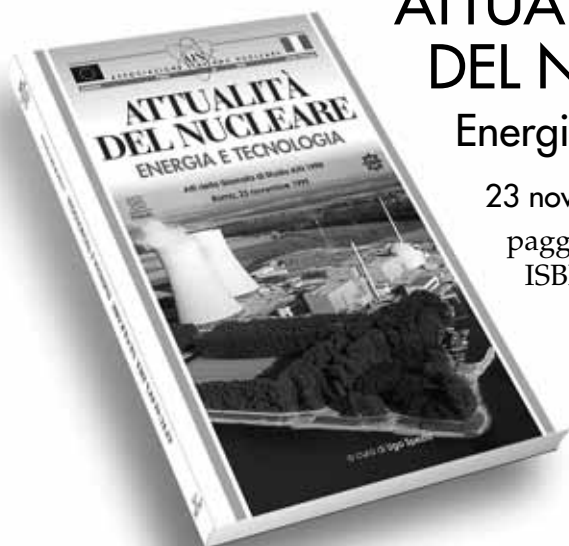
Autori vari

ENERGIA NUCLEARE

Un futuro da salvare

21 novembre 1998

pagg. 176 Euro 12,91
ISBN 88-87731-00-4



Autori vari

ATTUALITÀ DEL NUCLEARE

Energia e tecnologia

23 novembre 1999

pagg. 192 Euro 12,91
ISBN 88-87731-09-8

Autori vari

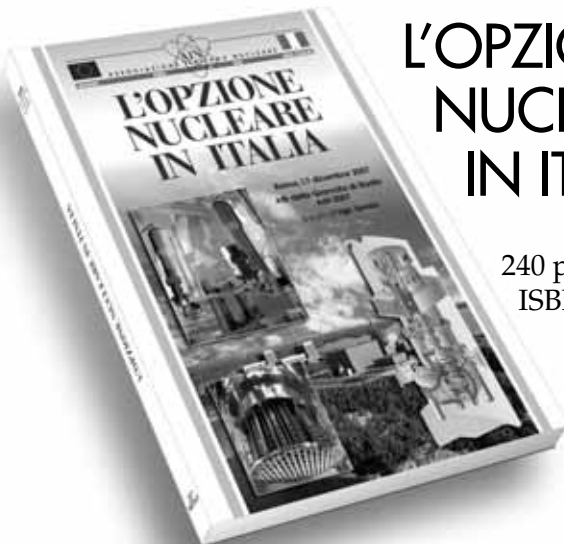
ORIZZONTI DELLA TECNOLOGIA NUCLEARE IN ITALIA



192 pagine Euro 15,00
ISBN 88-87731-26-8

Autori vari

L'OPZIONE NUCLEARE IN ITALIA



240 pagine Euro 15,00
ISBN 88-87731-40-8

due volumi sulla storia del nucleare in Italia

Ugo Spezia

ITALIA NUCLEARE

432 pagine Euro 25,00

ISBN 978-88-87731-43-9



Paolo Fornaciari

IL PETROLIO, L'ATOMO E IL METANO

Italia nucleare
1946-1997

Dallo sviluppo
a una irragionevole rinuncia

pagg. 352,
in broccura € 15,49

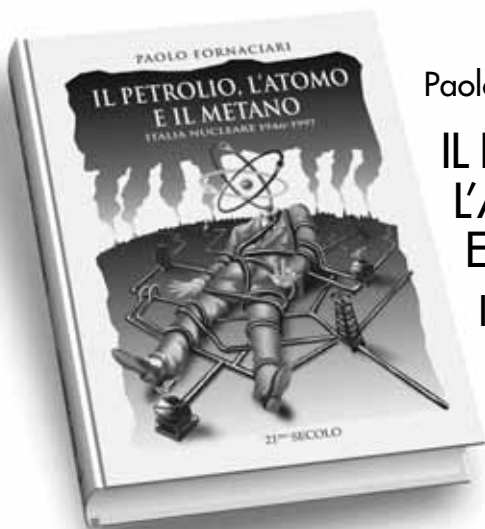
ISBN 88-87731-05-5



Offerta speciale:

I quattro volumi degli Atti delle giornate di studio AIN e i due volumi sulla storia del nucleare al prezzo totale di 70,00 euro invece di 96,31 (spese postali a carico dell'editore)

Pagamento in contrassegno o tramite versamento sul conto corrente postale 23966203, intestato a 21^{mo} Secolo srl (IBAN Bancoposta IT06K0760101600000023966203).



Paolo Fornaciari

IL PETROLIO, L'ATOMO E IL METANO

Italia nucleare
1946-1997

Dallo sviluppo
a una irragionevole
rinuncia

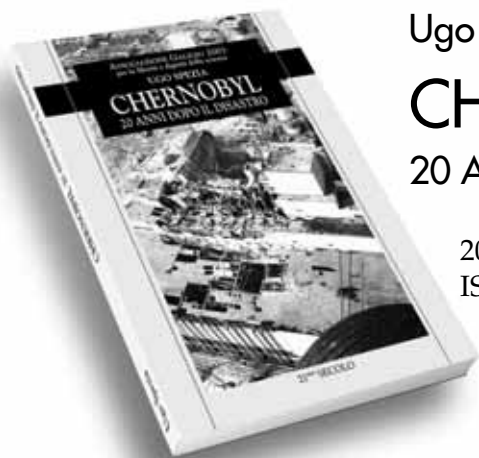
pagg. 352,
in brossura € 15,49
rilegato € 23,24

Indice del volume:

ISBN 88-87731-05-5

PRESENTAZIONE del prof. *Carlo Salvetti*

1. L'ENERGIA ELETTRONUCLEARE IN ITALIA: LE ORIGINI
2. I RICORDI DELL' AUTORE
3. LE CENTRALI NUCLEARI DELL'ENEL
4. ANNI SETTANTA: BATTAGLIE IN MAREMMA E IN VAL D'ISÈRE
5. PIANI E PROGRAMMI ENERGETICI PER GLI ANNI NOVANTA
6. L'INCIDENTE SULL'ISOLA DELLE TRE MIGLIA
7. LA CONFERENZA DI VENEZIA SULLA SICUREZZA NUCLEARE
8. IL PROGETTO UNIFICATO NUCLEARE
9. IL DISASTRO DI CHERNOBYL
10. L'ACCETTABILITÀ SOCIALE DELL'ENERGIA NUCLEARE
11. GLI ANNI DEL DISIMPEGNO
12. IL NUCLEARE TRA LA PRIMA E LA SECONDA REPUBBLICA
13. DALLO STATO AL MERCATO
14. ENERGIA PER IL NOSTRO FUTURO



Ugo Spezia

CHERNOBYL

20 ANNI DOPO IL DISASTRO

208 pagine Euro 15,00

ISBN 88-87731-31-4

Presentazione di Renato Angelo Ricci

Prefazione di Carlo Bernardini

La centrale di Chernobyl - Lo sviluppo del reattore RBMK - Caratteristiche del reattore - I problemi di controllo - Il sistema di contenimento

L'incidente - L'origine - La dinamica degli eventi - Le cause del disastro

Gli effetti - L'emergenza - La contaminazione radioattiva - La contaminazione all'esterno dell'URSS

Le conseguenze radiologiche - L'esposizione della popolazione dell'URSS - Gli operatori presenti o intervenuti sul sito - La popolazione residente nella zona evacuata e nelle aree contaminate

Le conseguenze sanitarie - Gli effetti sanitari acuti - Gli effetti tardivi attesi - Gli effetti stocastici rilevati - Aumento dell'incidenza del tumore alla tiroide - Altri effetti sanitari tardivi

Le conseguenze in Italia - L'arrivo della "nube" - La contaminazione radioattiva - L'esposizione della popolazione - Le dosi individuali - Le dosi collettive - Gli effetti sanitari

La Chernobyl dell'informazione - Il caos informativo - Il "precedente" Three Mile Island - Il comportamento della stampa italiana - La qualità dell'informazione

La messa in sicurezza dell'impianto - Il sarcofago - Lo stato attuale del sarcofago - I problemi di stabilità strutturale - Il dilavamento di contaminanti - I rischi di criticità - I rischi radiologici residui - La fuoriuscita di radioattività dal sarcofago

Gli effetti ambientali - Effetti diretti sulla flora e sulla fauna - Effetti della contaminazione del suolo - Effetti della contaminazione delle acque di superficie

Chernobyl vent'anni dopo - La situazione dell'impianto - La realtà scientifica - L'esposizione radiologica - Le conseguenze sanitarie accertate - I "morti statistici" - Le conseguenze sanitarie "attese"

La Chernobyl italiana - La conferenza nazionale sull'energia del 1987 - I lavori e le conclusioni della conferenza - La rinuncia al nucleare - Il fallimento della politica energetica - La crisi del sistema elettrico - Il tempo delle riflessioni

Appendice - Elementi di dosimetria e radioprotezione - I principi fondamentali della radioprotezione

Paolo Sequi

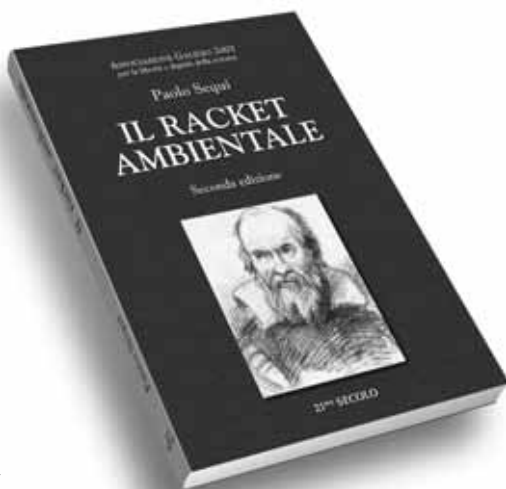
IL RACKET AMBIENTALE

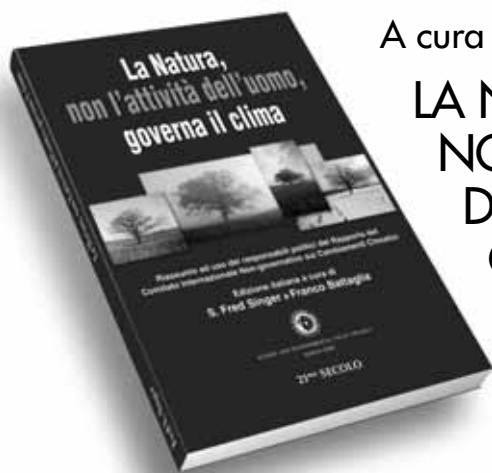
pagine 224 € 15,00

ISBN 88-87731-27-6

INDICE

1. LE OPERE DI FONDAZIONE - Il controllo dell'opinione pubblica - L'arte dello slogan - Ora tutto è pronto
2. UN NEMICO EMBLEMATICO: LA CHIMICA - La fisica non fa paura, la chimica sì - La natura amica dell'uomo? - Sostanze naturali e sostanze di sintesi - Numeri piccoli che diventano grandi - Numeri grandi che sono piccoli - Mancanza di cultura chimica - Nota sulle unità di misura
3. IL CONCETTO DI INQUINAMENTO - Agricoltura e medicina - I concimi sono veleni? - I fitofarmaci sono dannosi? - La falsità del concetto di livello zero: l'esempio della radioattività - Il racket dell'inquinamento
4. CHE FA LA MADRE TERRA - La vita nel terreno - Un cenno al terreno e alla sua genesi - Dal suolo una soluzione per l'effetto serra - Le risorse della terra per l'uomo - Destinazione d'uso della madre terra - La diversità biologica
5. IL RACKET DELLE FOGNE - La coprologia - Le fogne degli antichi romani - Le marcite dei vecchi milanesi - La difesa delle acque dagli inquinamenti - Il cerchio che andrebbe chiuso - Dalle cave ai mari
6. LE BURLE DEL FOSFORO - L'eutrofizzazione: quando va bene e quando va male - Come il fosforo è stato imputato - La burla dei depuratori - La burla dei detersivi - La burla dell'agricoltura - La burla dell'erosione
7. LA PAURA DEI NITRATI - Lo spettro delle nitrosoammine - Nitrati nella dieta - Rischio nitrati nelle acque? - Il ciclo dell'azoto - La provenienza dei nitrati - Chi ci guadagna - Ma sono poi davvero pericolosi?
8. GLI ERBICIDI, IL GIOCO SI FA PESANTE - Come ti spavento l'opinione pubblica - La buona pratica agricola - Provenienza e destino degli erbicidi - La legge non è uguale per tutti - Qualcosa di strano c'è
9. SPADE DI DAMOCLE: L'ESEMPIO DEL POTASSIO - Bilancio del potassio nell'uomo - La curiosa sensibilità del legislatore europeo - Il potassio nelle bevande - Il potassio nella dieta - Damocle
10. LE ATTIVITÀ QUATERNARIE - Le attività dell'uomo - Il "set-aside" - Le attività quaternarie - Amici e nemici delle attività quaternarie - La corretta pratica della difesa del suolo - Come un castagno diviene una mina di montagna - Vogliamo altri esempi?





A cura di S. Fred Singer

LA NATURA, NON L'ATTIVITÀ DELL'UOMO, GOVERNA IL CLIMA

pagg. 96, € 10,00

ISBN: 978-88-87731-38-5

Prologo

Prefazione

1. Introduzione

2. Quanta parte dell'attuale riscaldamento è causata dalle attività dell'uomo?

3. L'attuale riscaldamento è principalmente dovuto a cause naturali

4. I modelli climatici al computer sono inattendibili

5. È improbabile che la velocità di innalzamento dei mari aumenti

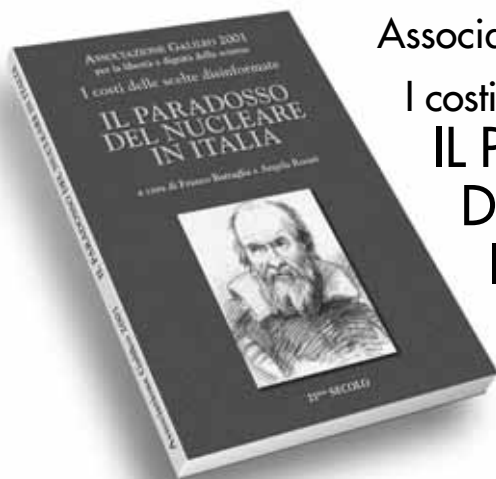
6. Gas-serra antropogenici riscaldano gli oceani?

7. Quanto sappiamo sull'anidride carbonica in atmosfera?

8. Gli effetti delle emissioni di anidride carbonica sono benigni

9. Gli effetti di un modesto riscaldamento sull'economia sono probabilmente positivi

10. Conclusioni



Associazione Galileo 2001

I costi delle scelte disinformate
**IL PARADOSSO
DEL NUCLEARE
IN ITALIA**

242 pagine Euro 15,00
ISBN 88-87731-29-2

- Giorgio Salvini: *Commemorazione di Carlo Salvetti*
Un appello degli scienziati al presidente della Repubblica
Manifesto di Galileo 2001
Franco Battaglia: *Prefazione*
Renato Angelo Ricci: *Introduzione*
Guido Possa: *Energia e Ricerca*
Ugo Spezia: *La crisi del sistema energetico italiano*
Georges Vendryes: *Verso un rilancio dell'energia nucleare*
Carlo Bernardini: *Il problema della fiducia*
Paolo Fornaciari: *Il costo dell'abbandono del nucleare*
Giorgio La Malfa: *Strategie energetiche*
Carlo Mancini: *Lo stato e le prospettive dell'energia nucleare nel mondo e il caso italiano*
Giancarlo Bolognini: *Le competenze nucleari in Italia*
Giorgio Trenta: *Energia nucleare e salute*
Maurizio Cumo: *Panorama della situazione energetica mondiale*
Sergio Garribba: *Aspetti economici dell'energia nucleare*
Marco Del Lucchese: *La gestione del nucleare pregresso*
Claudio Regis: *Reattori nucleari: qualche prospettiva per il futuro*
Giovanni Carboni: *Media ed energia nucleare*
Guido Fano: *L'Italia e il nucleare*
Leonardo Libero: *Precisazioni sugli usi pratici dell'energia fotovoltaica*
Enrico Mainardi: *Il Network "Italian Young Generation in Nuclear" (I.Y.G.N.)*

Voglio acquistare i seguenti volumi

☐ <i>Energia elettrica, mercato, ambiente</i>	€ 20,00
☐ <i>Atomo a scuola...</i>	€ 25,00
☐ <i>Biotecnologie: i vantaggi per la salute e per l'ambiente</i>	€ 9,00
☐ <i>Biotecnologie per la tutela dei prodotti tipici italiani</i>	€ 11,00
☐ <i>Bufale nucleari</i>	€ 15,00
☐ <i>Attualità del nucleare</i>	€ 12,91
☐ <i>Cambiamenti climatici e conoscenza scientifica</i>	€ 10,00
☐ <i>Campi elettromagnetici e salute: dai miti alla realtà</i>	€ 9,00
☐ <i>Chernobyl. 20 anni dopo il disastro</i>	€ 15,00
☐ <i>Clima, energia, società</i>	€ 30,00
☐ <i>Dal popolo di Seattle all'ecoterrorismo</i>	€ 13,00
☐ <i>Da Malthus al razzismo verde</i>	€ 20,00
☐ <i>Elettrosmog, un'emergenza creata ad arte</i>	€ 12,00
☐ <i>Energia nucleare? Sì, per favore...</i>	€ 15,00
☐ <i>Energia nucleare: un futuro da salvare</i>	€ 12,91
☐ <i>Energia per tutti</i>	€ 18,00
☐ <i>Global Report 2004</i>	€ 18,00
☐ <i>I costi della non-scienza: Il Principio di Precauzione</i>	€ 15,00
☐ <i>Il paradosso del nucleare in Italia</i>	€ 15,00
☐ <i>Il petrolio, l'atomo e il metano</i>	€ 15,49
☐ <i>Il racket ambientale (seconda edizione)</i>	€ 15,00
☐ <i>I rischi di una scelta disinformata: dire no agli OGM in agricoltura</i>	€ 15,00
☐ <i>Italia nucleare</i>	€ 25,00
☐ <i>Italo Federico Quercia - Note biografiche e documenti</i>	€ 15,00
☐ <i>La Natura, non l'attività dell'uomo, governa il clima</i>	€ 10,00
☐ <i>L'atomo per la pace</i>	€ 15,00
☐ <i>La scienza e le medicine alternative</i>	€ 15,00
☐ <i>L'illusione dell'energia dal sole</i>	€ 15,00
☐ <i>L'opzione nucleare</i>	€ 15,00
☐ <i>Moderni sistemi e tecnologie antisismici</i>	€ 20,00
☐ <i>Orizzonti delle tecnologie nucleari</i>	€ 15,00
☐ <i>Presupposti per il programma elettronucleare nazionale</i>	€ 15,00
☐ <i>Proteggersi dal terremoto (seconda edizione)</i>	€ 20,00



Voglio abbonarmi a 21^{mo} SECOLO SCIENZA E TECNOLOGIA

- ☐ Abbonamento ordinario € 30,00 (5 numeri)
- ☐ Abbonamento sostenitore da € 100,00
- ☐ Pagherò in contrassegno (aggiungere € 5,00 di spese postali)
- ☐ allego assegno bancario non trasferibile intestato a 21^{mo} SECOLO
- ☐ allego fotocopia della ricevuta del versamento sul CCP n. 23966203 intestato a:
21^{mo} SECOLO - via L. Di Breme 18 - 20156 Milano (+ € 1,00 di spese postali)
- ☐ Carta di credito n.
- scad.
- firma

Nome e Cognome

Indirizzo

Tel. e-mail:

Inviare per posta o via fax a 21^{mo} SECOLO - via L. Di Breme 18 - 20156 Milano

Tel. 02-38000534 - Fax 02-87389137 -

e-mail: roberto@21mosecolo.it www.21mosecolo.it

Autorizzo il trattamento dei dati personali (legge 675/96)

Finito di stampare
nel mese di marzo 2012
presso Digital Print Service srl
Segrate (Milano)