



**LEGAMBIENTE**

# **Il clima impazzito**

*Gli effetti dei mutamenti climatici in Italia e nel mondo*

Roma, 16 febbraio 2005

<b>1. L'effetto serra</b>	<b>2</b>
<b>2. Gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi</b>	<b>3</b>
2.1 Lo scioglimento dei ghiacciai	
2.1.1 Il ritiro dei ghiacciai alpini	
2.1.2 Nepal: il ghiacciaio che frana a valle	
2.1.3 Perù: la paura del passato genera un danno presente	
2.1.4 Kilimanjaro: la montagna che non brilla più	
2.1.5 Antartide: il riscaldamento del sesto continente	
2.1.6 Artico, il polo a rischio	
2.2 Innalzamento del livello e riscaldamento del mare	
2.2.1 Venezia affonda	
2.2.2 Fiji e Kiribati: il cambio climatico e la pesca	
2.2.3 Belize: le riserve della barriera corallina chiedono aiuto	
2.3 Desertificazione	
2.3.1 Processo di desertificazione in Sicilia e nel Mediterraneo	
2.4 Rischio Estinzione	
3.4.1 Estinzione dei rospi	
3.4.2 L'invasione delle locuste	
2.5 La tropicalizzazione dei mari	
2.5.1 Il caso del Mediterraneo	
2.6 Precipitazioni	
2.6.1 Diminuzione delle precipitazioni e aumento delle temperature nel Nord Italia	
2.6.2 Precipitazioni sulle Alpi Orientali: l'analisi dei dati raccolti in settanta anni nella regione montana della Regione Vento	
<b>3. Eventi estremi: alcuni casi italiani</b>	<b>17</b>
La Toscana	
Il caso Arno	
Il territorio di Monza	
La provincia di Ragusa	
L' alluvione del metapontino del novembre 2004	
La nevicata del gennaio 2005 in Basilicata	
Il caldo a Potenza	
<b>Allegato</b>	
<b>Il protocollo di Kyoto</b>	<b>20</b>

## **1. L'effetto serra**

L'effetto serra è un fenomeno naturale della Terra che ha permesso in passato lo sviluppo e il mantenimento delle condizioni favorevoli allo sviluppo della vita. Infatti senza questo fenomeno le condizioni di temperatura dell'atmosfera sarebbero molto diverse da quelle a cui siamo abituati.

Alcuni dei gas presenti in atmosfera hanno la capacità di trattenere la radiazione proveniente dal Sole e comportandosi come i vetri di una serra, la trattengono provocando un riscaldamento dell'atmosfera.

Questi consentono alla radiazione solare di entrare all'interno dell'atmosfera e una volta che questa viene riflessa dalla superficie terrestre verso l'esterno della troposfera (parte più bassa dell'atmosfera e che ha le condizioni ideali per lo sviluppo della vita) una parte rimane intrappolata e assorbita dai gas, riscaldando così l'atmosfera.

L'effetto serra, però, oltre a svolgere un ruolo importante per la vita stessa, può paradossalmente essere molto pericoloso. Infatti se la concentrazione di questi gas aumenta troppo, aumenta anche la temperatura media della Terra, provocando una serie di disequilibri negli ecosistemi.

Il principale responsabile di questo fenomeno è sicuramente l'anidride carbonica, accompagnata dalla presenza di altri gas come: clorofluorocarburi, metano, protossido di azoto, etc.

L'aumento della concentrazione di questi gas dipende dalla combustione del carbone, del petrolio e del metano, dai fumi delle industrie, dal traffico veicolare, dall'attività di centrali termoelettriche.

Le emissioni di gas serra provenienti dalle attività umane è in continua crescita da oltre due secoli: infatti prima della rivoluzione industriale in atmosfera la concentrazione di gas-serra era di 280 ppm (parti per milione), oggi siamo a 373 ppm (tabella 1).

La conseguenza diretta di questa concentrazione è l'aumento della temperatura, tra il 1987 e il 2003 si sono registrati gli anni più caldi della meteorologia.

**Tabella 1:** concentrazione dei gas-serra in atmosfera

<b>ANNO</b>	<b>PPM</b>
1993	357.04
1994	358.88
1995	360.88
1996	362.64
1997	363.76
1998	366.63
1999	368.31
2000	369.48
2001	371.02
2002	373.10
2003	375.64

Fonte: La Repubblica del 12 Ottobre 2004

## **2. Gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi**

*“... Le regioni della costa del sud e sud est asiatico, saranno quelle maggiormente afflitte, perché le tempeste potrebbero spingere l'acqua del mare verso l'interno della terra. ...”*

[Dinyar Godrej, “No-nonsense Guide to Climate Change”, New internationalist, prima pubblicazione Agosto 2001]

A partire dagli anni '80 una larga parte degli studi scientifici ha concentrato l'attenzione sulle dinamiche in corso nell'atmosfera e nella troposfera che riguardano in particolare la concentrazione di gas serra e il buco dell'ozono. L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha definito il fenomeno dei cambiamenti climatici come una variazione attribuibile, direttamente o indirettamente, alle attività dell'uomo che creano alterazioni della composizione dell'atmosfera globale.

La stima dei cambiamenti climatici si basa sulle valutazioni delle concentrazioni di gas serra in atmosfera paragonandole con quelle precedenti alla rivoluzione industriale. Secondo alcuni modelli climatici usati dall'IPCC per il S.A.R. (Second Assessment Report), la concentrazione di tali gas porterebbe ad un aumento della temperatura entro il 2100 tra 1° e i 3,5°C.

Nell'ultimo secolo la temperatura media del pianeta è salita di 0,6. Questo cambiamento è il maggiore che si sia mai verificato negli ultimi 10.000 anni, cioè dall'ultima era glaciale. Tale aumento implica una serie di cambiamenti che vanno ad influire in maniera diretta sugli ecosistemi, modificando sensibilmente le strategie adattative di sopravvivenza degli organismi, e ampliando (o riducendo) la biodiversità propria di una determinata nicchia ecologica.

Scioglimento dei ghiacciai, innalzamento del livello medio degli oceani, desertificazione, tropicalizzazione sono alcune delle conseguenze a cui porterà il riscaldamento della terra.

L'innalzamento del livello del mare nei prossimi 100 anni si stima essere dai 15 ai 95 cm, i ghiacciai negli ultimi 35 anni sono diminuiti del 35% e il 40% delle terre coltivabili del pianeta è a rischio desertificazione. I cambiamenti agli ecosistemi saranno causa di alluvioni, frane, inondazioni, trombe d'aria, cicloni, che provocheranno danni inimmaginabili ad esempio all'uomo, alle colture, agli animali, alle infrastrutture, etc. Queste previsioni in realtà non sono molto lontane, molti fenomeni si stanno già verificando con intensità sempre maggiori. L'innalzamento del mare ha costretto 11.000 abitanti dell'arcipelago di Tuvalu, arcipelago-stato situato poco più a sud dell'Equatore in Oceania, ad abbandonare le loro abitazioni.

Secondo il rapporto dell'IPCC gli effetti del cambiamento climatico saranno più consistenti nei paesi in via di sviluppo, sia in termini di perdite di vite umane che di relativi effetti sugli investimenti e le economie. Inoltre la minore capacità adattativa e la minore disponibilità di risorse per interventi di prevenzione, protezione e mitigazione renderà più alti gli effetti per i poveri. Ad esempio, nell'agosto del 1992, l'uragano Andrew produsse, negli Stati Uniti, 52 morti e danni pari a 22 mila milioni di dollari ripagati dalle compagnie assicurative per un importo totale di 16 mila milioni di dollari; mentre nell'ottobre del 1998, l'uragano Mitch produsse, in Nicaragua ed Honduras, più di 11.000 morti e danni pari a sette mila milioni di dollari di cui solo 150 milioni di dollari vennero ripagati dalle compagnie assicurative. (Dinyar Godrej, “No-nonsense Guide to Climate Change”, New Internationalist Publications Ltd. 2001).

L'innalzamento delle temperature avrà anche ripercussioni sanitarie: il riscaldamento infatti favorirà in alcune zone la diffusione di malattie come la malaria, di cui è stato stimato che le zone a rischio potrebbero passare dal 45% al 60%.

I cambiamenti climatici avranno ripercussioni anche sulle economie; la desertificazione porterà problemi all'agricoltura, ai metodi di irrigazione, alla disponibilità di acqua.

Dal 2002 è in funzione un fondo Europeo per le catastrofi ambientali: solo dopo un anno dalla sua istituzione già 4 paesi europei ne avevano usufruito (Francia, Germania, Austria, e Repubblica Ceca).

Nel rapporto del 2003 pubblicato da La Munich Re, colosso del settore assicurativo, contenente i costi derivanti dagli eventi catastrofici a cui stanno portando i mutamenti climatici. Nell'estate 2003 sono stati 700 gli eventi catastrofici: 75 mila i morti nel mondo, di cui 27 mila in Europa. Danni: 13 mila miliardi di dollari e i rimborsi assicurativi elargiti a seguito di eventi estremi, sono stati il 40% in più rispetto al 2002.

Per eventi estremi si intendono quegli eventi per lo più locali, che interessano, cioè, una fascia ristretta di territorio, e che si manifestano con maggior frequenza e intensità.

I mutamenti agli ecosistemi provocati dal riscaldamento causato dall'effetto serra, hanno ripercussioni anche a livello locale, attraverso fenomeni come alluvioni, smottamento, piene o erosione delle coste.

Alcune zone come ad esempio i Caraibi e la Florida sono attraversate da uragani violenti che arrivano così spesso e di così forte intensità che le assicurazioni evitano di stipulare contratti nelle zone più a rischio.

In Europa sono sempre più frequenti le tempeste che si trasformano in cicloni tropicali, alluvioni che in alcuni casi possono estendersi a gran parte degli stati di un continente. Nel 2002 le alluvioni colpirono tutti i paesi attraversati dal Danubio.

Tra i paesi europei i più colpiti in termini di quantità danni sono stati la Francia, l'Italia e la Gran Bretagna: solo Italia e Germania hanno avuto danni per 11 miliardi di dollari, Spagna e Gran Bretagna 6 miliardi di dollari.

Negli ultimi 10 anni l'Unione Europea ha stanziato 58 milioni di euro per la ricerca e lo sviluppo di tecnologie all'avanguardia nella prevenzione delle catastrofi naturali. Secondo le valutazioni degli scienziati, sulla base delle previsioni dell'IPCC, l'Italia potrebbe conoscere una vera e propria divisione in due fasce climatiche con dinamiche decisamente diverse.

A Nord avremmo precipitazioni molto violente e concentrate stagionalmente, che saranno causa di inondazioni e dissesti di intensità superiore a quelli tradizionali.

A Sud, invece, si avrà una diminuzione delle precipitazioni caratterizzate da una maggiore intensificazione e concentrazione in pochi giorni che favoriranno i processi di desertificazione, di erosione e fenomeni franosi.

Il 5,35% della superficie nazionale è interessata da fenomeni di desertificazione.

In Italia il costo dei danni ambientali negli ultimi 10 anni è stato stimato essere di oltre 4 miliardi di euro all'anno in termini di danni ambientali.

## **2.1 Lo scioglimento dei ghiacciai**

I ghiacciai si stanno sciogliendo con una rapidità senza precedenti: il loro spessore negli ultimi 35 anni è diminuito del 35%. Le variazioni di spessore dei ghiacciai e del tasso di scioglimento stagionale, oltre ad innalzare il livello medio degli oceani, avrà un forte impatto sulle risorse d'acqua di molte regioni del mondo, come ad esempio per i 10 milioni di abitanti della città di Lima, in Perù, le cui risorse idriche dipendono dal ghiacciaio Quecaya.

Segni evidenti della riduzione sono i ghiacciai delle Alpi europee e del Caucaso che durante lo scorso secolo si sono ridotti della metà o il ghiacciaio del monte Kenya, in Africa, di cui ne è rimasto solo l'8%.

In altre parti del mondo invece il rapido scioglimento dei ghiacciai provocherà gravi inondazioni con conseguenti danni sia alla agricoltura che all'uomo.

Molti climatologi ritengono che lo scioglimento dei ghiacciai sia uno dei primi segni tangibili del surriscaldamento del pianeta causato dall'uomo.

### 2.1.1 Il ritiro dei ghiacciai alpini

Il 4 Dicembre 2003 si è svolto un convegno sul fenomeno della deglaciazione alpina, promosso dalla CIPRA (Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi) e dall'università di Milano, che ha radunato i massimi esperti delle principali organizzazioni glaciologiche e climatologiche italiane (Servizio Glaciologico Lombardo, Comitato Glaciologico Italiano, Società meteorologica Italiana).

I ghiacciai sono sempre stati un'importante fonte di acqua, per tutto il nord Italia, in quanto ghiaccio e neve dell'alta quota liberano acqua nei periodi caldi e di siccità, continuando a mantenere costanti le portate dei fiumi evitando così seri danni per l'agricoltura.

Ciò che denuncia la CIPRA è che questa risorsa così importante non avrà durata molto lunga, infatti a causa del ritmo elevato di fusione dei ghiacci la "scorta" di acqua sarà sufficiente ancora per una decina di anni.

Le misure presentate al convegno si riferiscono solo al ghiaccio perenne e non alla neve che ogni anno si accumula sulla superficie del ghiacciaio

Le prime aree che subiranno conseguenze da questa riduzione di portata di acqua saranno tutte quelle zone che a causa delle caratteristiche orografiche hanno regimi di piovosità molto scarsi: le valli alpine glacializzate, regioni come la Valle d'Aosta, l'Alta Valtellina e la Val Venosta.

L'estate del 2003 è stata una stagione con temperature di 4°C al di sopra delle medie stagionali, il Nord Italia è dovuto ricorrere a misure di emergenza idrica: l'Autorità di Bacino del Po infatti impose ai concessionari idroelettrici il rilascio straordinario di 3 milioni di metri cubi d'acqua al giorno dalle dighe alpine.

Inoltre le conseguenze più dirette a innalzamenti così bruschi della temperatura imprimono una forte accelerazione al processo di ritiro dei ghiacciai in corso da oltre un secolo.

La CIPRA denuncia ancora il dimezzamento di molti ghiacciai alpini e l'estinzione di quelli situati più a bassa quota: è il caso del ghiacciaio del Lys, nel gruppo del Monte Rosa, la cui fronte è retrocessa di quasi un chilometro e mezzo dalla metà del XIX sec. ad oggi o quello del ghiaccio del Sobretta (Valfurva) e dello Scerscen (Gruppo Bernina) che dal 1997 ad oggi si sono assottigliati di oltre 7 metri. Sul ghiacciaio del Ciardonay, nel Gran Paradiso, le perdite sono di 14 metri dal '92 ad oggi, e al ritmo attuale di fusione anche questo grande apparato rischia di sparire nel volgere di un trentennio.

La fusione glaciale inoltre pone notevoli problemi di sicurezza: l'apertura di crepacci, il crollo di pareti di ghiaccio, la destabilizzazione dei versanti sono tra le principali cause (insieme all'imperizia) del quadruplicamento degli interventi del soccorso alpino nel corso dell'ultimo ventennio anche se il numero di escursionisti è diminuito.

Il pericolo non è solo localizzato all'alta quota: le grandi frane di ghiaccio, i detriti e le onde di piena causate dai laghi effimeri di fusione (laghi epiglaciali) nel momento in cui le fragili dighe naturali cedono sotto il peso dell'acqua rappresentano una grave minaccia anche per i centri abitati di fondovalle: si pensi che il lago epiglaciale, formatosi sul ghiacciaio del Rocciamelone, contiene 400.000 metri cubi d'acqua, pronti a rotolare a valle (in versante francese) alla fusione della lingua di ghiaccio e materiale morenico che la mantiene ad alta quota.

Ma un nuovo pericolo deriva dal cosiddetto 'permafrost': si tratta di ghiaccio "perenne", cioè quello che in normali regimi climatici non si scioglie mai. Si trova a forti profondità nei terreni e nelle rocce a quote superiori ai 2500 metri.

Un problema avvertito soprattutto in Svizzera, dove la 'regione del permafrost' è pari al 6% del territorio nazionale. La fusione del permafrost trasforma le rocce e i versanti apparentemente stabili in fanghiglia: dei 2000 km di impianti di risalita presenti sulle Alpi Svizzere, almeno 100 km - pari a quasi trecento installazioni - sono realizzati con piloni piantati su terreni interessati da permafrost. La fusione minaccia gli edifici e i rifugi realizzati in alta quota, che in alcuni casi sono letteralmente sprofondati, così come le opere per la protezione dalle valanghe, i cui pali di sostegno vengono

divelti quando il suolo cessa di essere stabile. Inoltre, in occasione di forti piogge ad alta quota, la fusione del permafrost può essere la causa scatenante di frane di grandissime proporzioni, come probabilmente è avvenuto per la frana che nel 1987 distrusse l'abitato di Sant'Antonio Morignone in Alta Valtellina distaccandosi dalla sommità del Pizzo Coppetto.

L'insidia del permafrost è pericolosa soprattutto perché riguarda versanti che, nella storia dell'umanità, sono stati sempre considerati 'sicuri' ed estranei al rischio di dissesti.

### **2.1.2 Nepal: il ghiacciaio che frana a valle**

All'interno del Sagarmatha National Park si trova, oltre al monte Everest, un ricco sistema di alti ghiacciai, laghi e profonde valli di importanza capitale per l'equilibrio ecologico di tutta l'area circostante.

Basti pensare che è da questo complesso sistema di ghiacciai che si alimentano tutti i maggiori corsi d'acque e le riserve di acqua dolce del Bhutan.

La specificità delle caratteristiche di quest'area l'ha portata ad essere una zona di sicuro riparo per le specie in pericolo e per quelle comunità di sherpa che vi migrarono 500 anni fa dalle regioni dell'est del Tibet.

Purtroppo, proprio quei ghiacciai che, per anni, hanno rappresentato dei magazzini naturali di risorse idriche rinnovabili a vantaggio di milioni di persone nell'area del HKH (Hindu Kush-Himalayan), a causa dell'accelerato riscaldamento prodotto dal cambio climatico si stanno ritirando con effetti devastanti su intere regioni.

Infatti, pur tralasciando effetti "indiretti" come la ricaduta sul turismo, che rappresenta una delle principali fonti di reddito della zona ed è stato in costante crescita per quasi tre decenni, non si può ignorare il pericolo derivante dalla sempre più frequente generazione di flussi impetuosi verso valle. Quando ciò accade, i laghi che li ricevono formano nuove morene che, al verificarsi di nuovi rapidi accumuli di acqua proveniente dai ghiacciai, possono subire la formazione di brecce e generare violenti scarichi di acqua e detriti, noti come G.L.O.F. (Glacial Lake Outburst Floods), dalle disastrose conseguenze sul territorio come testimonia il G.L.O.F. del 1994 nella valle Punakha-Wangdue.

### **2.1.3 Perù: la paura del passato genera un danno presente**

Nella Regione di Ancash, Provincie di Huaylas, Yungay, Carhuaz, Huaraz, Recuay, Bolognesi, Pomabamba, Huari, Mariscal Luzuriaga e Asunción, si trova una delle zone naturali più importanti di tutta l'America Latina: il Parco Nazionale de Huascaràn che, con la sua estensione di quasi 340.000 ettari, contiene la Cordillera Blanca, la catena montuosa tropicale più alta del mondo, Patrimonio dell'Umanità e Riserva della Biosfera.

Analogamente al Sagarmatha National Park, la combinazione degli effetti del cambio climatico e la pressione esercitata dalle attività antropiche genera fenomeni di G.L.O.F. che, assieme alla peculiare sismicità ed alla scarsità di risorse, rendono complicata un'adeguata gestione della zona.

Il 15 aprile 2003, il New Scientist, facendo eco all'allarme lanciato dalla Nasa, annuncia il rischio di un probabile G.L.O.F. sulla città di Huaraz individuato attraverso l'A.S.T.E.R. (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) in dotazione sul satellite Terra.

Le conseguenze furono disastrose: nonostante non si verificasse tale evento, il flusso turistico si ridusse del 75% per una perdita economica, valutata dalla Provincia di Huaraz nel luglio 2003, pari a oltre 20 milioni di dollari.

#### **2.1.4 Kilimanjaro: la montagna che non brilla più**

Il nome Kilimanjaro nasce dall'unione di due parole Swahili: "kilima", che significa montagna, e "njaro", che significa brillante. È uno stratovulcano, situato al confine tra Tanzania e Kenya, costituito da tre grandi picchi, il più alto raggiunge i 5895 metri.

Si tratta di un ecosistema fondamentale per entrambi i paesi poiché, dalle sue risorse idriche, dipendono vaste regioni che offrono habitat a più di 2200 specie di piante vascolari e più di 140 specie di mammiferi. Inoltre, circa un milione di persone dipendono dai servizi ecosistemici che il Kilimanjaro offre ai loro animali domestici.

Dal 1912 ad oggi, una parte importante delle risorse idriche del vulcano, quelle intrappolate nella copertura ghiacciata, si sono ridotte di circa l'ottanta per cento del totale a causa del cambio climatico. Il processo che ha portato a questa drammatica riduzione è tuttora oggetto di studio a causa delle complesse interazioni che regolano la peculiare realtà dei ghiacciai equatoriali, ma la risultante è chiara. Il scintillio delle nevi, dato dal riflesso della forte irradiazione solare delle latitudini equatoriali, ha i giorni contati e con esso la sua identità.

#### **2.1.5 Antartide: il riscaldamento del sesto continente**

L'Antartide è con tutta probabilità il più importante archivio naturale che l'uomo ha a disposizione per studiare i cambiamenti globali avvenuti sul suo pianeta negli ultimi 700.000 anni.

Su questa scala temporale infatti i suoi "record" offrono informazioni dirette e ad alta risoluzione sull'andamento dei cicli climatici.

Circa 300.000 anni fa infatti, movimenti della crosta terrestre hanno spezzato il legame tra Antartide e Sud America, di cui resta solo la Penisola Antartica, ed ha permesso la formazione della Corrente Circumpolare Antartica, che mantiene il sesto continente freddamente isolato dal resto del mondo.

Questa sua peculiarità ed importanza è così conclamata che non c'è una sola nazione che possa reclamarne il possesso, al suo posto c'è un "governo internazionale" in cui le decisioni vengono prese per votazione di quegli Stati che hanno basi di ricerca permanenti.

Il 26 Dicembre 2004, il "Times" di Londra, ha pubblicato un'intervista a Peter Convey della B.A.S. (British Antarctic Survey), in cui si constata la presenza di colonie di piante durante tutto l'anno nella Penisola Antartica, un evento che non ha precedenti negli ultimi diecimila anni.

Secondo Convey si tratta di un chiaro effetto del cambio climatico ed aggiunge che, il raggiungimento di temperature superiori di 5° C rispetto al 1974, costituisce un grave pericolo per le foche, pinguini, pesci d'acqua fredda e ragni giganti di mare, oltre che per quell'insostituibile fonte di dati storici che sono gli strati di ghiaccio in via di scioglimento.

#### **2.1.6 Artico, il polo a rischio**

La regione artica è sorella di quella antartica: presenta numerose similitudini, tra le quali spiccano la forte variazione di temperatura causata dal cambio climatico e la ripercussione dei propri cambiamenti su scala globale, ma anche numerose differenze.

La più macroscopica è che, sotto il ghiaccio, non c'è terra, quindi il clima ne determina significativamente l'estensione. In secondo luogo, la sua relativa vicinanza con le zone più sviluppate del mondo la rende maggiormente vulnerabile rispetto all'Antartide.

Focalizzando l'attenzione sugli impatti sulla vita delle comunità di Inuit, si è riscontrata una forte erosione di quelle condizioni ambientali che per centinaia di anni hanno dettato i loro ritmi ed i modi di vita. Ad esempio, la loro dieta tradizionale è il risultato della caccia di orsi polari, foche, caribù e renne, tutti animali che reagiscono al riscaldamento della regione artica spostando le loro

rotte migratorie alla ricerca di terreni da brucare (renne e caribù) o banchine di ghiaccio adatte alla caccia (orsi polari). Queste trasformazioni in effetto sinergico con alcuni fattori antropici (ad esempio la diffusione degli inquinanti) generano un riduzione della sicurezza alimentare. Il risultato è l'adozione di una dieta occidentale ed un abbandono progressivo dei tradizionali costumi di vita con conseguente incremento dei casi di diabete, obesità e malattie cardiovascolari.

## **2.2 Innalzamento del livello e riscaldamento del mare**

Il riscaldamento terrestre porterà all'espansione termica della massa oceanica che insieme all'aumento della portata d'acqua derivante dallo scioglimento dei ghiacci, contribuirà all'innalzamento del livello medio degli oceani che l'IPCC ha stimato essere compreso tra i 9 e gli 88 cm entro i prossimi cento anni.

Questa crescita sembra ininfluenza ma, in realtà, tale innalzamento potrebbe rappresentare una prospettiva catastrofica per molte località. Città come Venezia, Amsterdam, Londra, Trieste, paesi come il Bangladesh o l'Egitto, e isole come le Fiji potrebbero venire parzialmente sommerse dalle acque. Secondo uno studio condotto dall'Enea, dalla fondazione Enrico Mattei e dal Ministero dell'Ambiente in Italia, sarebbero 4500 i km<sup>2</sup> di aree costiere a rischio inondazione. Non solo, è stato anche calcolato, che paesi come l'Olanda e la stessa Italia sarebbero costretti a rivedere il proprio sistema di dighe a causa delle pressioni che l'innalzamento potrebbe provocare sulle strutture.

Inoltre, la capacità di assorbimento di anidride carbonica degli oceani (che insieme alle foreste catturano circa la metà del gas presente) sta entrando in crisi a causa dell'aumento delle temperature.

Fino ad ora una parte della CO<sub>2</sub> presente in atmosfera attraverso processi chimici, passa in soluzione e si accumula negli oceani. Se tale innalzamento superasse la soglia critica avrebbero luogo reazioni chimiche inverse che porterebbero un ulteriore rilascio di CO<sub>2</sub> in atmosfera, fenomeno che può essere incrementato anche dai processi di decomposizione degli organismi. L'innalzamento previsto del livello del mare porterà conseguenze significative nelle aree costiere: invasione delle aree molto basse e delle paludi costiere; accelerazione dell'erosione delle coste; aumento della salinità negli estuari e nei delta; incremento delle infiltrazioni di acqua salata negli acquiferi della fascia litoranea; aumento delle probabilità di straripamenti e di alluvioni nel caso di forti piene. Inoltre il Sud Italia tradizionalmente in difficoltà nell'approvvigionamento d'acqua, sarà costretta a incrementare il proprio fabbisogno per contrastare il processo di desertificazione in atto sulle coste, ulteriormente aggravato dall'infiltrazione salina.

### **2.2.1 Venezia affonda**

La laguna di Venezia è un ambiente sottoposto a costanti fenomeni di rimodellamento dovuti a erosione, movimentazione dei sedimenti ed attività umane, la variabilità delle barene costituisce l'indicatore macroscopico della risultante di questi processi che dal 1810 ad oggi ha portato alla scomparsa della loro maggior parte ed ingenti spese per la ricostruzione.

A questa tendenza, si aggiunge oggi l'influenza dell'effetto serra che, assieme al riscaldamento globale, accelera il processo di sommersione della città di Venezia e della sua laguna.

### **2.2.2 Fiji e Kiribati: il cambio climatico e la pesca.**

Le isole dell'Oceano Pacifico meridionale costituiscono un tessuto ambientale e sociale molto eterogeneo nonostante sono accomunate da una forte vulnerabilità rispetto all'innalzamento della

temperatura dell'acqua di mare che le circonda. Per Fiji e Kiribati la pesca è un'importante fonte di reddito seppur soggetto alla variazione degli stock e del prezzo del mercato internazionale giacché, a causa della ridotta presenza, vessano in una condizione di “pricetaker”.

In tal senso, è particolarmente rilevante l'influenza del fenomeno El Niño che induce bruschi cali di stock disponibili con riduzioni che possono raggiungere l'85% (per la specie tonno pinna gialla) rispetto al totale dell'anno precedente.

Indubbiamente, ai drastici decrementi verificatisi nel 1997, nelle Fiji, e nel 1995, nelle Kiribati, sono seguiti dei picchi di catture, dovuti probabilmente anche ad un aumento dello sforzo peschiero esercitato. Tuttavia, a questi sono seguiti altri decrementi importanti dovuti sia l'effetto El Niño sia al lungo tempo di cui hanno bisogno gli stock per recuperarsi. In un'ottica di una dimostrata crescente variabilità de El Niño e della particolare sensibilità del tonno all'incremento della temperatura dell'oceano, la prospettiva per queste vulnerabili economie è un'instabilità sempre maggiore.

### **2.2.3 Belize: le riserve della barriera corallina chiedono aiuto**

La barriera corallina del Belize, la seconda più lunga del mondo con un'estensione di 250 km, è, ormai da anni, sottoposta ad una serie di pressioni derivanti dall'evoluzione della presenza antropica: inquinamento delle acque, sviluppo costiero, incremento degli impatti del turismo (per esempio maggior numero di passaggi delle navi da crociera), sovrasfruttamento delle risorse ittiche. Il cambio climatico, rendendo più vulnerabile la comunità della barriera corallina, acuisce gli impatti di queste aggressioni trasformandole in una vera minaccia per la sopravvivenza della comunità stessa.

Il raggiungimento della più alta temperatura della superficie marina mai registrata negli anni 1997 e 1998, risultato dell'effetto sinergico del cambio climatico e de El Niño, ha prodotto un fenomeno, denominato “coral bleaching” (sbiancamento dei coralli), che è la manifestazione dell'esposizione ad un forte stress.

Più precisamente per “coral bleaching” si intende quel fenomeno per cui, le colonie coralline, sottoposte a forte stress, espellono le loro alghe simbiotiche. Evento che, a parte il caso del 1995, non ha precedenti negli ultimi 3.000 anni.

Il “coral bleaching” del 1998, ha segnato duramente la barriera corallina del Belize, tanto da portare, in alcune zone, alla riduzione del 50% dei coralli vivi. Sebbene le comunità coralline abbiano finora dimostrato una certa capacità di recupero, si tratta di un fenomeno estremamente preoccupante poiché non si è più raggiunto gli stessi livelli di copertura, diversità e salute.

Inoltre, un buon recupero nel lungo termine, dipende non solo dalla capacità dei coralli di trovare nuovi simbionti, ma anche da una diminuzione della pressione antropica e ambientale.

Le proiezioni basate sul cambio climatico non fanno ben sperare: fenomeni climatici estremi quali uragani o il raggiungimento di nuovi picchi di temperatura, sono destinati ad essere sempre più frequenti.

## **2.3 Desertificazione**

Per desertificazione si intende la diminuzione o la scomparsa della produttività, della complessità biologica o economica delle terre coltivate, delle praterie, dei pascoli, delle foreste o delle superfici boschive, causate dall'uomo, dai sistemi di utilizzo del territorio e dall'inquinamento. La desertificazione, sebbene sia un fenomeno causato principalmente da fattori locali, va affrontata come un problema globale che colpisce milioni di persone e che può portare allo sconvolgimento degli equilibri che regolano gli ecosistemi. Questo processo non solo minaccia le popolazioni dei paesi più poveri ma anche i territori e l'economia dei paesi industrializzati.

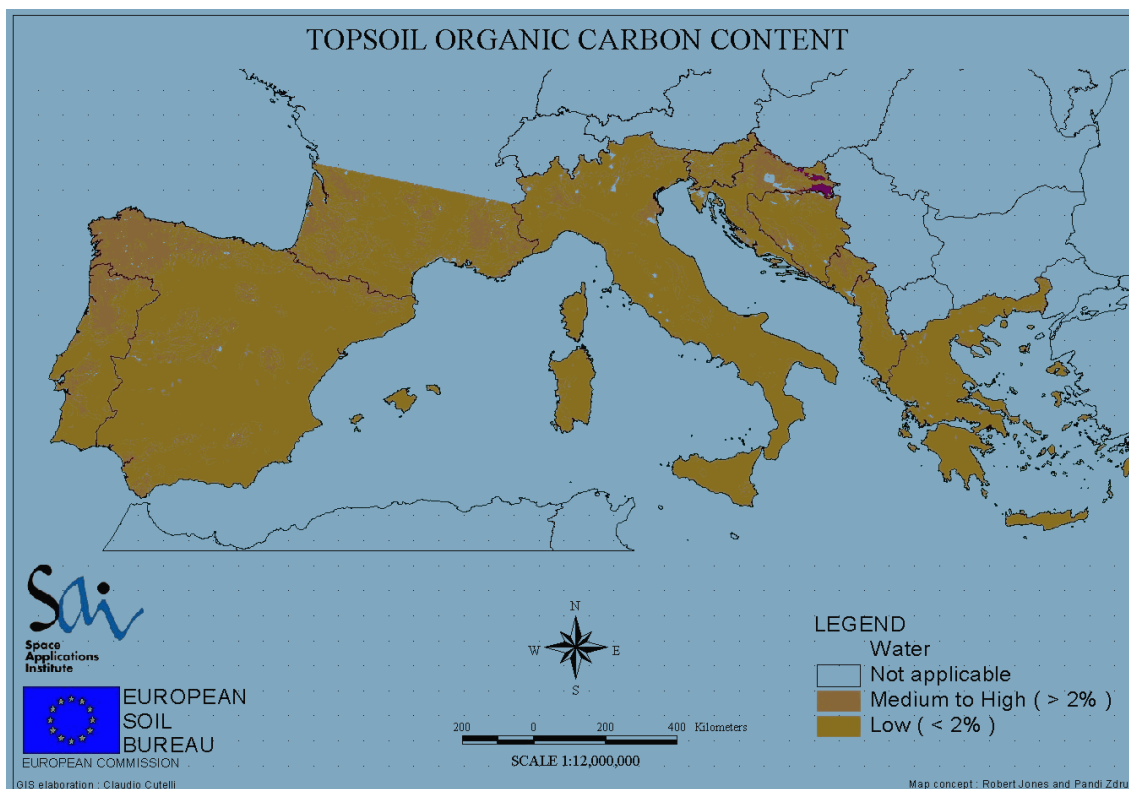
Il fenomeno riguarda molti dei paesi della Terra, Messico Nord-Occidentale, Stati Uniti Sud-Occidentali, Australia, Africa, (studio CLIMAGRI, Ucea e Arpa Emilia Romagna) in Europa i paesi interessati sono quelli che si affacciano sul Mediterraneo, tra i quali l'Italia ed in particolare il Meridione (vedere figura 1).

La Cina è uno dei paesi che corre rischi maggiori, il deserto Taklimakan guadagna 2.500 km<sup>2</sup> l'anno e nel 2003 il fiume Giallo è rimasto a secco per 226 giorni consecutivi, a causa anche di scriteriate opere di captazione delle risorse idriche.

L'aridità sta minacciando il 40% delle terre coltivabili dell'intero pianeta e il 27% in Italia.

La desertificazione, causata principalmente dalla variabilità climatica e dalle attività umane, coinvolge soprattutto le terre aride che rispondono rapidamente ai cambiamenti climatici perché, per definizione, hanno limitate riserve di acqua e si trovano in zone dove le precipitazioni possono variare molto di anno in anno e durante l'anno.

**Figura 1:** concentrazione di carbonio organico sulla superficie dei suoli dei paesi europei che si affacciano sul mediterraneo (fonte: European Soil Bureau)



### 2.3.1 Processo di desertificazione in Sicilia e nel Mediterraneo

Utilizzando gli scenari proposti dall'IPCC sono stati calcolati degli indici di aridità alla scadenza del 2010 e del 2030 sia per l'area mediterranea che per la Sicilia.

Per quanto riguarda quest'ultima lo scenario che si presenta alla scadenza del 2010 è quello di un'isola spaccata in due: la parte settentrionale con alcun deficit idrico, mentre la parte meridionale, soprattutto la fascia che va da Agrigento a Vittoria, con indici di aridità che si andranno ad aggravare con il passare del tempo e con l'aggravarsi dei cambiamenti climatici.

## **2.4 Rischio Estinzione**

L'aumento della temperatura superficiale del globo terrestre implica una serie di cambiamenti che vanno ad influire in maniera diretta sugli ecosistemi, modificando sensibilmente le strategie adattative di sopravvivenza degli organismi, e ampliando (o riducendo) la biodiversità propria di una determinata nicchia ecologica. Al momento sono molte poche le specie riconosciute come minacciate dal cambiamento climatico e inserite in un apposita lista dell'I.U.N.C, ma studi modellistici mostrano come gli areali di molte specie diventeranno non adatti ad ospitarli a causa dei cambiamenti climatici.

Un recente studio globale stima che 15-37% delle specie endemiche regionali potrebbero essere destinate all'estinzione entro la fine del 2005, mentre un altro studio realizzato nel Queensland, Nord Australia, mostra che il numero di estinzioni crescerà rapidamente se la temperatura salirà di più di 2°C. Notizia recente è quella comunicata dal direttore dello zoo di San Pietroburgo riguardo gli orsi presenti nel suo zoo: una variazione climatica di pochi gradi al di sopra dello zero rispetto alle medie stagionali ha fatto risvegliare le femmine orso dal letargo e non ha permesso ad uno dei maschi di andarci.

Lo stesso fenomeno si è verificato in Lettonia e in Estonia, dove l'aumento della temperatura ha fatto risvegliare alcuni dei seicento esemplari di orsi che vivono nel paese.

Secondo uno studio dell'Università di Leeds in Gran Bretagna è proprio dal riscaldamento del pianeta che verrebbe la più grave minaccia alla biodiversità. L'indagine condotta in sei aree del mondo particolarmente rappresentative dal punto di vista del patrimonio naturalistico, ha accertato che i cambiamenti climatici potrebbero provocare la progressiva estinzione di un quarto degli animali e delle piante. Una percentuale compresa fra il 15 e il 37% di tutte le specie che abitano le aree prese in esame potrebbe infatti estinguersi nel giro di tre o quattro anni, ma ad essere minacciate potrebbero essere un milione di specie se si estendono le proiezioni a tutto il pianeta.

La scala climatica entro cui il cambiamento climatico probabilmente condurrà all'estinzione di alcune specie è di 100 anni.

### **2.4.1 Estinzione dei rospi**

Eventi climatici estremi, legati ai mutamenti climatici, hanno spesso dimostrato di avere relazioni con la scomparsa di alcune specie di un determinato luogo. Nel 1988, nelle zone alte della Costa Rica diminuirono o sparirono 20 specie di rane e rospi a causa di un anomalo periodo di siccità.

Nel 1980 nell'Ecuador Andino il Rospo Jambato (*Atelopus Ignescens*) è scomparso da 47 siti in cui era noto. Nello stesso periodo in Puerto Rico si è assistito alla scomparsa di tre specie di rane e la brusca diminuzione di altre 6 specie del genere *Eleutherodactylus* a causa del clima secco.

### **2.4.2 L'invasione delle locuste**

In Italia fenomeni di invasione delle cavallette si sono verificati anche nel passato, una delle più catastrofiche è stata quella del 1946 in Sardegna dove sono stati impiegati ingenti mezzi e uomini per debellarle. Durante il 2004, fenomeni di sciamature si sono verificati in tutta Italia e soprattutto in Puglia, dove i cambiamenti climatici stanno portando alla formazione di terreno idoneo alla deposizione delle uova. Infatti come sostiene Roberto Pantaleoni, della sezione di Sassari dell'Istituto per lo Studio degli Ecosistemi del CNR, i cambiamenti climatici hanno una forte influenza sulle migrazioni di questi insetti, che per deporre le uova, hanno bisogno o di terreni umidi o caldo-secchi. In particolare in Italia, il Grillastro Crociato, la specie maggiormente presente nel nostro territorio, si sviluppa dove il regime pluviometrico nei mesi marzo-maggio è di

100 ml di acqua e la desertificazione favorisce appunto la formazione di terreni con queste caratteristiche.

## 2.5 La tropicalizzazione dei mari

Per tropicalizzazione dei mari si può intendere un graduale riscaldamento delle temperature medie dell'intera massa d'acqua di un mare o un oceano. Infatti, gli effetti dei cambiamenti climatici si fanno sentire anche nei bacini minori dove si verificano profonde e complesse alterazioni che incidono significativamente sulla produttività e la biodiversità marina, fattori a loro volta connessi ad aspetti sociali, economici e culturali.

Gli effetti dei cambiamenti climatici possono essere quindi messi anche in relazione con le alterazioni nella biodiversità sia nella flora che nella fauna; questo può significare il verificarsi di variazioni genetiche all'interno delle specie, perché si selezionano organismi capaci di vivere in condizioni ambientali mutate.

Altra conseguenza è l'invasione di specie provenienti da mari differenti che provocano danni ingenti sia in termini di biodiversità che in termini economici; malgrado la difficoltà di stimare i costi provocati da questa invasione, alcuni studi ipotizzano che questi si possano stimare intorno ai dieci miliardi di euro l'anno. Solo negli Stati Uniti si valuta un costo annuale pari a circa 138 miliardi di dollari. In seguito a questi enormi danni sono state molte le iniziative a livello internazionale, come la Convention on Biological Diversity (Cbd) del 1992 nella quale si raccomanda di "prevenire l'introduzione di specie aliene, controllarle e radicarle, in quanto costituiscono una minaccia agli ecosistemi, agli habitat e alle specie".

### 2.5.1 Il caso del Mediterraneo

Il Mediterraneo, a causa della sua condizione di mare semichiuso e fortemente abitato, va incontro a peculiari modificazioni che, sebbene spesso non appaiano eclatanti, incidono profondamente sull'intero sistema. L'innalzamento della temperatura mette a rischio la sopravvivenza di molte specie sia animali che vegetali.

Tra le specie animali a rischio abbiamo il gamberetto della famiglia dei Misidi; il krill: popolazione di piccoli crostacei di cui si cibano principalmente i cetacei; le gorgonie: piccoli animali marini dall'aspetto di piante di vari colori che vivono fissate alle scogliere sommerse e che sono suscettibili alle minime variazioni climatiche; il fitoplancton che, negli oceani e nei mari della fascia temperata compreso il Mediterraneo, segue un ciclo annuale in accordo con il succedersi delle stagioni

E' quindi evidente che qualsiasi effetto che determini uno squilibrio delle stagioni può ripercuotersi negativamente e creare squilibri su tutta la catena alimentare, determinando quindi anche possibili variazioni nella quantità e nella qualità delle specie pescabili.

L'ENEA ha recentemente presentato uno studio basato su osservazioni satellitari della temperatura superficiale del Mediterraneo dal 1985, in cui si evidenzia come essa presenti un ciclo annuale con un massimo di circa 26°C in estate ed un minimo di circa 15°C in inverno. Nel corso del 2003, invece l'andamento regolare osservato nei precedenti 18 anni è stato stravolto dai valori insolitamente alti di SST (temperatura superficiale –*Surface Sea Temperature*) registrati nel periodo estivo dove sono state raggiunte temperature medie prossime ai 29°C.

Le aree dove il riscaldamento è stato maggiore sono state quelle del golfo del Leone, del mar Ligure, Tirreno, Ionio settentrionale, Adriatico, est della Sardegna e la zona tra la Tunisia, la Sardegna e la Sicilia.

Uno degli effetti più visibili negli ultimi anni dei mutamenti climatici in atto nel Mediterraneo è dato dall'invasione di specie ittiche immigrate dalla zona indo-pacifica ed atlantica. Sono pesci che

provengono da acque più calde e che sono arrivati attraverso il Canale di Suez o lo Stretto di Gibilterra. Si sono stabiliti favorevolmente nel bacino del Mediterraneo, perché in queste acque la temperatura si è innalzata e si sono create condizioni adatte alle esigenze di queste specie definite “aliene” proprio perché entrano in competizione con le specie autoctone, talvolta prendendone il posto e colonizzando vaste aree del bacino

La triglia del mar Rosso, ad esempio, viene ormai comunemente pescata e venduta, oppure le vongole filippine (*Tapes philipinarum*), in Adriatico, che importate dagli allevatori hanno letteralmente soppiantato le specie di vongole endemiche, il pesce pappagallo che prima viveva solo a Lampedusa e ora anche a Ustica e nelle Eolie, la Donzella pavonina, che sta soppiantando quella mediterranea, i pesci Vela o l'Aguglia imperiale, i pesci Balestra e alcune specie di Carangid.

Un esemplare di pesce palla, una delle specie più gradite nella cucina giapponese nonostante sia molto velenoso, è stato pescato lo scorso gennaio di fronte a Sciacca, in provincia di Agrigento, con estremo stupore e meraviglia del pescatore che si è trovato tra le mani un pesce mai visto.

Nel 1902, è stato ritrovato il teleosteo “*Atherinomorus lacunosus*”, il quale può essere considerato la prima specie ittica proveniente dal Mar Rosso ritrovata nel Mediterraneo. Dal 1946 in poi, i rinvenimenti di specie penetrate attraverso il Canale di Suez sono divenuti più frequenti e senza segni di declino.

Negli ultimi anni le università, l'ICRAM ed altri enti hanno lavorato e stanno creando una mappa con tutte le specie aliene, inclusi gli invertebrati e i vegetali marini, per mettere a punto le metodologie di conservazione e gestione del patrimonio ittico del Mediterraneo.

Anche la diffusione di alcune specie di piante ha provocato non pochi problemi sulla stabilità delle popolazioni presenti nel Mediterraneo, come nel caso della *Caulerpa taxifolia*, (alga originaria dei Caraibi dove non raggiunge dimensioni e diffusione allarmanti) che dalla prima volta in cui è stata segnalata (1984), ha raggiunto una distribuzione di oltre 13.000 ettari di superficie (Pizzolante, 2002).

## **2.6 Precipitazioni**

Nel complesso le probabilità maggiori propendono per un incremento delle precipitazioni nel centro-nord dell'Europa ed una riduzione delle precipitazioni nell'area mediterranea, con una modifica dell'intensità degli episodi di siccità e delle precipitazioni nelle diverse aree.

In Italia i modelli di simulazione prevedono una riduzione delle precipitazioni alle medie e basse latitudini che dovrebbero interessare le aree insulari e meridionali della nostra penisola.

### **2.6.1 Diminuzione delle precipitazioni e aumento delle temperature nel Nord Italia**

Il lavoro svolto da ARPA Emilia Romagna nel 2001 si basa sullo studio dei dati di temperatura e precipitazione registrati negli ultimi 40 anni in 30 stazioni localizzate nel nord Italia, che hanno evidenziato alcune anomalie climatiche.

La tabella seguente riassume il comportamento degli ultimi dieci anni rispetto al clima di riferimento 1960-1990 delle varie aree nelle diverse stagioni. Osservando tali dati si può notare come negli ultimi 10 anni le precipitazioni invernali e primaverili di tutte le aree prese in considerazione siano diminuite, le precipitazioni estive sono aumentate solo sull'area alpina e quelle autunnali sono aumentate ovunque tranne che nell'area adriatica in cui sono lievemente diminuite. Nel complesso il valore medio annuale è diminuito su tutte le aree tranne che in quella tirrenica in cui è circa costante.

**Tabella 2:** anomalie delle precipitazioni calcolate tra le medie degli ultimi 10 anni nel periodo 1960-1990

<b>Area/Stagione</b>	<b>Inverno</b>	<b>Primavera</b>	<b>Estate</b>	<b>Autunno</b>	<b>Tutto l'anno</b>
<i>Alpina</i>	-8.7 mm	-12 mm	5.2 mm	11.8 mm	-2.9 mm
<i>Adriatica</i>	-17.6 mm	-11.8 mm	-13.3 mm	-0.9 mm	-10.9 mm
<i>Tirrenica</i>	-20.7 mm	-9.1 mm	-7.5 mm	38.3 mm	0.2 mm
<i>Padana c.</i>	-17.9 mm	-18.7 mm	-13.1 mm	16.9 mm	-8.2 mm
<i>Padana oc.</i>	-11 mm	-29.9 mm	-8.2 mm	13.6 mm	-8.6 mm
<i>Totale</i>	-15.7 mm	-17.9 mm	-10.4 mm	16.1 mm	-7 mm

Fonte: Arpa Emilia Romagna

Nello stesso periodo alla complessiva diminuzione delle precipitazioni si è accompagnato un aumento delle temperature. Nelle tabelle seguenti sono evidenziati gli andamenti temporali delle temperature massime e minime che rivelano un aumento di entrambi i valori. Per quanto riguarda le temperature massime queste sono aumentate su tutte le aree in inverno, primavera ed estate, mentre nel periodo autunnale hanno subito una flessione nell'area alpina, tirrenica e padana occidentale. Le temperature minime, presentano tutti valori di anomalie positive e, in generale, più elevati: in particolar modo le temperature estive sono quelle che hanno subito un incremento maggiore su tutte le aree considerate. Nel complesso il valore medio annuale è aumentato ovunque e i mesi che maggiormente influenzano queste tendenze sono Dicembre, Gennaio, Luglio e Agosto.

**Tabella 3:** anomalia delle temperature massime calcolate tra le medie degli ultimi 10 anni nel periodo 1960-1990

<b>Area / Stagione</b>	<b>Inverno</b>	<b>Primavera</b>	<b>Estate</b>	<b>Autunno</b>	<b>Tutto l'anno</b>
<i>Alpina</i>	1.1°C	1°C	0.8°C	-0.6°C	0.6°C
<i>Adriatica</i>	1.2°C	0.9°C	1.6°C	0.5°C	1.1°C
<i>Tirrenica</i>	0.8°C	0.8°C	1°C	-0.1°C	0.6°C
<i>Padana c.</i>	1.5°C	1.3°C	1.2°C	0.3°C	1.1°C
<i>Padana oc.</i>	1.4°C	1.4°C	0.7°C	-0.3°C	0.8°C
<i>Totale</i>	1.2°C	1°C	1°C	0.1°C	0.8°C

Fonte: Arpa Emilia Romagna

**Tabella 4:** anomalia delle temperature minime calcolate tra le medie degli ultimi 10 anni nel periodo 1960-1990

Area/Stagione	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Tutto l'anno
<i>Alpina</i>	0.9°C	0.8°C	1.2°C	0.4°C	0.8°C
<i>Adriatica</i>	1.1°C	0.6°C	1.3°C	1°C	1°C
<i>Tirrenica</i>	0.5°C	0.5°C	1.1°C	0.7°C	0.7°C
<i>Padana c.</i>	1°C	0.7°C	1.2°C	0.8°C	0.9°C
<i>Padana oc.</i>	1.4°C	1°C	1.1°C	0.5°C	1°C
<i>Totale</i>	0.9°C	0.6°C	1.1°C	0.8°C	0.9°C

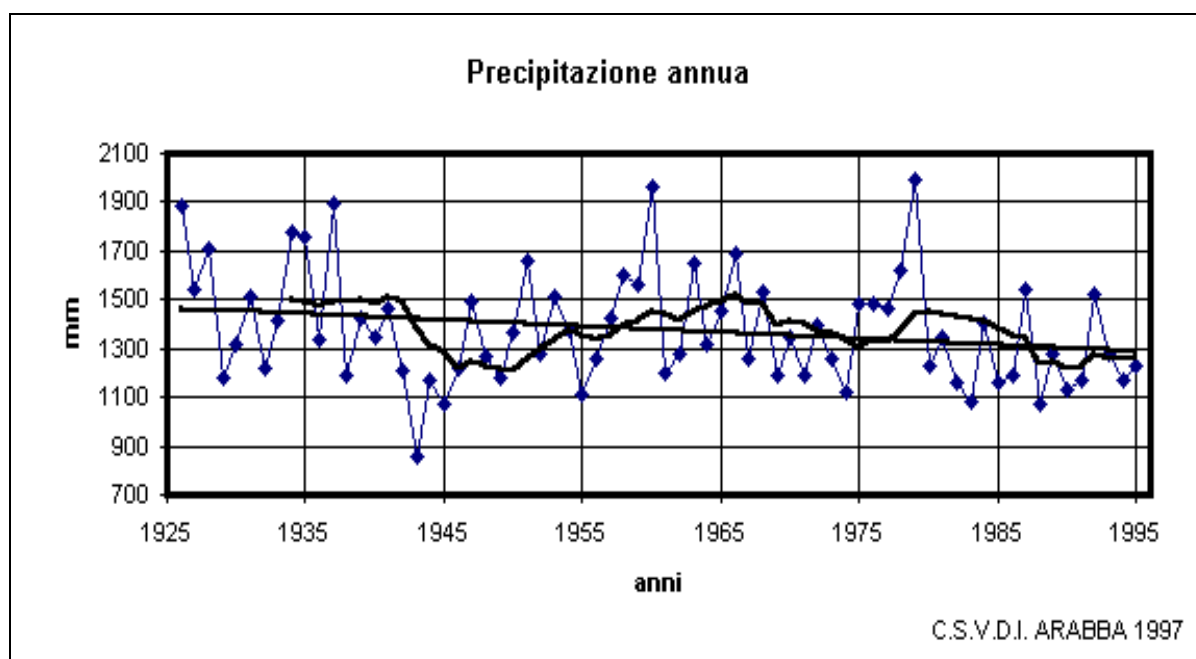
Fonte: Arpa Emilia Romagna

### 2.6.2 Precipitazioni sulle Alpi Orientali: l'analisi dei dati raccolti in settanta anni nella regione montana della Regione Veneto.

L'analisi di dati rivela la presenza di una tendenza media negativa della quantità annuale di precipitazioni in tutte le stazioni considerate. Nel periodo 1926-1995 la media risultante di nove stazioni e la curva ha ottenuto una regressione lineare pari a -2.6 mm/anno (figura 2).

L'analisi pluviometrica stagionale mostra una caduta significativa soltanto in primavera ed autunno (nella media di tutte le stazioni) con una caduta di -1.2 mm/anno in ogni stagione.

**Figura 2:** analisi pluviometrica relativa al Veneto nel periodo 1926-1995



L'autunno 2004 presenta una fase molto calda tra fine ottobre e prima decade di novembre, dove si superano diversi valori record sia del trentennio storico che degli ultimi 12 anni.

Da un punto di vista pluviometrico, il trimestre risulta più piovoso della norma (1961-'90), mentre, se confrontato con l'andamento degli ultimi anni, le province occidentali risultano più piovose e quelle orientali meno piovose. In generale, il mese meno piovoso per le province di pianura risulta ottobre.

Da un punto di vista termico risulta generalmente un autunno più caldo del normale specie nei mesi di ottobre-novembre.

In definitiva l'autunno 2004, presenta degli apporti pluviometrici **superiori ad entrambe le medie** considerate per le province di **Vicenza, Verona e Rovigo (1961- '90; ultimi 12 anni)**, superiori alla media del trentennio storico e attorno alla media degli ultimi anni a **Padova**, attorno alla media del trentennio storico e inferiori a quella dell'ultimo periodo a **Venezia e Treviso**.

### **3. Eventi estremi: alcuni casi italiani**

**La Toscana:** Gli studi effettuati in questa regione, attraverso analisi della temperatura superficiale marina registrano una tendenza al surriscaldamento. Negli ultimi 25 anni la temperatura è aumentata di almeno un grado, con un incremento nei mesi estivi, soprattutto nelle grandi città.

In base ai dati raccolti da 13 stazioni di rilevamento sull'Appennino tosco-emiliano, negli ultimi 80 anni le piogge sono diminuite dell'11% e in estate addirittura del 24%.

L'aumento della temperatura è, inoltre, causa dell'aumento dell'evaporazione e quindi di una maggiore sottrazione di acqua dal suolo.

L'Autorità di Bacino del fiume Arno, nel 2004, ha pubblicato i risultati ottenuti attraverso un'indagine svolta dal IBIMET-CNR, che, da una parte, indicano una netta e progressiva diminuzione della quantità di pioggia, circa il 30%, dall'altra, un'aumento della concentrazione e intensificazione delle precipitazioni nel tempo.

**Il caso Arno:** L'Arno è il maggiore fiume della Toscana e anche uno dei maggiori in Italia. Il suo deflusso segue l'andamento delle precipitazioni annuali da cui ne deriva un comportamento tipicamente torrentizio, caratterizzato essenzialmente da periodi di siccità e piene repentine e impetuose. Lo studio del fiume è stato effettuato attraverso i dati forniti da una stazione di misura idrometrica di Sabbiano in provincia di Arezzo.

Dal 1930 al 2003 la stazione ha fornito 25.000 dati sulle misure di portata giornaliera del fiume Arno in quel punto.

Lo studio di tali dati ha rilevato che la sua portata è andata diminuendo nel corso del tempo in analisi:

-dal 1930 al 1949 il valore delle portate medie era di 19,4 m<sup>3</sup>/s;

-dal 1950 al 1979 il valore delle portate medie era di 18,1 m<sup>3</sup>/s;

-dal 1980 al 2003 il valore delle portate medie era di 13,5 m<sup>3</sup>/s.

La diminuzione è concentrata nei mesi tardo autunnali e invernali, in particolar modo nei mesi di gennaio, febbraio e marzo.

Una seconda ricerca dell'Autorità di bacino dell'Arno, ha calcolato che nel Casentino – in un tratto che non ha subito l'impatto di opere rilevanti – il fiume ha una portata dimezzata rispetto a 40 anni fa la cui causa è attribuibile sicuramente alla diminuzione delle piogge invernali.

**Il territorio di Monza:** nel mese di novembre 2002 un episodio alluvionale, causato da intense piogge nell'arco di breve tempo, ha colpito il nord Italia, in particolare le regioni della Lombardia, della Liguria, del Trentino, del Friuli Venezia Giulia e parte dell'Emilia.

Questo fenomeno, breve ma intenso, si può considerare una delle tipiche conseguenze del surriscaldamento del pianeta.

I dati registrati all'osservatorio meteo di Buccinasco (Milano), nel solo mese di Novembre, sono di 308 mm di pioggia, di cui 141 concentrati nei giorni 24, 25 e 26, una quantità di pioggia pari alla quantità media di precipitazioni nell'intero mese di novembre nell'area considerata.

Per effetto di tale concentrazione anomala si sono verificate esondazioni diffuse, in particolare nei Comuni di Milano, Lodi, Lecco, Como, Monza, Cologno Monzese.

A Monza, il 26 e 27 novembre, le acque del Lambro hanno sommerso molte vie della città, causando ingenti danni a varie strutture e la morte di autotrasportatore.

I danni economici per la città sono stati quantificati in 28 milioni di euro, su un totale di un miliardo e centomila euro per tutta la Lombardia. Il governo ha stanziato 50 milioni di euro per il nord Italia, di cui 15 per la Lombardia.

**La provincia di Ragusa:** Gli eventi riconducibili al riscaldamento dell'atmosfera sono stati principalmente due trombe d'aria che si sono abbattute principalmente sul territorio del comune di

Scioli il 2 e il 12 novembre 2004. La seconda, quella del 12 novembre, è stata particolarmente violenta ed ha interessato, in tono minore, anche altri comuni della provincia di Ragusa. Originatasi sul mare di fronte la frazione di Donnalucata, ha colpito sia fabbricati che, soprattutto, le coltivazioni in serra presenti in zona. Le serre sono state completamente distrutte su un'area di circa 2 kmq, ma anche i fabbricati rurali e residenziali hanno subito notevoli danni. Il danno all'edilizia ed alle infrastrutture è stato stimato in circa 2.300.000 euro, mentre quello al settore serricolo in circa 8.000.000 di euro.

Negli ultimi 2-3 anni la frequenza delle trombe d'aria è aumentata così come la violenza. In passato si concentravano nel periodo estivo, non andavano oltre il mese di settembre e non facevano che limitati danni.

**L'alluvione del metapontino novembre 2004:** Venerdì 12 novembre abbondanti precipitazioni di origine nord-atlantica cominciano ad interessare la Sicilia e poi la costa ionica Calabrese. L'intensificazione dei fenomeni avviene durante il pomeriggio-sera a partire dalle ore 17:00 locali, allorquando il fronte raggiunge la Basilicata, accanendosi in particolar modo sul materano e sulla costa ionica con trombe d'aria ed eventi di natura alluvionale, per i quali è stato dichiarato lo stato di emergenza.

I fiumi Bradano e Basento sono stati gonfiati da piene che hanno causato allagamenti con conseguenti disagi per la popolazione e danni per le cose. Tuttavia, interessantissimo è il dato di pioggia che in appena due ore, nel metapontino, ha fatto registrare punte di 120 mm, qualificando il fenomeno in atto come uno dei più critici da un secolo a questa parte. Precedenti analoghi si erano avuti nel 1929 (nella zona dell'alto Basento), e nel 1959, proprio lungo la costa ionica.

Questo dato è particolarmente importante in quanto anche tutta la zona di "Terzo Cavone", nota a tutti perché individuata come sito idoneo e sicuro allo smaltimento delle scorie nucleari, fu completamente inondata e disastrosa.

Si riportano in allegato i dati salienti dell'evento, con le precipitazioni cumulate sull'intero evento ed i valori estremi, misurati alle stazioni di misura del Servizio Idrografico e Mareografico, presenti lungo la fascia ionica, in particolare nel metapontino.

Precipitazioni cumulate (totali) dell'evento registrate nell'area del metapontino:

- Sinni a SS 106: 86,8 mm (dalle ore 17:00 del 12/11 alle ore 0:20 del 14/11);
- Cavone a SS 106: 183,2 mm (dalle ore 17:00 del 12/11 alle ore 2:00 del 14/11);
- Agro di Pisticci (pressi di Terzo Cavone): 185,2 mm (dalle ore 17:00 del 12/11 alle 2:00 del 14/11);
- Metaponto a SS 106: 235,0 mm (dalle 17:00 del 12/11 alle 2:00 del 14/11);
- Basento a Bernalda scalo: 108,0 mm (dalle ore 17:00 del 12/11 alle ore 2:00 del 14/11);

Massime precipitazioni di breve durata:

- Cavone a SS 106: 68,8 mm (dalle 16:00 alle 18:00 del 12/11, durata 2 ore);
- Agro di Pisticci (pressi di Terzo Cavone): 57,6 mm (dalle 22:00 alle 00:00 del 12/11, durata 2 ore);
- Metaponto a SS 106: 121 mm (dalle 21:00 alle 23:00 del 12.11.04, durata 2 ore, evento estremo di precipitazione);
- Basento a Bernalda scalo mm 41 in 2 ore: dalle 16:00 alle 18:00 del 12.11.04;

Considerando che in questa area cadono mediamente, nel corso di un anno, circa 500 mm di pioggia, risulta chiaro che, se confrontati con i 235 mm di pioggia caduti in circa 33 ore nella stazione di Metaponto a SS 106, dimostrano, da un lato, la particolare intensità del fenomeno alluvionale e dall'altro, la criticità dell'andamento climatico regionale, che sembra avviarsi sempre più verso regimi tipici delle zone tropicali con precipitazioni molto intense e lunghi periodi di siccità.

**La nevicata del gennaio 2005 in Basilicata:** L'ondata di freddo verificatasi tra il 25 gennaio ed il 4 febbraio scorsi, prevista fin dal 15 gennaio sulle carte di previsione che annunciavano un

consistente e repentino abbassamento delle temperature a causa di un poderoso afflusso di aria fredda dal nord est Europa. Dalla nottata di martedì 26 gennaio è cominciato a nevicare abbondantemente e l'accumulo del manto è continuato in maniera intensa per circa 72 ore. L'aria carica di umidità proveniente dal mar Tirreno si è scontrata a ridosso della catena montuosa dell'Appennino con l'aria gelida che giungeva dalla direzione opposta, generando così le abbondanti precipitazioni nevose che hanno interessato tutto il settore occidentale della regione e la zona del Pollino. La maggior parte del fenomeno ha interessato i giorni 27, 28 e 29 gennaio, mentre le precipitazioni dei giorni successivi hanno solo assunto carattere di deboli e discontinue spolverate.

Il freddo perdurante, però, non ha permesso alla neve di sciogliersi per molti giorni. Nell'area nord della regione, dal vulture-melfese fino all'alto bacino del Basento e nel potentino, la neve si è raccolta, anche a quote basse, fino a raggiungere i 30 cm di spessore minimo. Ben altra intensità hanno avuto le precipitazioni nell'area del basso Sele, nella Val D'Agri, nella fascia Tirrenica e sul Pollino dove, a quote ancora più basse si sono raggiunti livelli di neve anche di 1 metro, con punte di oltre il doppio in montagna. L'abbondanza localizzata delle precipitazioni nevose ed il perdurare delle basse temperature, hanno completato il quadro di un evento che ha assunto anche caratteri di criticità meteorologica.

**Il caldo a Potenza:** Il Servizio Idrografico e Mareografico del Settore Informativo Prevenzione Monitoraggio e Controlli dell'ARPAB, analizza periodicamente l'andamento dei parametri più significativi del clima regionale, fra i quali la temperatura e regime pluviometrico, mettendo a confronto i nuovi dati con le serie storiche presenti nel proprio archivio a partire dal 1916.

Nei mesi di Giugno 2003 e Ottobre 2004, si è registrata la media delle temperature massime del mese più alta degli ultimi cinquanta anni (21,9 °C).

Analizzando i dati dei valori medi delle massime temperature giornaliere dei mesi di ottobre degli ultimi ottanta anni, si nota che valori così alti non sono tipici della zona, ma prima dell'ultimo decennio l'ultima volta che si registrarono temperature così alte fu nel 1935 quando ci furono 21,1°C. Negli ultimi quattro anni, invece, sono stati registrati per ben tre volte, due ad ottobre 2004 ed una a giugno 2003. L'analisi dei dati ha rilevato un chiaro trend crescente della temperatura massima della città di Potenza, negli ultimi anni tale innalzamento avviene con regolarità e sempre maggiore decisione. I dati registrati sul regime pluviometrico registrano un certo decremento nell'andamento delle piogge medie dell'ultimo decennio. Questo insieme al regime delle temperature sembra mostrare un quadro evidente delle variazioni locali del clima in Basilicata.

## Allegato

### Il protocollo di Kyoto

La prima volta che si è parlato del problema “clima” è stato nel 1979, anno in cui fu indetta la prima conferenza mondiale sul clima e in cui per la prima volta la comunità scientifica denunciò che le alterazioni climatiche avrebbero portato effetti nocivi sia per l'uomo che per l'ambiente.

L'IPCC o GIECC fu istituito nel 1988, anno in cui il tema venne affrontato per la prima volta anche a livello politico, quando l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite adottò una risoluzione nella quale il cambiamento climatico veniva definito “una preoccupazione per tutta l'umanità”. Nel 1990 fu organizzata la seconda conferenza mondiale sul clima e uscì il primo rapporto dell'IPCC che avvertiva la comunità internazionale del fatto che le attività umane stavano causando un aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e l'innalzamento del livello dei mari. A Rio de Janeiro, nel corso della Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo del 1992, vennero apposte le prime firme sulla Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico (UNFCCC) che entrò in vigore due anni dopo. Nel 1995 si riunirono per la prima volta i paesi firmatari, nella conferenza delle parti (COP), e venne pubblicato il secondo rapporto dell'IPCC che parlava di processo irreversibile del cambiamento climatico.

Finalmente dopo 18 anni di discussioni e di conferenze, nel 1997 fu firmato il Protocollo di Kyoto, un documento redatto e approvato nel corso della terza COP tenutasi in Giappone, il quale indica gli obiettivi internazionali per la riduzione dei gas serra, principali responsabili dell'aumento della temperatura media globale, riaffermando l'obiettivo ultimo della Convenzione che all'articolo 2 stabilisce per i paesi firmatari l'obbligo di “stabilizzare la concentrazione dei gas serra in atmosfera ad un livello che impedisca interferenze antropiche (attribuibili all'attività umana) pericolose per il sistema climatico. Questo livello dovrà essere raggiunto in una cornice temporale sufficiente a permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente al cambiamento climatico”.

L'obiettivo fissato è una riduzione di almeno il 5%, rispetto ai livelli di emissione del 1990, nel periodo 2008-2012. Le riduzioni sono però specifiche per ogni paese che ratifica il protocollo secondo il principio delle responsabilità comuni ma differenziate. Questo principio innanzitutto tiene conto della differenza tra paesi industrializzati e paesi in via di sviluppo, assegnando degli obiettivi stringenti ai primi, che hanno beneficiato dalla rivoluzione industriale causando in larga parte l'odierno problema dell'effetto serra. Anche all'interno del gruppo dei 39 paesi industrializzati elencati nel Protocollo è stata fatta una suddivisione degli oneri di riduzione in base alle responsabilità differenziate. L'Unione Europea ha assunto collettivamente l'impegno di ridurre le emissioni dell'8%, il Canada e il Giappone del 6%, la Nuova Zelanda e la Russia di stabilizzarle. I paesi che non hanno ratificato il Protocollo avevano concordato di ridurre le emissioni del 7%, gli Usa, e di aumentarle dell'8%, l'Australia.

All'interno dell'Unione Europea dei 15, ogni stato membro ha poi assunto un proprio impegno in base al cosiddetto “accordo di condivisione degli oneri” che ha stabilito per l'Italia un obiettivo di riduzione rispetto ai livelli del 1990 del 6,5%, per la Gran Bretagna del 12,5%, per la Germania e la Danimarca del 21% mentre furono considerate le necessità di crescita economica di alcuni paesi ai quali fu invece permesso di aumentare le emissioni come ad esempio la Spagna (+15%) e il Portogallo (+27%). La Francia e la Finlandia invece hanno l'obiettivo di stabilizzare le emissioni ai livelli del 1990. I 10 stati membri di recente annessione non hanno potuto concordare un impegno collettivo e quindi, mentre Cipro e Malta non hanno obblighi di riduzione, la Polonia e l'Ungheria devono ridurre le emissioni del 6% e gli altri sei paesi dell'8%.

Perché il Protocollo entrasse in vigore era necessario che fosse ratificato da paesi che complessivamente raggiungessero almeno il 55% delle emissioni dei paesi industrializzati. Senza gli USA (responsabili del 36,1%), l'Australia (2,1%) e la Russia (17,4%) la percentuale era ferma al 44%. La decisione presa da Putin lo scorso dicembre di ratificare il Protocollo ha portato questa

quota a superare il 61% e quindi all'entrata in vigore, il 16 febbraio 2005, di questo importante trattato internazionale sull'ambiente.

I settori e le categorie regolati da Kyoto vanno dalla produzione di energia ai trasporti, dai processi industriali al trattamento dei rifiuti, dall'agricoltura alla gestione forestale, toccando in pratica tutti gli aspetti del nostro stile di vita. I governi per adempiere agli obblighi di riduzione devono principalmente definire e implementare politiche e misure nazionali, ma possono anche ricorrere a strumenti supplementari di mercato. Le politiche e misure sono volte principalmente a migliorare l'efficienza energetica nei settori rilevanti dell'economia nazionale, a promuovere, sviluppare e utilizzare maggiormente fonti energetiche rinnovabili e tecnologie avanzate ed innovative compatibili con l'ambiente, ed alla riduzione delle emissioni nel settore dei trasporti. Altri campi nei quali è richiesta l'applicazione delle politiche e misure sono la gestione dei rifiuti per ridurre le emissioni di metano, la promozione di forme sostenibili di agricoltura e la protezione e il miglioramento dei meccanismi di rimozione e di raccolta dei gas serra tramite la promozione di metodi sostenibili di gestione forestale, di imboschimento e rimboschimento. Gli strumenti di mercato, i cosiddetti "meccanismi flessibili", si fondano sul principio che le emissioni di gas serra sono un fenomeno mondiale e che quindi non ha importanza il luogo dove vengono effettuate le riduzioni. L'aspetto innovativo di questi meccanismi consiste nell'assegnare un valore monetario all'atmosfera, bene condiviso da tutto il pianeta, creando un mercato delle quote di CO<sub>2</sub> finalizzato all'abbattimento delle emissioni. Il mercato del carbonio è il primo mercato di servizi ambientali su scala globale.

La rispondenza agli impegni di riduzione verrà verificata da un apposito Comitato che in caso di inadempienza da parte di un Paese nel primo periodo di adempimento, lo obbligherà nel secondo periodo a ridurre lo sforamento più il 30% di penalizzazione. Il Paese inadempiente dovrà inoltre redigere un piano di azione di conformità e gli verrà temporaneamente sospeso il diritto a vendere nel commercio delle emissioni. Le procedure e i meccanismi di conformità agli impegni di riduzione sono state definite in dettaglio dalla COP7 tenutasi nel 2001 a Marrakech ma dovranno essere approvate nel corso del primo incontro delle parti aderenti al Protocollo (MOP) che si terrà a novembre di quest'anno. La MOP dovrà anche decidere se le inadempienze avranno delle conseguenze legalmente vincolanti, ma il fatto che siano state definite negli Accordi di Marrakech è già di per se politicamente vincolante.

### **Hanno collaborato alla redazione del documento**

Francesca Biffi, Daniele Calza Bini, Cristian Cavicchiolo, Stefano Ciafani, Claudio Conti, Damiano Di Simine, Giorgio Fioravanti, Katuscia Eroo, Sandro Luchetti, Angelo Mancone.

Legambiente Lombardia, Legambiente Veneto

I circoli di Legambiente di Monza e Ragusa

### **FONTI**

- Cipra Italia
- Studio CLIMAGRI, Ucea e Arpa Emilia Romagna
- FAO: *Unità di coordinamento per L'Anno internazionale della montagna*
- Studio Arpa Basilicata sui cambiamenti climatici
- Studio Arpa Emilia Romagna: quaderno tecnico ARPA-SMR n°04/2001
- L'Ecologist Italiano - Il Clima Cambia 1
- Roberto Pantaleoni, della sezione di Sassari dell'istituto per lo studio degli ecosistemi del CNR)
- Dott Mauro Tollardo Regione Veneto - A.R.P.A.V. Centro Valanghe di Arabba Via Pradat, 5 Arabba di Livinallongo (Belluno)
- Cambiamenti climatici di San Rossore
- La Repubblica 12 Ottobre 2004: *Il pianeta prigioniero dei gas-serra non riesce più a liberarsi*
- Il Sole 24 Ore 8 Dicembre 2003: *Un' Europa che rischia di affogare*
- La Repubblica 7 Marzo 2004: *Allarme l'Europa si scalda troppo*
- La Repubblica 23 Febbraio 2004: *Cina assetata, alluvioni in Europa cisi il clima destabilizza il pianeta*
- La Repubblica 12 Ottobre 2004: *2030, Odissea sulla Terra*
- [www.lastampa.it](http://www.lastampa.it) 17 gennaio 2005
- [www.wcmc.org.uk/protected\\_areas/data/wh/sagarmat.html](http://www.wcmc.org.uk/protected_areas/data/wh/sagarmat.html)
- [www.rrcap.unep.org/globhutan/start.htm](http://www.rrcap.unep.org/globhutan/start.htm)
- [www.inrena.gob.pe](http://www.inrena.gob.pe)
- [www.newscientist.com/article.ns?id=dn3634](http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn3634)
- [www.climatelaw.org/media/UNESCO.petitions.release](http://www.climatelaw.org/media/UNESCO.petitions.release)
- [www.antarctica.ac.uk/About\\_Antarctica/Treaty/treaty.html](http://www.antarctica.ac.uk/About_Antarctica/Treaty/treaty.html)
- [www.heatisonline.org](http://www.heatisonline.org) .
- 1998 WH Committee (Kyoto) State of Conservation Reports, IV Annex.
- International Centre for Integrated Mountain Development; "Water and Mountains: International Year of Freshwater"; Newsletter n° 42.
- 1998 WH Committee (Kyoto) State of Conservation Reports, IV Annex.
- Shardul Agrawala, Vivian Raksakulthai, Maarten van Aalst, Peter Larsen, Joel Smith and John Reynolds; "Development and Climate Change in Nepal: Focus on Water Resources and Hydropower", Working Party on Global and Structural Policies, Working Party on Development Co-operation and Environment, O.E.C.D.
- Kaser, Juen, Georges, Gómez, Tamayo; "The Impact of Glaciers on the Runoff and the Reconstruction of Mass Balance History from Hydrological Data in the Tropical Cordillera Blanca"; Glaciers & Hydrology, 2002.
- United Nation World Conference on Disaster Reduction, "Disaster Risk Management in a Changing Climate", discussion paper, 2005.
- Greenpeace "Climate Change Impacts on Glaciers Around the World", November 2001.

- S. Agrawala, A. Moehner, A. Hemp, M. Van Aalst, S. Hitz, J. Smith, H. Meena, S. M. Mwakifwamba, T. Hyera and O. U. Mwaipopo; “Development and Climate Change in Tanzania: Focus on Mount Kilimanjaro”; O.C.D.E., Environment Directorate Development Co-operation Directorate, Working Party on Global and Structural Policies Working Party on Development Co-operation and Environment; 2003.
- G. Kaser, D. R. Hardy, T. Molg, R. S. Bradley and T. M. Hyera; “Modern Glacier Retreat on Kilimanjaro as evidence of Climate Change: Observations and Facts”; International Journal of Climatology, 24, 329-339, 2004.
- E.P.I.C.A. Community Members; “Eight Glacial Cycles from an Antarctic Ice Core”; Nature, 429, 2004.
- C. Cavicchiolo; “Studio della Variazione della Concentrazione dei Gas Traccia in Atmosfera negli Ultimi 40.000 Anni attraverso una carota di Ghiaccio prelevata in Antartide”; Tesi di Laurea, 2002.
- European Environmental Bureaux; “The Climate is changing the Arctic”; Environmental Issue, Report n° 38.
- H. P. Huntington; “The Changing Arctic: Indigenous Perspectives”; Cicerone 6-2004.
- K. M. Kovacs; “Svalbard’s Marine Mammals in a Warmer, Wetter, Wilder Arctic”; Cicerone 6-2004.
- A.C.I.A.; “Impacts of Warming Arctic”, Cambridge University Press, 2004.
- IPCC Third Assessment Report- Climate Change 2001, capitolo 17, “Small Island States”.
- A.heim, L. Sygna; “Economic Impacts of Climate Change on Tuna Fisheries in Fiji Islands and Kiribati”; C.I.C.E.Ro Report 2000:4.
- “Tuna Fishery Yearbook 2003” Secretariat of the Pacific Community.
- Elaborazione personale dei dati presenti nel “Tuna Fishery Yearbook 2003” Secretariat of the Pacific Community.
- G. A. Meehl, W. M. Washington; “El Niño like Climate Change in a Model with Increased Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentrations”; Nature, 382, 1996.
- A. Timmerman, J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif, E. Roeckner; “Increased El Niño Frequency in a Climate Model forced by Greenhouse Warming”, Nature, 398, 1999.
- Aronson, Precht, Toscano, Koltes; “The bleaching event and its aftermath on a coral reef in Belize”; Marine Biology, 141, 435 – 447, 2002.
- Aronson, Precht; “White-band disease and the catching face of Caribbean coral reefs”; Hydrobiologia, 460, 25 – 38, 2001.
- Aronson, Precht, Macintyre, Murdoch; “Coral bleach-out in Belize”; Nature, 405, 2000.
- Almada-Villela, Mcfield, P. Kramer, P. R. Kramer, Arias-Gonzalez; “Status of Coral Reefs of the World”, chapter 16, 2002; Global Coral Reef Monitoring Network.