



WWF

REPORT



2015

# GHIACCIO BOLLENTE

La sfera del ghiaccio e dei ghiacciai della terra e gli effetti del cambiamento climatico

SAVE THE  
CLIMATE  
SAVE THE  
HUMANS



# GHIACCIO BOLLENTE

## *La sfera di ghiaccio e dei ghiacciai della terra e gli effetti del cambiamento climatico*

testi di: Gianfranco Bologna, Isabella Pratesi

### INTRODUZIONE

#### 1. LA CRIOSFERA: LA SFERA DEL GHIACCIO DELLA TERRA

1.2. Polo Nord e Polo Sud

1.3. I ghiacciai

1.4. Il permafrost

#### 2. CURIOSANDO NELLA STORIA DELLA TERRA: QUANDO SUL GLOBO VI ERA TROPPO GHIACCIO

2.1 La Terra "a palla di neve" (*Snowball Earth*)

2.2 Le ere glaciali

2.3 Il punto critico (*Tipping Point*)

#### 3. LA SITUAZIONE ATTUALE, GLI SCENARI FUTURI E GLI IMPATTI SUGLI AMBIENTI E LE SOCIETÀ UMANE

3.1 Polo Nord (*Artico*)

3.2 Polo Sud (*Antartide*)

3.3 I ghiacciai

3.4 Permafrost

3.5 Livello del mare

3.6 La disponibilità delle risorse idriche

3.7 Gli effetti sulle società umane: un incremento del flusso dei migranti?

3.8 Gli effetti sui sistemi naturali, la biodiversità e il lavoro del WWF

3.8.1 Artico

3.8.2 I tracker a sostegno dell'orso polare: il caso delle Svalbard

3.8.3 Alla ricerca degli orsi polari

3.8.4 The Last Ice Area

3.8.5 Non solo orsi: la balena artica

3.8.6 I narvali: i cetacei unicorni

3.8.7 Il beluga

3.8.8 Salvare l'Artico

3.8.9 Antartico

3.8.10 Il WWF e l'Antartide

3.8.11 Sostenere le aree protette

3.8.12 Contrastare la pesca illegale

3.8.13 Contrastare il cambiamento climatico

3.8.14 Promuovere i trattati e le convenzioni internazionali

3.8.15 Le specie dell'Antartico

*Bibliografia*

Report WWF Italia 2015

Il 2015 è un anno molto importante per le decisioni che la comunità internazionale dovrà prendere cercando di ristabilire in una direzione di minore insostenibilità il rapporto esistente tra i sistemi naturali e i modelli di sviluppo delle nostre società che, in particolare negli ultimi sessanta anni, si è particolarmente aggravato.

Il Summit delle Nazioni Unite per definire gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile per i prossimi 15 anni (Sustainable Development Goals, SDGs) che si terrà a New York (il 25 – 27 settembre<sup>1</sup>) e la 21° Conferenza delle Parti della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici delle Nazioni Unite che si terrà a Parigi ( il 30 novembre – 11 dicembre<sup>2</sup>) devono assolutamente produrre risultati significativi che indirizzino i nostri percorsi verso società più sostenibili. Purtroppo il tempo che trascorre nell'inazione non gioca certamente a nostro favore e ogni giorno che passa senza che siano presi provvedimenti concreti, rende tutto più difficile.

Il cambiamento climatico e le azioni che devono essere realizzate per ridurlo e contenerlo, provvedendo all'eliminazione delle cause prodotte dal nostro intervento, in primis le emissioni di gas che modificano la composizione chimica dell'atmosfera, incrementando l'effetto serra naturale, dovute soprattutto all'utilizzo dei combustibili fossili (carbone, petrolio e gas naturale), costituiscono un obiettivo ineludibile per l'intera umanità come ha chiaramente illustrato, sollecitando all'azione, anche Papa Francesco nella sua Enciclica "Laudato sì " resa nota nel giugno scorso.

L'estensione e la scala delle interazioni tra la biosfera e la specie umana nei secoli recenti non ha infatti precedenti. L'intervento umano ha ormai alterato e sta continuamente alterando la dinamica degli ecosistemi in tutto il mondo, modificando persino gli equilibri dinamici del sistema climatico degli ultimi 10.000 anni. Dal periodo geologico dell'Olocene (iniziato circa 11.700 anni fa) con una biosfera che si presume avesse un decina di milioni di specie viventi siamo passati ad un'epoca geologica (un vero battito di ciglia nella storia dei 4.6 miliardi di anni del nostro pianeta) che gli studiosi ritengono debba definirsi Antropocene, con un mondo dominato da una sola specie, la nostra (passata da

---

<sup>1</sup> vedasi il sito dedicato all'evento delle Nazioni Unite [www.un.org/sustainabledevelopment/summit](http://www.un.org/sustainabledevelopment/summit)

<sup>2</sup> vedasi i siti [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int) e <http://www.cop21.gouv.fr/en>

un miliardo di abitanti agli inizi del 1800 ad oltre 7 miliardi e 300 milioni attuali<sup>3</sup>) e gli ambienti terrestri delle terre emerse trasformati per almeno il 50%<sup>4</sup>.

Disponiamo ormai, grazie alla ricerca scientifica e all'utilizzo di tecnologie avanzate, di un'incredibile quantità di informazioni sulla nostra Terra. Vi è un numero significativo di satelliti artificiali che orbitano intorno ad essa e ci riportano continuamente splendide immagini delle varie parti del nostro pianeta, fornendoci, attraverso avanzati sensori, una notevole massa di informazioni sul suo stato di salute, dalla concentrazione della clorofilla, alla temperatura della superficie dei mari, ai contenuti di aerosol in atmosfera, alla produttività primaria netta degli ecosistemi, alle modifiche nell'utilizzo dei suoli ecc.

La profonda trasformazione che hanno subito a causa dell'intervento umano tutti gli ecosistemi della Terra è ormai ben documentata dalle ricerche pluridecennali dei numerosi programmi scientifici internazionali dedicati al Global Environmental Change (GEC) che nel 2013 hanno visto partire la grande ricerca internazionale "Future Earth: Research for Global Sustainability" voluta e patrocinata dalla più grande organizzazione scientifica del mondo, l'International Council for Science (ICSU)<sup>5</sup>.

Il sistema climatico che si è venuto a formare negli ultimi 11.000 anni, pur nella sua dinamicità, ci ha consentito di passare dalla Rivoluzione Neolitica con l'avvio delle attività agricole e zootecniche fino a giungere alla Rivoluzione Industriale e alla grande espansione territoriale della nostra specie sulla Terra.

Oggi stiamo mettendo in serio pericolo questa dimensione di stabilità (pur nella sua indubbia dinamicità evolutiva) ponendo il Sistema Terra in una condizione abbastanza singolare dove una singola specie agisce quotidianamente per modificare le condizioni stesse fondamentali che ne abilitano la presenza e la sopravvivenza.

Modificazioni nel sistema climatico della Terra ci sono sempre state nel corso dei 4.6 miliardi di anni che costituiscono l'età del nostro pianeta. Molti di questi sono stati cambiamenti drastici e drammatici che hanno profondamente

---

<sup>3</sup> Vedasi l'ultimo rapporto sulla popolazione "World Population Prospects. The 2015 Revision" delle Nazioni Unite che prevede per il 2050 una popolazione mondiale, secondo la variante media, di 9 miliardi e 725 milioni e per il 2100 una popolazione di 11 miliardi e 213 milioni <http://esa.un.org/unpd/wpp>.

<sup>4</sup> Crutzen P. J., 2002, Geology of humankind, Nature, 415, 23; Zalasiewicz J. Et al., 2011, The Anthropocene: a new epoch of geological time ? Philos. Trans. R. Soc. London A 369, 835-841; Ellis E. C., 2011, Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere, Philos. Trans R. Soc. London A, 369, 1010-1035; Ellis E. C. et al., 2013, Used Planet: a global history, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 110, 7978-7985. Vedasi anche il sito [www.anthropocene.info](http://www.anthropocene.info).

<sup>5</sup> Vedasi il sito dell'ICSU [www.icsu.org](http://www.icsu.org) che già nella sua homepage presenta il programma Future Earth ed anche il sito appositamente dedicato [www.futureearth.org](http://www.futureearth.org) dal quale ci si può collegare a tutti i programmi internazionali di ricerche sul cambiamento globale per conoscerne modalità, avanzamenti e risultati.

modificato il nostro pianeta e l'evoluzione stessa della vita. Ne sono testimonianza i grandi fenomeni di estinzione di massa dove si ritiene siano scomparse oltre il 90% delle specie allora presenti (come è avvenuto nell'estinzione di massa tra il Permiano e il Triassico 250 milioni di anni fa).

Ma è bene ricordarsi che tutti questi sconvolgimenti hanno avuto luogo senza alcuna presenza umana sulla Terra, che, invece, oggi è fortemente pervasiva su tutta la superficie terrestre ed è altrettanto bene ricordare che i lucidi motivi, scientificamente dimostrati, che ci fanno preoccupare per il nostro immediato futuro, derivano proprio dagli effetti dell'impatto continuo e crescente dei nostri modelli di sviluppo sul sistema climatico e su tutti gli ecosistemi del pianeta.

Inoltre bisogna sottolineare che le emissioni cumulative di CO<sub>2</sub> determineranno in gran parte il riscaldamento medio globale della superficie terrestre alla fine del 21° secolo e oltre. Come ci ricordano i climatologi la maggior parte degli effetti del cambiamento climatico persisteranno per molti secoli, anche se si dovessero fermare da subito le emissioni di CO<sub>2</sub>. Quest'aspetto della problematica del cambiamento climatico richiede all'umanità un sostanziale impegno multisecolare per il cambiamento del clima causato dalle emissioni di CO<sub>2</sub> passate, presenti e future.

Ed è inutile sottolineare come sia urgentissimo intervenire subito e non aspettare oltre per eliminare le cause antropiche dell'immissione di gas climalteranti nell'atmosfera.

L'affascinante mondo del ghiaccio e dei ghiacciai presenti sulla Terra (definito Criosfera) e gli effetti che stiamo esercitando su di esso, costituisce un significativo campanello di allarme per ciò che stiamo causando nel sistema climatico incrementando il riscaldamento globale del Pianeta. Questo breve rapporto riassume quanto sta accadendo a questa incredibile e fondamentale componente della nostra Terra affinché vengano finalmente prese le necessarie azioni per arginare e contenere i nefasti effetti della nostra azione.



## 1. LA CRIOSFERA: LA SFERA DEL GHIACCIO DELLA TERRA

---

Le estremità della Terra, i poli Nord e Sud, l'Artide e l'Antartide, sono oggi ricoperte di ghiaccio mentre distese di ghiacciai sono presenti in diverse aree montuose del mondo, come le Alpi, l'Himalaya, le Ande, il Kilimangiaro in Africa, ecc.

Questo affascinante mondo con una sua incredibile storia geologica, chimico, fisica e biologica costituisce la sfera del ghiaccio del nostro pianeta: la **criosfera** (dal greco Kryos, che indica il freddo). Si tratta di un mondo straordinario, fondamentale per gli equilibri dinamici che hanno consentito la presenza della specie umana e lo sviluppo delle nostre civiltà. Le regioni fredde del globo influenzano l'intero sistema climatico mondiale attraverso il loro impatto sul bilancio energetico della superficie terrestre, il ciclo dell'acqua, la produttività primaria, lo scambio dei gas di superficie e i livelli delle acque degli oceani e dei mari. La criosfera è inoltre cruciale per le società umane e la biodiversità che la abitano.

Quando si parla di criosfera gli studiosi intendono indicare i luoghi dove l'acqua è presente nella sua forma solida e dove le temperature particolarmente basse fanno ghiacciare l'acqua.



Come ricorda l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) la criosfera è il termine collettivo che indica le componenti del sistema Terra che contengono una sostanziale frazione di acqua allo stato ghiacciato. La criosfera si espande nei freddi mesi invernali. Luoghi stagionali della criosfera comprendono le aree dove cade la neve e dove il suolo, i fiumi e i laghi ghiacciano.

La **neve** rappresenta di fatto la precipitazione di cristalli di ghiaccio che si formano quando la temperatura fredda e i livelli di umidità si combinano nell'atmosfera. Se la temperatura dell'aria resta molto fredda i cristalli cadranno sulla terra in forma di neve. La neve può essere riscontrata in tante parti della Terra, persino all'Equatore alle altitudini più elevate, e svolge un'azione di riflessione della luce del Sole, influenzando il clima globale. Attraverso il ciclo dell'acqua planetario fornisce inoltre acqua per le società umane, gli animali e le piante del globo terrestre.

Il **ghiaccio** che costituisce la fase solida dell'acqua, ha comunque densità minore dell'acqua stessa e quindi galleggia in essa; è presente in diverse parti del globo ma si forma principalmente alle alte latitudini, a certi livelli di altitudine oppure durante le notti quando le temperature sono particolarmente fredde.

I **ghiacciai** costituiscono le grandi masse di ghiaccio presenti sulla Terra, coprono il 10% della superficie delle terre emerse e contengono il 75% dell'acqua dolce presente sul nostro pianeta. Il ghiaccio marino presente nell'Artico è invece costituito dall'acqua dell'oceano ghiacciata che si forma, cresce e fonde nella stessa acqua oceanica. I ghiacci marini artici sono capaci di riflettere l'80% dell'illuminazione proveniente dal Sole ma, quando si fondono nel periodo estivo espongono la superficie scura delle acque oceaniche che anziché riflettere assorbono addirittura il 90% delle radiazioni. Ciò provoca un incremento del calore nelle acque dell'oceano. Un piccolo incremento delle temperature ai poli indica un significativo riscaldamento globale nel corso del tempo, facendo così dei poli le regioni più sensibili al cambiamento climatico sulla Terra.

Per gran parte del suo passato geologico la Terra (che ha percorso 4.6 miliardi di anni di esistenza) è stata priva di calotte polari di ghiaccio, mentre in altri momenti di questa lunghissima storia, la presenza o l'assenza di aree polari ha provocato un diverso incremento o abbassamento del livello dei mari.

Le calotte di ghiaccio attualmente presenti sulla Terra durano da alcuni milioni di anni ma oggi la loro esistenza è a rischio: il crescente fenomeno del riscaldamento climatico sta già provocando effetti significativi su queste aree e le previsioni per l'immediato futuro, nel caso l'umanità non riuscisse a eliminare definitivamente e in tempi brevi l'utilizzo dei combustibili fossili, sono estremamente preoccupanti e si riverbererebbero sulla salute degli ecosistemi e sulle nostre società.

## 1.2. POLO NORD E POLO SUD

Il Polo Nord e il Polo Sud sono caratterizzati da profonde diversità. Il Polo Nord è collocato nel mezzo dell'oceano Artico ed è circondato da continenti, mentre il Polo Sud è presente su di un continente ed è circondato dagli oceani.

L'Artico è costituito soprattutto dal mare Glaciale Artico che occupa una superficie di 14 milioni di km quadrati, mentre le principali terre artiche che lo lambiscono sono costituite da diversi arcipelaghi (come le Svalbard e la Novaja Zemlja) e dai territori più settentrionali della Siberia, dall'intera Groenlandia e dalla parte settentrionale dell'Alaska.

Nel Nord quindi, se escludiamo la massiccia calotta glaciale della Groenlandia, il ghiaccio galleggia sul mare e si forma, fondendosi e spezzandosi a seconda delle stagioni. Quando una parte del ghiaccio galleggiante ogni estate si fonde non provoca un innalzamento dei mari, perché si tratta dell'acqua stessa del mare che si ghiaccia. Invece quando a fondersi sono le calotte glaciali sulla terraferma, come ad esempio quella della Groenlandia, aumenta il livello di acqua nei mari innalzandolo. Se il ghiaccio marino non si riforma regolarmente nelle stagioni invernali si innesca un processo a feedback positivo che paradossalmente incrementa il riscaldamento globale. Infatti con la riduzione della superficie ghiacciata che aiuta ad riflettere i raggi solari (attraverso il fenomeno definito albedo<sup>6</sup>) viene esposta invece una superficie marina maggiore, prima ricoperta dal ghiaccio che, assorbendo intensamente le radiazioni solari, fa aumentare la temperatura complessiva del pianeta e a sua volta contribuisce ad ostacolare la stessa formazione dei ghiacci polari.

L'Antartide ha una superficie di oltre 13 milioni di km quadrati con uno spessore medio del ghiaccio di 2 km. Attorno ad esso l'oceano Atlantico e l'oceano Pacifico formano due ampie insenature, definite rispettivamente mare di Weddel e mare di Ross, e la sua struttura è costituita da una parte orientale,

---

<sup>6</sup> L'albedo (dal latino albus, bianco) misura la capacità riflettente della superficie terrestre e costituisce la frazione di energia solare che proviene dalle radiazioni ad onda corta ed è riflessa dalla Terra nello spazio. Il ghiaccio spesso e la neve hanno un'albedo alta mentre la terra nuda e il mare presentano una bassa albedo.

formata da altipiani immensi elevati oltre i 3.000 metri (una sorta di strozzatura centrale dove si trovano appunto i mari di Weddel e di Ross) ed una parte occidentale, con una sua appendice peninsulare orlata da rilievi che, nel caso del monte Vinson, giungono fino all'altezza di 5.150 metri.

La temperatura più fredda misurata sulla superficie terrestre è stata di  $-89^{\circ}\text{C}$  ed è stata registrata nella stazione di ricerca scientifica russa di Vostok nell'Antartide orientale.

Il ghiaccio si sviluppa ai poli perché la radiazione solare che giunge in queste aree è molto scarsa tanto che durante l'inverno, a nord del Circolo Polare Artico e a sud del Circolo Polare Antartico, il Sole non sorge per diversi mesi e anche in estate non si alza mai di molto sull'orizzonte.

Sulla terraferma le calotte glaciali si formano grazie all'accumulo della neve, mentre il ghiaccio di mare si forma quando è la stessa acqua di mare a gelare per la bassa temperatura e ad essa si aggiunge anche la neve. Il ghiaccio di mare che si forma in Antartide è stagionale, raramente è più vecchio di sei mesi, mentre il ghiaccio artico può durare diversi anni.

Nell'Artico a partire dalla fine del XV secolo si è avuta un'interessante ricerca di un "passaggio a Nord-Ovest" verso il Pacifico da parte di diversi esploratori e navigatori, tra i quali il famoso esploratore norvegese Roald Amundsen che



© Steve Morello / WWF

riuscì a farsi largo tra i ghiacci ma in un'impresa che lo impegnò dal 1903 al 1906 (e sempre Amundsen con il suo equipaggio furono i primi, nel 1911, a raggiungere il Polo Sud).

Oggi, purtroppo, sono diverse le estati nelle quali si attraversa il mitico passaggio a causa della progressiva fusione dei ghiacci marini estivi dell'Artico, tanto che sulla base di alcuni modelli climatici si è valutata la possibilità che il ghiaccio marino estivo dell'Artico possa scomparire entro il 2050.

Il riscaldamento delle acque nell'Artico, oltre a fondere il ghiaccio marino, potrebbe causare la destabilizzazione dei grandi giacimenti di idrati di metano, presenti soprattutto nel permafrost siberiano e canadese, provocando rilasci significativi di questo importante gas serra. Inoltre il ruolo della formazione dei ghiacci marini negli equilibri dinamici del sistema climatico è molto rilevante anche per il contributo che fornisce all'attivazione dell'importantissimo "nastro trasportatore" delle correnti oceaniche. Infatti quando si forma il ghiaccio marino espelle il sale contenuto nell'acqua, producendo ghiaccio di acqua dolce. L'acqua rimanente, conseguentemente, diventa più salata e densa contribuendo a generare l'acqua dei fondali atlantici. Questa differenza in densità crea un'importante sistema convettivo di correnti oceaniche detto appunto "nastro trasportatore". Nel momento in cui si forma meno ghiaccio questa circolazione delle correnti oceaniche potrebbe risentirne in maniera drammatica con tutte le immaginabili conseguenze climatiche ed ecologiche.

175 milioni di anni fa l'Antartide faceva parte di una sorta di supercontinente definito Gondwana che vide, nel tempo, a causa del fenomeno della tettonica a placche, la separazione prima del continente africano 160 milioni di anni fa, poi dell'India 125 milioni di anni fa, poi dell'Australia e Nuova Zelanda 40 milioni di anni fa; la parte più a sud che stava per formare l'Antartide si raffreddava sempre di più e si staccò definitivamente, dall'America meridionale 34 milioni di anni fa.

### **1.3. I GHIACCIAI**

Le aree montuose nel mondo interessate dai ghiacciai sono:

- l'Himalaya, la regione di ghiacciai più estesa a livello planetario che per 2.400 km attraversa sei nazioni, India, Pakistan, Afghanistan, Cina, Bhutan e Nepal,
- l'area delle Ande e della Patagonia,
- l'area delle Alpi e delle zone alpine dell'Europa orientale (come le montagne del Caucaso, gli Urali e le Alpi transilvaniche),

- le aree degli altipiani dell’Africa orientale che riguardano soprattutto il Kilimangiaro e il massiccio del Ruwenzori,
- la cosiddetta cordigliera nordamericana tra Stati Uniti e Canada che comprende ad esempio il Glacier National Park statunitense.

#### **1.4. IL PERMAFROST**

Il permafrost è il suolo che rimane a 0°C o al di sotto di questa temperatura per almeno due anni consecutivi. Rappresenta il suolo ghiacciato in permanenza che è diffuso su circa un quinto delle terre emerse raggiungendo spessori significativi in alcune aree, anche di 800 metri; è presente in particolare in Alaska, Canada e Siberia. Nel sottosuolo congelato del permafrost delle regioni artiche, dall’area siberiana a quella canadese, si riscontrano altissime concentrazioni di materia organica, accumulatasi nel corso dei millenni che, a causa del riscaldamento climatico, rilasciano il metano in atmosfera oltre ad ulteriori emissioni di anidride carbonica. Il metano, come sappiamo, è un gas potenziale con un effetto serra superiore a quello dell’anidride carbonica.



## 2. CURIOSANDO NELLA STORIA DELLA TERRA: QUANDO SUL GLOBO VI ERA TROPPO GHIACCIO

---

### 2.1. LA TERRA “A PALLA DI NEVE” (SNOWBALL EARTH)

Ci sono tanti segni geologici che dimostrano come, nell’ultima fase del Precambriano (in un periodo che, nella carta ufficiale del tempo geologico della storia della Terra, il Geological Time Scale, va dagli 850 ai 540 milioni di anni fa), la Terra possa essere stata sottoposta ad una sorta di congelamento globale, fenomeno definito nel 1992 da Joe Kirschvink , professore di geobiologia al California Institute of Technology (il prestigioso Caltech), la Terra a palla di neve (Snowball Earth) <sup>7</sup>.

In quel periodo (che poi è stato più ristretto, sulla base dei risultati delle ricerche fatte, tra gli 850 ed i 635 milioni di anni fa) si ritiene che il potere di illuminazione del nostro Sole sia stato più debole del 6% rispetto ad oggi e che fosse presente una disposizione dei continenti più concentrati attorno all’Equatore; questo insieme di situazioni deve aver innescato una significativa glaciazione. Infatti le terre emerse che risultano più chiare rispetto ai mari, riflettevano più energia solare proprio alle basse latitudini, generando così un raffreddamento globale.

Per questo periodo della storia della Terra sono stati anche identificati depositi di ferro nei sedimenti marini che sono indice di anossia, cioè di mancanza di ossigeno a causa di una superficie oceanica probabilmente del tutto ghiacciata. E’ molto probabile che il raggiungimento dei 30° di latitudine da parte della banchisa ghiacciata possa aver innescato una retroazione positiva dovuta alla riflessione dell’energia solare da parte dei ghiacci che potrebbero essersi estesi a tutto il pianeta.

Un modo importante di cui dispongono gli scienziati per riconoscere la latitudine della collocazione delle rocce a seguito dei fenomeni della tettonica a placche è quello di studiare l’orientazione delle particelle magnetiche in esse presenti. Si è potuto così notare che i depositi glaciali datati 640 milioni di anni fa e attualmente presenti in Canada, Groenlandia, Namibia, Australia e nelle

---

<sup>7</sup> Ward P. e Kirschvink J., 2015, A new history of life. The radical new discoveries about the origins and evolution of life on Earth, Bloomsbury.

isole Svalbard all'epoca della loro formazione si trovavano vicino all'Equatore e nonostante questo portano i segni di una inequivocabile glaciazione.

Ufficialmente nel 1990 l'International Commission on Stratigraphy e l'International Union of Geological Sciences (IUGS) hanno ratificato il periodo definito Criogeniano (dal greco "la nascita del freddo") nel Geological Time Scale, cioè nella geocronologia riconosciuta dalla scienza, con la copertura del tempo dagli 850 ai 635 milioni di anni fa <sup>8</sup>.

Questo grande fenomeno di glaciazione attribuita all'ultima fase del Precambriano avrebbe avuto una situazione equivalente (da Snowball Earth) più o meno intorno ai 2,4 miliardi di anni di vita della Terra.

Altri fenomeni di glaciazioni, prima delle ere glaciali del Plio-Pleistocene che hanno interessato gli ultimi 3,5 milioni di anni di storia della Terra, potrebbero aver avuto luogo, uno alla fine dell'Ordoviciano, 443 milioni di anni fa e l'altro alla fine del Devoniano, 360 milioni di anni fa.

## 2.2. LE ERE GLACIALI

Gli ultimi 3,25 milioni di anni della storia della Terra sono stati caratterizzati particolarmente da un susseguirsi di periodi di glaciazione intervallati da periodi interglaciali più caldi.

Agli inizi del Novecento geografi e geologi, come Albrecht Penck e Eduard Bruckner, hanno iniziato a proporre una prima cronologia delle glaciazioni alpine sulla base delle analisi di diverse successioni di sedimenti in alcune valli di affluenti del Danubio distinguendo quelle che per lungo tempo sono state definite le quattro glaciazioni pleistoceniche Gunz, Mindel, Riss e Wurm (che si studiavano a scuola fino a qualche decennio fa) avvenute circa tra i 680.000 e i 15.000 anni fa. Oggi questa distinzione non viene più riconosciuta e ancora non è disponibile una classificazione e sequenza unica per i vari fenomeni glaciali che si sono verificati in tutto il mondo, anche se questa distinzione per chi vive in Europa in qualche modo ricorda termini familiari.

I picchi di freddo che caratterizzano alcuni periodi della storia della Terra vengono definiti ere glaciali. Sono dovuti ad una complessa interazione di numerosi fattori ma, in particolare, alle variazioni dell'orbita terrestre note come cicli di Croll-Milankovic (in onore allo scienziato scozzese James Croll che le ipotizzò e al matematico serbo Milutin Milankovic che ne studiò e verificò

---

<sup>8</sup> Plumb K. A., 1991, New Precambrian Time Scale, Episode 14, 2; 134 – 40. Vedasi anche il sito dell'International Union of Geological Sciences (IUGS), [www.iugs.org](http://www.iugs.org) e quello dell'International Commission on Stratigraphy, [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org).

attentamente i dati) all'oscillazione dell'orbita terrestre che alterano la quantità di radiazione solare che viene ricevuta dalla Terra. Questi cicli dipendono da tre fattori che riguardano l'eccentricità dell'orbita della Terra intorno al Sole, l'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre e la sua precessione (che è simile a quella di una trottola in rotazione che descrive un cerchio). Questi tre fattori variano con una periodicità distinta, rispettivamente di 400.000, 41.000 e 26.000 anni. Ne consegue che, a seconda della stagione, regioni diverse del pianeta ricevono quantità diverse di radiazione solare. Tenendo conto di questi cicli e trascurando il grave fenomeno attuale del riscaldamento globale dovuto alle attività umane, potremmo aspettarci un altro periodo glaciale tra 15.000 anni.

### 2.3. IL PUNTO CRITICO (TIPPING POINT)

In questi mesi due grandi ed autorevoli paleoecologi, Anthony Barnosky e Elizabeth Hadly, hanno pubblicato un libro molto interessante dal titolo "End Game. Tipping point for Planet Earth?"<sup>9</sup>.

Si tratta degli stessi autori di uno studio molto importante pubblicato con altri 20 scienziati di fama internazionale nel 2012 su "Nature"<sup>10</sup>.

In questo lavoro gli studiosi fanno presente che decenni di ricerche sulla dinamica dei sistemi naturali ci ha portati a conoscere come diversi ecosistemi possono transitare in maniera repentina e irreversibile da uno stato ad un altro quando sono spinti da una serie di fenomeni interconnessi, ad attraversare una soglia critica.

Oggi ci dicono questi scienziati, abbiamo le evidenze scientifiche che l'ecosistema globale, la nostra meravigliosa biosfera dalla quale dipende la nostra stessa esistenza, può reagire in modi simili avvicinandosi ad una transizione critica a livello planetario come risultato degli effetti pervasivi e di ampie dimensioni esercitate dall'intervento umano.

Si ritiene perciò plausibile il raggiungimento di un punto critico (Tipping Point) su scala planetaria che richiede ovviamente una grandissima attenzione da parte di noi tutti ed una raffinata capacità scientifica di registrare i segnali di allerta che preludono ad un passaggio di transizione critica su scala globale come sta già avvenendo, in tante parti del mondo, a scala locale, per essere capaci di individuare i feedback che promuovono questa transizione. Ed è ovviamente necessario, come richiedono gli studiosi anche in questa bella pubblicazione apparsa su "Nature", agire sulle cause che sono alla radice del come gli esseri umani stanno forzando i cambiamenti biologici planetari.

---

<sup>9</sup> Edito da William Collins.

<sup>10</sup> Barnosky A. et al, 2012, Approaching a state shift in Earth's biosphere, Nature, Vol. 486, No. 7402

Barnosky e gli altri ricordano l'importanza di agire per ridurre la popolazione mondiale, per ridurre il consumo pro capite delle risorse, per ridurre l'utilizzo di combustibili fossili, per rafforzare l'efficienza energetica, per incrementare l'efficienza della produzione e distribuzione del cibo e per rafforzare le azioni di gestione e conservazione della biodiversità e dei servizi degli ecosistemi, sia negli ambienti terrestri che marini, cercando di mantenere il più possibile salvaguardate le parti della superficie terrestre ancora non dominate dall'intervento umano.

La ricerca su "Nature" sottolinea come gli studi sulle dinamiche degli ecosistemi a piccola scala dimostrano che percentuali che vanno da almeno il 50% fino al 90% delle aree stesse risultano alterate e che interi ecosistemi stanno sorpassando punti critici che li conducono in stati differenti da quelli originali.

A scala più ampia i ricercatori fanno presente che per sostenere una popolazione di più di 7 miliardi di abitanti, ormai il 43% della superficie delle terre emerse è già stato convertito ad agricoltura, infrastrutture, aree urbane e profonde modificazioni di tanti ecosistemi e con i sistemi stradali che attraversano molto altro di ciò che resta. La crescita della popolazione, prevista di 9 miliardi al 2045, fa ipotizzare uno scenario dove almeno metà delle terre emerse saranno profondamente modificate già entro il 2025. Questo aspetto viene ritenuto dagli studiosi un profondo impatto che è molto vicino a rappresentare il verificarsi di un punto critico su scala planetaria.

Questo è ovviamente anche il tema del bel volume di Barnosky ed Hadly "End Game".

Nel campo delle ricerche sul cambiamento globale il tema dei Tipping Points sta diventando sempre più significativo e, come indicato da molti scienziati, l'andamento dello stato dei ghiacci marini artici estivi, di quelli della Groenlandia e di quelli dell'Antartico occidentale nonché l'andamento dello stato del permafrost, sono stati già segnalati e individuati come situazioni potenziali dove si può verificare il raggiungimento di un punto critico <sup>11</sup>.

Molte ricerche sono state indirizzate per studiare al meglio gli elementi che potrebbero far sorpassare una soglia critica per cui il verificarsi di una piccola perturbazione potrebbe qualitativamente alterare lo stato o lo sviluppo del sistema studiato provocando, a cascata, una ampia scala di impatti sui sistemi umani ed ecologici. Le attività umane hanno infatti la potenzialità di far transitare i sistemi naturali verso altri stati che potrebbero produrre effetti negativi per le società umane stesse <sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> Ad iniziare dallo studio di Lenton T.M. et al, 2008, Tipping elements in the Earth's climate system, Proceedings of the National Academy of Sciences, 105, 6; 1786 – 1793.

<sup>12</sup> Il prestigioso Stockholm Resilience Centre ha recentemente avviato un apposito sito che presenta un interessantissimo database sui passaggi di regime (Regime Shifts) negli ecosistemi che derivano da cambiamenti ampi, repentini e persistenti nelle funzioni e nella struttura di un sistema, vedasi [www.regimeshifts.org](http://www.regimeshifts.org).



### 3. LA SITUAZIONE ATTUALE, GLI SCENARI FUTURI E GLI IMPATTI SUGLI AMBIENTI E LE SOCIETÀ UMANE

La criosfera risente inevitabilmente del profondo impatto umano sui sistemi naturali. La connessione crescente tra crescita della popolazione umana, modelli di produzione e consumo consumistici e cambiamenti climatici e globali è ormai evidentissima.

L'ultimo "World Population Prospects: the 2015 Revision" della Population Division delle Nazioni Unite <sup>13</sup> uscito alla fine di luglio 2015 ci dice che la popolazione mondiale nel luglio del 2015 è di 7,3 miliardi di abitanti quasi 9 volte gli 800 milioni di abitanti che si stima vivessero nel 1750, agli albori della Rivoluzione Industriale e dovrebbe raggiungere, seguendo la variante media (che è la più attendibile), i 9.7 miliardi di abitanti nel 2050. La popolazione mondiale continua a crescere a un tasso di circa 83 milioni l'anno

Anche assumendo che i livelli di fertilità continuino a declinare, la popolazione globale dovrebbe raggiungere, secondo i dati ONU, gli 8.5 miliardi nel 2030, i 9.7 miliardi nel 2050 e gli 11.2 miliardi nel 2100, rispetto alle proiezioni relative alla variante media. La crescita della popolazione fino al 2050 è praticamente inevitabile, anche se il declino della fertilità si dovesse accelerare. Vi è l'80% delle probabilità che la popolazione mondiale sarà tra gli 8.4 e gli 8.6 miliardi nel 2030 , tra i 9.4 e i 10 miliardi nel 2050 e tra i 10 e i 12.5 miliardi entro il 2100.

La popolazione mondiale ha avuto variazioni molto modeste per lunghissimi archi di tempo, rimanendo sempre al di sotto del miliardo di individui. Con l'avvio della Rivoluzione industriale la crescita della popolazione umana presenta invece una curva con un andamento molto rapido. Intorno al 1820, l'umanità ha raggiunto il traguardo del miliardo di persone, poi dal 1820 al 1930, in poco più di un secolo, ha toccato i 2 miliardi. La crescita è stata poi molto sostenuta in trent'anni, dal 1930 al 1960, la popolazione ha raggiunto i 3 miliardi; poi 4 nel 1974, 5 nel 1987, 6 nel 1999 e 7 nel 2011. La crescita della popolazione è fortemente intrecciata con il costante meccanismo della continua crescita materiale e quantitativa delle nostre economie, dimostrata da tutti gli indicatori aggregati globali dello sviluppo socio-economico, tanto che gli studiosi parlano ormai di una Great Acceleration, la grande accelerazione del nostro impatto sui sistemi naturali che ha registrato una fortissima crescita a partire dal

---

<sup>13</sup> "World Population Prospects: The 2015 Revision" UN Population Division, vedasi <http://esa.un.org/unpd/wpp>.

1950 ad oggi<sup>14</sup>. Secondo i dati a disposizione nel 1700, circa il 95% delle terre emerse libere dalla presenza di ghiacci si trovavano ancora in una condizione naturale o seminaturale, mentre nel 2000 il 55% delle terre emerse libere dai ghiacci risulta trasformato dall'intervento umano (città, infrastrutture, pascoli, agricoltura ecc.) mentre il 45% risulta essere in uno stato naturale o seminaturale<sup>15</sup>

### 3.1. POLO NORD (ARTICO)

L'estensione della superficie ghiacciata marina nell'Artico continua a decrescere con le registrazioni satellitari che lo documentano dal 1979 ad oggi. Il tasso di tale decrescita è, come ha riassunto il quinto ed ultimo rapporto sul cambiamento climatico dell'IPCC, tra il 3.5 e il 4.1% per ogni decennio. Il National Snow and Ice Center<sup>16</sup> ha segnalato che quest'anno, (11 marzo 2015) la massima estensione della superficie marina ghiacciata invernale (che rappresenta il periodo nel quale tale estensione si amplia e si rafforza) ha raggiunto il valore più basso mai registrato da quando esistono le registrazioni satellitari (14.280 milioni di km quadrati).

Nel 2012 è stata invece registrata la massima riduzione della superficie della banchisa estiva artica dal 1979, da quando cioè esistono i rilevamenti satellitari.

Il National Snow and Ice Data Center ha reso noto la segnalazione del record raggiunto nel 2012 (che apparteneva prima all'anno 2007) verso la fine di settembre quando la riduzione della superficie della banchisa artica estiva raggiunge normalmente il suo massimo.

La superficie dei ghiacci marini artici è stata, al 16 settembre 2012, di 3.41 milioni di chilometri quadrati, 760.000 kmq in meno del precedente record registrato il 18 settembre del 2007 (si tratta di un'area grande quanto lo stato del Texas negli USA).

Il record 2012 registra 3.29 milioni di kmq in meno della media minima del periodo 1979 – 2000 che rappresenta un'area grande quanto quasi due volte l'Alaska.

Per il 2015 l'estensione della banchisa estiva ha raggiunto il suo minimo l'11 settembre con 4.41 milioni di kmq. Si tratta della quarta più bassa estensione

---

<sup>14</sup> Steffen W. et al., 2015, The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration, The Anthropocene Review, DOI:10.1177/2053019614564785.

<sup>15</sup> Ellis E.C. et al., 2010, Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000, Global Ecology and Biogeography, 19 (5) 589 – 606.

<sup>16</sup> Vedasi il sito del NSIDC [www.nsidc.org](http://www.nsidc.org)

della banchisa da quando esistono le registrazioni satellitari (1979) e conferma il trend di riduzione <sup>17</sup>.

Andamento dell'estensione minima della banchisa estiva artica registrate negli anni 2006-2015 e la classifica delle prime 10 minime estensioni.

| YEAR                 | MINIMUM ICE EXTENT               |                             | DATE         |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------|
|                      | IN MILLIONS OF SQUARE KILOMETERS | IN MILLIONS OF SQUARE MILES |              |
| 2006                 | 5.77                             | 2.28                        | September 17 |
| 2007                 | 4.15                             | 1.60                        | September 18 |
| 2008                 | 4.59                             | 1.77                        | September 20 |
| 2009                 | 5.12                             | 1.98                        | September 13 |
| 2010                 | 4.61                             | 1.78                        | September 21 |
| 2011                 | 4.34                             | 1.67                        | September 11 |
| 2012                 | 3.39                             | 1.31                        | September 17 |
| 2013                 | 5.05                             | 1.95                        | September 13 |
| 2014                 | 5.03                             | 1.94                        | September 17 |
| 2015                 | 4.41                             | 1.70                        | September 11 |
| 1979 to 2000 average | 6.70                             | 2.59                        | September 13 |
| 1981 to 2010 average | 6.22                             | 2.40                        | September 15 |

| RANK | YEAR | MINIMUM ICE EXTENT               |                             | DATE         |
|------|------|----------------------------------|-----------------------------|--------------|
|      |      | IN MILLIONS OF SQUARE KILOMETERS | IN MILLIONS OF SQUARE MILES |              |
| 1    | 2012 | 3.39                             | 1.31                        | September 17 |

<sup>17</sup> Vedasi <http://nsidc.org/news/newsroom/2015-arctic-sea-ice-minimum>

|    |      |      |      |              |
|----|------|------|------|--------------|
| 2  | 2007 | 4.15 | 1.60 | September 18 |
| 3  | 2011 | 4.34 | 1.67 | September 11 |
| 4  | 2015 | 4.41 | 1.70 | September 11 |
| 5  | 2008 | 4.59 | 1.77 | September 20 |
| 6  | 2010 | 4.61 | 1.78 | September 21 |
| 7  | 2014 | 5.03 | 1.94 | September 17 |
| 8  | 2013 | 5.05 | 1.95 | September 13 |
| 9  | 2009 | 5.12 | 1.98 | September 13 |
| 10 | 2005 | 5.32 | 2.05 | September 22 |

Fonte: [www.nsidc.org](http://www.nsidc.org)

La banchisa dei ghiacci marini nell'Artico si forma naturalmente durante i freddi inverni artici per poi ridursi quando le temperature crescono in primavera ed estate fino al massimo di riduzione che viene raggiunto tra la metà e la fine di settembre.

Le ricerche sino ad ora svolte sul ghiaccio marino artico, riassunte dal quinto ed ultimo Rapporto dell'IPCC, ci informano che è molto probabile che la copertura di ghiaccio marino artico continuerà a ridursi e assottigliarsi, e che la copertura di neve dell'emisfero nord in primavera tenderà a diminuire nel corso del 21° secolo all'aumentare della temperatura media globale superficiale. Anche il volume globale del ghiacciai diminuirà ulteriormente.

Inoltre secondo vari modelli e varie stime si prevedono durante tutto l'anno riduzioni dell'estensione media del ghiaccio dell'Oceano Artico per la fine del 21° secolo. Queste riduzioni potrebbero essere di percentuali, a secondo degli scenari presentati dall'IPCC, dal 43% al 94% nel mese di settembre e dall'8% al 34% a febbraio.

Facendo accurate valutazioni delle componenti di diversi modelli che riproducono in maniera più dettagliata lo stato climatologico medio e la tendenza dell'estensione del ghiaccio nel mare artico tra il 1979 e il 2012 e tenendo conto degli scenari più estremi relativi al cambiamento climatico, si ritiene probabile che il mare Artico nel mese di settembre possa risultare quasi privo di ghiaccio prima della metà del secolo.

### 3.2. POLO SUD (ANTARTIDE)

Gli studiosi monitorano attentamente i ghiacci marini artici e antartici, ma quelli artici sono più significativi per comprendere il cambiamento climatico perché una buona parte dei ghiacci marini artici permane anche durante i mesi estivi riflettendo le radiazioni solari (effetto albedo) e contribuendo al raffreddamento del sistema climatico planetario.

Ma anche i ghiacci marini vicino alla penisola Antartica a sud della punta dell'America meridionale hanno recentemente registrato un significativo declino. Il resto del continente antartico ha invece registrato un modesto incremento nel ghiaccio marino.

Antartico e Artico comunque reagiscono in maniera differente al cambiamento climatico in parte a causa delle differenze geografiche. L'Antartico come sappiamo è un continente circondato dall'oceano mentre l'Artico è un oceano circondato dalle terre emerse.

Il vento e le correnti oceaniche intorno all'Antartide creano un certo isolamento rispetto ai pattern meteorologici globali, mantenendolo freddo. L'oceano Artico



© Wim van Passel / WWF

invece è strettamente legato al sistema climatico che lo circonda ed è estremamente sensibile ai mutamenti del clima.

La penisola antartica si è riscaldata di circa 3°C negli ultimi 50 anni; in questo arco di tempo, sempre nella penisola antartica l'87% dei ghiacciai si sono ritirati e ben nove piattaforme di ghiaccio hanno subito un significativo collasso (molti si ricordano le immagini satellitari del collasso della piattaforma Larsen B nella penisola antartica avvenuta nel marzo 2002) che fecero il giro del mondo.

In Antartide con l'incremento della temperatura superficiale media globale si potrebbe verificare una diminuzione dell'estensione e del volume del ghiaccio marino per la fine del 21° secolo.

### 3.3. I GHIACCIAI

E' stato recentemente pubblicato un lavoro scientifico che ha riassunto accuratamente tutti i dati registrati dal World Glacier Monitoring Service (WGMS) e che fa il punto sulla situazione dei ghiacciai a livello mondiale sottolineandone la forte preoccupazione per un declino senza precedenti degli stessi che si è verificato dagli inizi del 21° secolo<sup>18</sup>. Le fluttuazioni che si registrano anno dopo anno nei ghiacciai, ad esempio i cambiamenti nella loro estensione, lunghezza, volume e massa (il monitoraggio internazionalmente coordinato dei ghiacciai ha avuto inizio nel 1894 e le pubblicazioni periodiche delle informazioni compilate delle fluttuazioni dei ghiacciai sono state realizzate a partire dal 1895) rappresentano un segnale importante delle modificazioni nei bilanci energetici e sono ben riconosciute come indicatrici di alta confidenza del cambiamento climatico. Le osservazioni documentano chiaramente che i ghiacciai in tutto il mondo si stanno ritirando e perdono massa; le osservazioni glaciologiche e geodetiche dei primi anni del 21° secolo dimostrano che la perdita di massa è senza precedenti su scala globale, almeno per il periodo osservato e probabilmente per tutta la storia umana registrata, come confermano anche le ricostruzioni derivanti dai documenti scritti. Gli studiosi affermano nel loro paper che il ritiro dei ghiacciai a livello mondiale è probabilmente l'icona più evidente del cambiamento climatico globale.

Entro la fine del 21° secolo, il volume globale ghiacciai, esclusi i ghiacciai della periferia dell'Antartide e sempre secondo i diversi scenari presentati dal quinto Rapporto dell'IPCC, dovrebbe scendere dal 15 al 55% o, in alternativa, dal 35 all'85% relativamente agli scenari più estremi.

---

<sup>18</sup> Zemp M. et al., 2015, Historically unprecedented global glacier decline in the early 21st century, Journal of Glaciology, vo. 61, no. 288; 745 – 762.

L'area della copertura nevosa primaverile dell'Emisfero Nord del nostro Pianeta dovrebbe diminuire del 7%, o persino fino al 25% dalla fine del 21° secolo, secondo la media dei modelli e degli scenari tra quelli che prevedono un incremento dell'effetto serra naturale più moderato o più estremo.

Proprio quest'anno a maggio presso l'Università Statale di Milano si è tenuto l'Alpine Glaciology Meeting (AGM) un congresso biennale che riunisce i glaciologi europei e mondiali per discutere le ultime ricerche in campo glaciologico e in questa occasione è stato presentato anche il nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani.

I ghiacciai alpini sono in forte ritiro nelle ultime decadi. Il nuovo Catasto dei ghiacciai italiani mostra come la superficie dei ghiacciai italiani sia passata dai 519 km<sup>2</sup> del 1962 (Catasto CGI-CNR), ai 609 km<sup>2</sup> del 1989 (catasto prodotto nell'ambito del World Glacier Inventory, con dati raccolti negli anni '70-80), agli attuali 368 km<sup>2</sup>, pari al 40% in meno rispetto all'ultimo catasto. Contemporaneamente, il numero dei ghiacciai è passato oggi a 900, contro 824 nel 1962 e 1381 nel 1989, ove l'aumento è dovuto all'intensa frammentazione che ha ridotto sistemi glaciali complessi a singoli ghiacciai più piccoli. Studi condotti su singoli gruppi glaciali mostrano le evoluzioni recenti dei ghiacciai italiani, ne modellano il comportamento e ne ipotizzano le evoluzioni future.

Studi sulla potenziale evoluzione futura (fino al 2100) del ghiacciaio dei Forni in Valtellina, il più grande ghiacciaio vallivo italiano, utilizzando modelli di dinamica glaciale e gli scenari climatici forniti dall'IPCC, mostrano per il ghiacciaio, in forte ritiro negli ultimi trent'anni, il potenziale per una fortissima riduzione, in particolare nello scenario più pessimistico previsto dall'IPCC.

I ghiacciai delle Ande Centrali sono a forte rischio in questo secolo. Gli studi ci dimostrano come la regione di Santiago del Cile, nel cuore delle Ande cilene, dipendente dai deflussi del Rio Maipo a forte contributo nivo-glaciale, vedrà i suoi ghiacciai a rischio di forte restringimento (fino a -63% di superficie glaciale, secondo lo scenario più pessimistico dell'IPCC) entro la fine del secolo, con larga contrazione delle nevi stagionali (fino a -40% di area nivale e risalita della snow line di anche 250 m di livello) e con una rilevante diminuzione potenziale dei deflussi nei mesi estivi più caldi (Estate Boreale, fino a -50% in Gennaio).

Nella regione dell'Everest nepalese, i ghiacciai sono in forte ritiro nelle ultime decadi in risposta ai cambiamenti climatici. Le ricerche hanno mostrato come il cambiamento climatico alteri la dinamica dei laghi glaciali e proglaciali in Nepal, con sostanziale risalita in quota, in risposta alla risalita glaciale ed all'aumentato tasso evaporativo.

Il fiume Dudh Kosi alimentato dalle acque di fusione del ghiacciaio del Khumbu ai piedi dell'Everest è stato oggetto di intense campagne di studio a partire dal 2012, che hanno permesso di modellarne i fenomeni glacio-idrologici e di ipotizzarne la futura evoluzione.

Simulazioni della risposta glacio-idrologica recente del ghiacciaio del Khumbu mostrano come tale ghiacciaio sia in forte recessione, come del resto mostrato nella letteratura recente relativa ai ghiacciai dell'Himalaya meridionale. Inoltre, simulazioni di scenario preliminari basate su modelli climatici dell'IPCC mostrano un potenziale rapido incremento della fusione del ghiacciaio del Khumbu verso metà secolo, con la scomparsa pressoché totale della Khumbu ice fall, la separazione della lingua di ablazione valliva dalla zona di alimentazione e la lenta scomparsa degli spessori glaciali sotto le spesse coltri di detrito. In risposta a tale contrazione glaciale, i deflussi fluviali nel Dudh Kosi diminuirebbero drasticamente. L'Himalaya del sud sembra quindi destinata a soffrire in maniera rilevante gli effetti dei cambiamenti climatici.

Diversi studi si stanno focalizzando sulla cosiddetta Anomalia del Karakorum, i ghiacciai del Pakistan, che mostrano attualmente condizioni di sostanziale stabilità. La sostanziale stabilità dei ghiacciai dell'area deriverebbe dalla particolare situazione climatica locale, dove si evidenziano un incremento degli eventi nivali, una maggiore durata delle coperture nivali, e una lieve diminuzione delle temperature estive, nonché una diminuita fusione per i ghiacciai maggiormente coperti di detrito.

Diverse ricerche italiane hanno presentato risultati recenti che mostrano la potenziale evoluzione di un'area glaciale nel cuore del Karakorum, ai piedi del K2. Il bacino dello Shigar, affluente dell'Indo e ricoperto per un terzo di ghiaccio (ca. 2000 km<sup>2</sup> su ca. 7000 km<sup>2</sup>), ivi inclusi i maestosi ghiacciai Baltoro, Biafo-Ispar e Liligo, è stato oggetto di intense campagne di studio a partire dal 2011, che hanno permesso di ipotizzare la futura evoluzione del manto glaciale, nonché le conseguenze sulle dinamiche idrologiche di quelle aree.

Utilizzando proiezioni di scenario climatico dai modelli dell'IPCC è stato evidenziato come le coperture glaciali di quest'area potranno mantenere una sostanziale stabilità fino alla prima metà del prossimo secolo. Successivamente potrebbero restringersi in maniera sostanziale, perdendo gran parte del loro volume.

I regimi fluviali dell'alto bacino dell'Indo (Upper Indus Basin UIB), mostreranno più intensi fenomeni di piena estiva, con fusione nivale anticipata, più intensa fusione glaciale e maggiore violenza delle piene estive monsoniche, fenomeni già osservati di recente in Pakistan. Tuttavia, verso fine secolo, le coperture glaciali diminuirebbero largamente e le portate inizieranno a diminuire,

verosimilmente portandosi a valori inferiori agli attuali all'inizio del prossimo secolo <sup>19</sup>.

### 3.4. PERMAFROST

La comunità scientifica internazionale ritiene praticamente certo che l'estensione del permafrost prossimo alla superficie, alle alte latitudini settentrionali, sarà sempre più ridotta a causa degli aumenti della temperatura globale media della superficie. Entro la fine del 21° secolo, la zona di permafrost in prossimità della superficie (sopra i -3,5 m) dovrebbe diminuire tra il 37% e l'81% secondo la media dei modelli e degli scenari previsti. L'alterazione del permafrost causata dal riscaldamento globale comporta la decomposizione del materiale organico intrappolato rilasciando metano e anidride carbonica. Anche l'incremento delle temperature negli oceani comporta il rilascio del metano contenuto nei depositi di idrati o clatrati di metano presenti in profondità. Essi sono costituiti come da gabbie di ghiaccio che intrappolano molecole gassose e restano stabili solo a determinate condizioni di pressioni elevate e temperature molto basse. Con l'incremento delle temperature o la riduzione della pressione si fonde il ghiaccio e il metano si libera in forma gassosa. Il rilascio di metano e anidride carbonica dal permafrost e dai clatrati costituisce di fatto una retroazione positiva che incrementa ulteriormente l'effetto serra globale.

### 3.5. LIVELLO DEL MARE

Attualmente il 60% della popolazione umana si trova concentrato sulle zone costiere del mondo entro i 100 km dalla costa.

Come sottolinea anche il quinto Rapporto dell'IPCC il livello medio del mare globale continuerà a crescere nel corso del 21° secolo. In tutti gli scenari previsti il tasso di aumento del livello del mare sarà molto probabilmente superiore a quello osservato durante il periodo 1971-2010 a causa dell'aumento del riscaldamento degli oceani e della maggiore perdita di massa dei ghiacciai e delle calotte polari.

Negli ultimi anni le ricerche scientifiche e il miglioramento della comprensione fisica dei fenomeni che sono alla base delle dinamiche di innalzamento del livello dei mari, hanno permesso di sviluppare previsioni realistiche.

È praticamente certo che l'aumento del livello medio globale del mare continuerà oltre il 2100, con il livello del mare che aumenterà a causa della dilatazione termica che persisterà per molti secoli.

---

<sup>19</sup> Vedasi [www.climalteranti.it/2015/05/17/notizie-dall-alpine-glaciology-meeting-2015/#more-4838](http://www.climalteranti.it/2015/05/17/notizie-dall-alpine-glaciology-meeting-2015/#more-4838)

La perdita di massa prolungata delle calotte polari potrebbe causare un maggiore aumento del livello del mare e una parte della perdita di massa potrebbe essere irreversibile. Gli studiosi concordano rispetto al fatto che un livello di riscaldamento che superi una certa soglia comporterebbe la perdita quasi totale della calotta glaciale della Groenlandia nel corso di un millennio o più, causando un innalzamento del livello medio globale del mare fino a 7 m. Le stime attuali indicano che tale soglia del riscaldamento globale medio rispetto al periodo pre-industriale è maggiore di circa 1 °C (bassa confidenza) ed inferiore a circa 4 °C (media confidenza). Gli scienziati dell'IPCC ricordano che è probabile che avvenga una brusca e irreversibile perdita di ghiaccio causata da una potenziale instabilità della calotta polare antartica in risposta al forcing, ma le prove attuali non sono sufficienti per fornire una valutazione quantitativa.

Secondo i diversi scenari del quinto Rapporto IPCC l'aumento medio globale del livello del mare per il periodo 2081-2100 sarà probabilmente compreso 0.26 e 0.55 m, tra 0.32-0.63 m, tra 0.33-0.63 m e tra 0.45-0.82 m. Per lo scenario più



estremo l'aumento entro il 2100 viene previsto tra i 0.52-0.98 m, con un tasso tra il 2081-2100 tra gli 8 e i 16 mm/anno. Questi intervalli sono derivati dalle proiezioni climatiche in combinazione con i modelli e con i contributi della letteratura scientifica che tratta i ghiacciai e le coperture di ghiaccio.

Nelle proiezioni previste dall'ultimo Rapporto IPCC, la dilatazione termica contribuisce dal 30 al 55% dell'innalzamento medio globale del livello del mare nel 21° secolo, mentre i ghiacciai contribuiscono con un apporto che si colloca dal 15 al 35%. L'aumentata fusione del ghiaccio superficiale della calotta della Groenlandia dovrebbe superare l'aumento delle precipitazioni nevose, con un conseguente contributo positivo delle variazioni del bilancio della massa superficiale sul futuro del livello del mare. Mentre la fusione del manto di ghiaccio superficiale rimarrà limitato, si prevede un aumento delle precipitazioni nevose sulla calotta antartica, che corrisponde a un contributo negativo al futuro livello del mare, dalle variazioni di bilancio della massa superficiale.

Climate Central ha recentemente completato un'analisi delle aree del mondo che potranno essere sommerse dall'innalzamento del livello del mare entro la fine del secolo (vedi tabella).

### Top 20 Most At-Risk Countries

By Total

| Country                | Population Exposed (thousands) | Percent of National Population Exposed |
|------------------------|--------------------------------|--|
| 1. China               | 50,465                         | 4%                                     |
| 2. Vietnam             | 23,407                         | 26%                                    |
| 3. Japan               | 12,751                         | 10%                                    |
| 4. India               | 12,643                         | 1%                                     |
| 5. Bangladesh          | 10,230                         | 7%                                     |
| 6. Indonesia           | 10,157                         | 4%                                     |
| 7. Thailand            | 8,176                          | 12%                                    |
| 8. Netherlands         | 7,793                          | 47%                                    |
| 9. Philippines         | 6,205                          | 7%                                     |
| 10. Myanmar            | 4,742                          | 9%                                     |
| 11. United States      | 3,087                          | 1%                                     |
| 12. United Kingdom     | 2,574                          | 4%                                     |
| 13. Brazil             | 1,737                          | 1%                                     |
| 14. Germany            | 1,665                          | 2%                                     |
| 15. France             | 1,256                          | 2%                                     |
| 16. Malaysia           | 1,171                          | 4%                                     |
| 17. Taiwan             | 1,032                          | 4%                                     |
| 18. Korea, Republic of | 1,028                          | 2%                                     |
| 19. Nigeria            | 848                            | 1%                                     |
| 20. Italy              | 842                            | 1%                                     |

By Percent

| Country                 | Population Exposed (thousands) | Percent of National Population Exposed |
|-------------------------|--------------------------------|--|
| 1. Netherlands          | 7,793                          | 47%                                    |
| 2. Vietnam              | 23,407                         | 26%                                    |
| 3. Thailand             | 8,176                          | 12%                                    |
| 4. Japan                | 12,751                         | 10%                                    |
| 5. Myanmar              | 4,742                          | 9%                                     |
| 6. Bangladesh           | 10,230                         | 7%                                     |
| 7. United Arab Emirates | 570                            | 7%                                     |
| 8. Philippines          | 6,205                          | 7%                                     |
| 9. Bahrain              | 80                             | 6%                                     |
| 10. Belgium             | 619                            | 6%                                     |
| 11. Oman                | 148                            | 5%                                     |
| 12. Taiwan              | 1,302                          | 4%                                     |
| 13. Indonesia           | 10,157                         | 4%                                     |
| 14. Denmark             | 232                            | 4%                                     |
| 15. United Kingdom      | 2,574                          | 4%                                     |
| 16. Malaysia            | 1,171                          | 4%                                     |
| 17. China               | 50,465                         | 4%                                     |
| 18. Hong Kong           | 241                            | 3%                                     |
| 19. Cambodia            | 449                            | 3%                                     |
| 20. Ireland             | 133                            | 3%                                     |

<http://www.climatecentral.org/news/new-analysis-global-exposure-to-sea-level-rise-flooding-18066>

Sulla base delle attuali conoscenze, soltanto l'eventuale collasso della calotta polare antartica, se avviato, potrebbe causare un innalzamento del livello medio

globale del mare notevolmente al di sopra dei limiti previsti nel corso del 21° secolo previsti dagli scenari considerati.

Nell'ambito del quinto rapporto IPCC sono state considerate le basi per le proiezioni più elevate di innalzamento del livello del mare medio globale nel 21° secolo e si è concluso che non vi sono prove attualmente sufficienti per valutare la probabilità di livelli specifici al di sopra dell'intervallo di probabilità che è già stato valutato. Molte proiezioni di modelli semi-empirici di innalzamento del livello medio globale del mare sono più alte delle proiezioni basate sui modelli standard (fino a circa due volte più grandi), ma non vi è consenso nella comunità scientifica circa la loro affidabilità e vi è quindi una scarsa confidenza rispetto alle loro proiezioni.

Secondo gli scienziati dell'IPCC l'innalzamento del livello del mare non sarà uniforme. Entro la fine del 21° secolo, è molto probabile che il livello del mare crescerà in più in circa il 95% della superficie dell'oceano. Circa il 70% delle coste in tutto il mondo dovrebbero sperimentare il cambiamento del livello del mare.

Un importante e recente pubblicazione di autorevoli climatologi guidati dal famoso climatologo Jim Hansen della Columbia University e per decenni direttore del prestigioso Goddard Institute for Space Studies della NASA <sup>20</sup> documenta come nell'ultimo periodo interglaciale definito Eemiano che ha avuto luogo circa 125.000 anni fa, si sia verificata un'importante fusione dei ghiacci, un innalzamento dei mari di 5-9 metri, seguito da tempeste con una temperatura che era più di 1°C rispetto a quella odierna. Il team di studiosi, integrando dati paleoclimatici, modelli climatici e osservazioni climatologiche attuali, ha riscontrato che il forzante climatico indotto dall'intervento umano attuale è più forte e più rapido di quello di allora dovuto ai forzanti orbitali. I ghiacci marini sono vulnerabili a fenomeni di disintegrazione non lineari in risposta all'accelerazione del riscaldamento climatico attuale ed è possibile che la perdita dei ghiacci marini potrebbe verificarsi in tempi più rapidi innalzando il livello dei mari di diversi metri come è accaduto nell'Eemiano. Pertanto il team di scienziati ritiene che mantenere la temperatura media della superficie terrestre sotto i 2°C rispetto alla temperatura del periodo pre industriale, come ormai indicato e accettato nei negoziati internazionali sul clima, è purtroppo altamente pericoloso e quindi qualsiasi negoziato deve prevedere azioni che contengano significativamente questo incremento di temperatura.

Quando i ghiacci presenti nelle piattaforme continentali si fondono, l'acqua che ne deriva finisce nell'oceano e il livello del mare sale. Quando i ghiacci iniziano a fondere il livello del mare può salire rapidamente: circa 14.000 anni fa il livello dei mari è cresciuto tra i 4 e i 5 metri ogni secolo per diversi secoli consecutivi,

---

<sup>20</sup> Hansen J. et al., 2015, Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modelling and modern observations that 2°C global warming is highly dangerous, Atmospheric Chemistry and Physics doi:10.5194/acpd-15-20059-2015

con una crescita media di 1 metro ogni 20-25 anni. Queste variazioni hanno influenzato anche lo sviluppo del genere umano sulla Terra. Ci sono uomini primitivi che hanno vissuto durante il penultimo periodo interglaciale, quello dell'Eemiano, periodo che fu più caldo dell'Olocene che è il periodo interglaciale nel quale stiamo attualmente vivendo. La temperatura globale media dell'Eemiano fu superiore all'attuale di meno di 1° C e si tratta di un dato molto importante da considerare, come già ricordato sopra, per quanto riguarda l'attuale livello di riscaldamento globale e i drammatici effetti che ne possono derivare.<sup>21</sup>

### 3.6. LA DISPONIBILITÀ DELLE RISORSE IDRICHE

I rischi per la disponibilità di acqua dolce connessi al cambiamento climatico aumenteranno significativamente con l'incremento delle concentrazioni di gas a effetto serra. Allo stato attuale sono un miliardo e 100 milioni le persone sulla Terra che non dispongono di adeguato accesso all'acqua. Il limite minimo per la disponibilità di acqua quotidiana a persona viene indicato intorno ai 20 litri, molti di coloro i quali non hanno un accesso adeguato all'acqua dispongono solo di 5 litri.

Solo per berne dovremmo disporre di almeno 3-4 litri al giorno. Ma generalmente ne servono ogni giorno almeno 2.000 litri a livello procapite per produrre gli alimenti che consumiamo quotidianamente.

Per produrre generi alimentari abbiamo uno straordinario impiego di acqua e solo per scopi irrigui per favorire le attività agricole ne utilizziamo ben il 70% della sua disponibilità. Grazie all'irrigazione la produzione agricola è andata crescendo in tutti questi ultimi decenni parallelamente all'incremento dell'irrigazione stessa che però a iniziato a rallentare la sua crescita e ad oggi in alcuni paesi il numero delle aree irrigate è già calato.

La crescita della popolazione e il riscaldamento globale incrementeranno inevitabilmente il numero di persone che subirà uno stress idrico e le previsioni ci ricordano che se non si agisce per modificare l'attuale andamento dell'incremento delle concentrazioni di gas serra, le persone che non avranno un adeguato accesso all'acqua potrebbero giungere ai tre miliardi entro il 2050.

La costante riduzione dei ghiacciai dell'Himalaya può avere effetti devastanti sulle popolazioni che vivono grazie ai fiumi che sono alimentati dai ghiacciai himalayani e cioè il Brahmaputra, il Gange, l'Indo, l'Irawaddy, il Mekong, il Salween e lo Yangtze, una popolazione complessiva di oltre 2 miliardi di persone, più di un quarto dell'attuale popolazione del Pianeta. Questo vale anche per i nostri ghiacciai alpini. Le Alpi oltre infatti ad essere uno straordinario

---

<sup>21</sup> Hansen J. et al., 2008, Target Atmospheric CO<sub>2</sub>: Where Should Humanity Aim?“, Open Atmospheric Science Journal ,2; 217-31.1

serbatoio di biodiversità sono con le loro acque e ghiacciai un importante serbatoio di oro blu.

### **3.7. GLI EFFETTI SULLE SOCIETÀ UMANE : UN INCREMENTO DEL FLUSSO DEI MIGRANTI?**

Le popolazioni umane reagiscono in modi diversi al degrado ambientale e ai suoi effetti. Da tempo si riconosce il fatto che cambiamenti ambientali significativi possono indurre movimenti di popolazione alla ricerca di luoghi migliori in cui vivere e questo anche come la diretta conseguenza che i cambiamenti ambientali possono avere su altre spinte della migrazioni, come la povertà e la sicurezza alimentare. E, negli ultimi anni è cresciuta la preoccupazione che i cambiamenti climatici possono diventare una causa significativa delle migrazioni umane, e , non caso, già il primo rapporto dell'IPCC, pubblicato nel 1990 avvertiva che uno degli effetti che il cambiamento climatico avrebbe potuto causare era anche quello delle migrazioni umane.

E' di tutta evidenza che i fattori ambientali non possono essere considerati a parte rispetto a quelli sociali. Si tratta ormai di fattori ed elementi che si intrecciano fortemente tra loro e, non è un caso, che le ricerche di scienza della sostenibilità analizzano i cosiddetti Social-Ecological Systems (SES) nella loro complessità. Ciò rende difficile individuare una specifica categoria di "migranti ambientali" <sup>22</sup>.

Molte ricerche hanno anche documentato come in diverse situazioni le popolazioni riescono a reagire anche con forti capacità di adattamento alle condizioni in cui si vengono a trovare ma è evidente l'effetto che i cambiamenti climatici possono avere su alcuni fattori, come l'innalzamento del livello del mare, le modifiche significative dei pattern di precipitazioni e gli stress idrici ad essi legati che influiscono profondamente sulle disponibilità alimentari e la disponibilità dell'acqua stessa.

Numerosi sono i rapporti che legando i cambiamenti climatici alla sicurezza sottolineano la potenziale instabilità causata da eventuali massicci movimenti migratori umani dovuti agli impatti sul clima.

Una comunicazione ufficiale dell'Unione Europea fa presente che l'Europa si aspetta un sostanziale incremento della pressione migratoria <sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Barnett J. e Webber M., 2010, Accomodating Migration to Promote Adaptation to Climate Change, World Bank.  
Gemenne F., 2015, Migration as a Climate Change Adaptation Strategy, in Worldwatch Institute, Confronting Hidden Threats to Sustainability, State of the World 2015, Island Press.

<sup>23</sup> European Commission and the Secretary General/High Representative, 2008, Climate Change and International Security, Council of the European Union.

Ad esempio l'innalzamento del livello del mare previsto dagli scenari climatici interesserà le zone costiere pianeggianti e i delta di moltissime aree del mondo con evidenti preoccupazioni considerato il fatto che in quelle aree vi è un'altissima densità di popolazione.

Secondo recenti dati dell'Internal Displacement Monitoring Centre la popolazione costretta a spostarsi a causa di disastri naturali, molti dei quali considerati disastri innaturali perché è chiaro l'intervento umano che ha a sua volta causato o esacerbato il disastro naturale stesso (basti pensare al ruolo antropogenico nel riscaldamento globale), fornisce il seguente quadro a seconda delle diverse tipologie di disastri (i dati riguardano il periodo 2008 – 2013):

Inondazioni – 93.8 milioni di individui

Tempeste – 44.9 milioni di individui

Terremoti – 23.8 milioni di individui

Temperature estreme / incendi - 1.1 milione di individui

Frane – 589.000 individui

Eruzioni vulcaniche – 567.000 individui

L'ultimo rapporto pubblicato dall'Internal Displacement Monitoring Centre del 2015 fornisce l'aggiornamento per l'anno 2014 per il quale viene indicato il numero di 19.3 milioni di persone globalmente costrette a spostarsi a causa di disastri.<sup>24</sup>

Mancano molti dati per avere un quadro più esaustivo ma tutte le analisi e gli studi realizzati in merito fanno presente che ci si aspetta un incremento significativo del numero di individui che sarà coinvolto da fenomeni di effetti meteorologici estremi, come siccità, desertificazione, innalzamento del livello dei mari, fusione dei ghiacci ecc.

### **3.8. GLI EFFETTI SUI SISTEMI NATURALI, LA BIODIVERSITA' E IL LAVORO DEL WWF**

#### **3.8.1. Artico**

L'Artico accoglie alcuni degli ambienti più estremi e affascinanti di tutto il pianeta, con specie di animali e piante che si sono evoluti per adattarsi perfettamente alle condizioni estreme dettate dal ghiaccio, dal vento, dalle temperature, dalle correnti marine e dalle radiazioni solari. Anche i ghiacci marini tanto importante per l'ecologia di questa regione, sono ricchi di vita, sia sotto la superficie (dove si riproduce abbondantemente il plancton) sia al di sopra dove batteri alghe e microinvertebrati colonizzano le pozze di fusione e dove, soprattutto, si svolge la vita di animali unici come gli orsi polari.

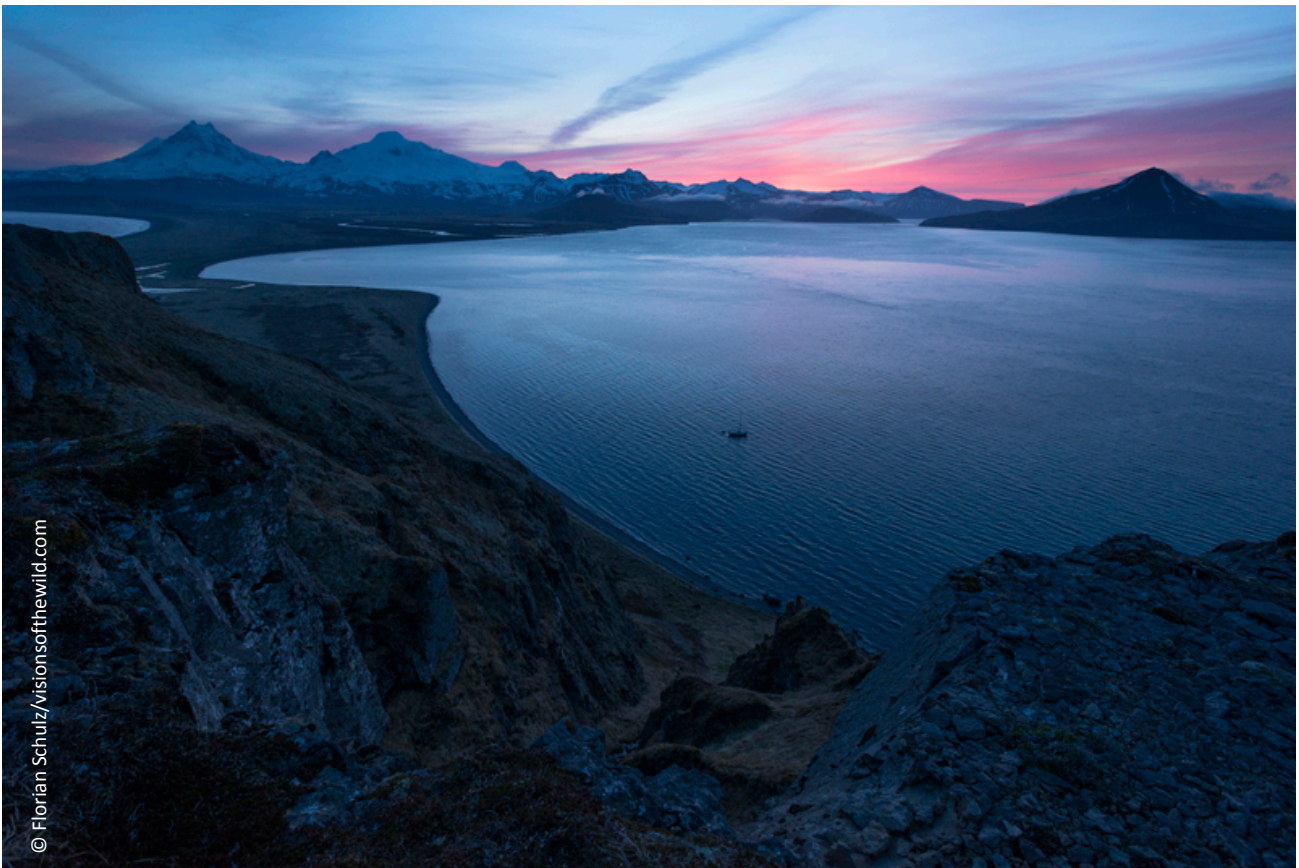
<sup>24</sup> Internal Displacement Monitoring Centre [www.internal-displacement.org](http://www.internal-displacement.org)

La particolare biodiversità di questo ombelico freddo della Terra non è solo quella degli orsi polari, dei trichechi, dei narvali, delle volpi artiche, dei gufi delle nevi o delle balene, ma è fatta anche di pesci, di insetti, di licheni, di batteri, che in milioni di anni d'evoluzione hanno saputo conquistare tutte le nicchie ecologiche disponibili. Oltre a 67 mammiferi terrestri e 35 marini, sono stati fino ad oggi determinati 21.000 specie di animali, di piante e funghi, con un altissimo tasso di endemismi: una diversità biologica sicuramente inferiore ai territori tropicali o subtropicali ma senz'altro interessante per un luogo dove le condizioni climatiche sembrerebbero essere poco adatte alle diverse forme di vita.

La diversità della natura artica è stata condizionata principalmente dall'alternarsi di fasi glaciali e interglaciali del Pleistocene che hanno determinato nel corso dell'evoluzione della vita l'estinzione di alcune specie e l'arrivo di altre. Purtroppo negli ultimi 50 anni (un periodo straordinariamente breve nell'evoluzione del pianeta) sia l'intervento umano diretto (caccia, pesca, estrazione di minerali, navigazione, turismo, etc.) sia i grandi cambiamenti prodotti dalla specie umana sul Pianeta (cambiamento climatico, inquinamento, alterazione dei processi biogeochimici, ecc.), hanno avuto un peso molto forte in questo luogo estremamente fragile, facilmente riscontrabili nelle sostanze inquinanti misurate nei tessuti degli animali, nei cambiamenti dell'ecologia marina, nella presenza e distribuzione delle specie, nell'arrivo di specie aliene. Inoltre i cambiamenti nel regime delle piogge, nella temperatura, nelle correnti o nella durata dei ghiacci estivi, determinano nei delicati e vulnerabili territori artici gravi alterazioni ancora non del tutto comprese e misurate.

Oggi come oggi la vera sfida per la conservazione dell'Artico passa anche attraverso le scelte politiche basate su un'adeguata conoscenza scientifica. Proprio per questo il WWF ha avviato diversi progetti di ricerca e spedizioni finalizzate alla raccolta e all'analisi dei dati e alla comprensione dei complessi sistemi ecologici e dei diversi cambiamenti provocati dall'uomo.

Un'importante componente della vita artica, cruciale per la sua conservazione, sono i 4 milioni di abitanti indigeni che hanno sempre vissuto in maniera completamente integrata e sostenibile nella difficilissima regione artica. Le comunità artiche sono portatrici di conoscenze millenarie sull'ecologia e le condizioni del loro territorio e hanno nel tempo sviluppato non solo una grande ricchezza di linguaggi (esistono ancora oggi 40 diverse lingue) ma anche di sistemi e di tecniche di caccia e di sopravvivenza unici al mondo.



Per chi non ha mai messo piede in questo incredibile pezzo del pianeta che copre quasi il 5% della superficie terrestre, può essere difficile capire come l'acqua ghiacciata sia che galleggi sul mare, sia che ricopra in grandi spessori la crosta terrestre, sia che penetri nella profondità del terreno, possa essere essenziale per la vita: il freddo e quindi il ghiaccio sono il vero grande motore di questo vastissimo ecosistema.

Eppure proprio in quest'angolo del pianeta il riscaldamento globale prodotto dall'uomo ha raggiunto la massima intensità: i dati ci dimostrano infatti che l'aumento della temperatura media ai poli sia il doppio di quello registrato nel resto del globo.

E' sempre più evidente come il riscaldamento terrestre, mettendo a serio rischio il futuro dei ghiacci, incida direttamente sulla vita sia di specie tipicamente artiche, come orsi, foche e trichechi, sia di specie che migrano periodicamente verso l'Artico per l'alimentazione o la riproduzione, fra cui ben 270 specie di uccelli e diversi cetacei come orche, balenottere minori e megattere. La riduzione dello spessore dei ghiacci, della loro estensione e della loro durata durante l'anno costringe infatti molti animali a spostarsi per la ricerca di nuovi territori di alimentazione.

In particolare questi spostamenti incidono sulla dimensione delle popolazioni, sullo stato di salute e sul successo riproduttivo di alcuni animali fra cui gli orsi polari, aumentando il loro rischio di estinzione nei prossimi decenni.

Anche l'aumento delle precipitazioni invernali e il successivo congelamento della pioggia sul suolo rende più difficile l'alimentazione per animali come i caribù o i buoi muschiati con conseguenti estese morie.

La riduzione della qualità e della durata del manto nevoso incide invece sulla riproduzione invernale del lemming, un piccolo roditore artico che, in quanto preda di numerosi carnivori artici è un importante anello delle catene alimentari. Le sempre più frequenti morie di lemming determinano a cascata un impoverimento di tutta la catena trofica con ripercussioni importanti sui principali carnivori terrestri.

A questi esempi più espliciti si aggiungono tanti altri cambiamenti che riguardano l'aumento di fenomeni estremi, la variazione nella distribuzione di invertebrati terrestri e marini, le alterazioni nella produttività marina, la diffusione di patologie e malattie e l'ingresso di specie aliene.

Anche le comunità umane, i 4 milioni di abitanti dei territori artici, rischiano di essere sopraffatti dalle conseguenze dei cambiamenti climatici. L'aumento del livello del mare, che mette a rischio i centri abitati, la riduzione della sicurezza alimentare, i cambiamenti nell'ecologia artica, la competizione con specie costrette ad avvicinarsi per la ricerca di cibo sono aspetti da tenere in debita considerazione per valutare gli impatti del cambiamento climatico sulle piccole comunità artiche.

### ***3.8.2. I tracker a sostegno dell'orso polare: il caso delle Svalbard***

Molti anni fa la definizione di tracker faceva accapponare la pelle agli appassionati di animali.

I tracker erano quei personaggi che fiutavano e seguivano con infinito accanimento le tracce di animali selvatici, sia che si trattasse di leoni nella savana per i trofei sia che si trattasse di castori lungo i fiumi per le loro pelli o di elefanti in Africa per le loro zanne.

Da alcuni però il WWF ha creato in Artico una squadra di tracker completamente diversi. Non si buttano all'inseguimento degli orsi polari per scovarli e ammazzarli, ma seguono con passione i loro spostamenti su un monitor per capire tutto della loro vita, dei loro spazi, delle loro esigenze. Il loro

compito è quello di migliorare le conoscenze sulla biologia e le esigenze del più grande orso del nostro pianeta nella difficile compito di definire le strategie di conservazioni più utili ed efficaci.

Negli ultimi anni questo sistema è stato cruciale per acquisire informazioni su come questo carnivoro reagisca al cambiamento climatico ma anche per migliorare i rapporti non sempre facili tra gli orsi e le comunità locali. Ai tracker si accompagnano infatti piccole squadre di volontari dedicate a gestire i conflitti tra gli uomini e gli orsi. La riduzione della banchisa artica nel periodo di massima alimentazione degli orsi polari, spinge questi grandi animali ad avvicinarsi, in cerca di cibo, ai centri abitati, con conseguenze spesso spiacevoli. I tracker del WWF seguono dal 2003 gli orsi polari in diversi territori artici fra cui in particolare le isole Svalbard.

Le Svalbard sono un arcipelago di isole norvegesi immerse nell'oceano glaciale artico caratterizzate da una grandissima biodiversità. Purtroppo l'aumento delle temperature e il cambiamento climatico sta minacciando gli equilibri naturali di questo piccolo paradiso di ghiacci e tundra, casa ideale per l'Orso bianco. Le isole Svalbard rischiano di dover affrontare un futuro senza banchisa estiva, una condizione estremamente difficile e sfavorevole in particolare per gli orsi polari che sono costretti in questo modo a percorrere lunghe distanze a nuoto in cerca di nuovi approdi e territori di caccia.



### 3.8.3. *Alla ricerca degli orsi polari*

Lo studio sugli orsi polari è condotto dal WWF in collaborazione con l'Istituto Polare Norvegese.

Ma non è così semplice come sembra! Gli orsi devono essere individuati dagli elicotteri e poi narcotizzati. I ricercatori hanno solo un'ora per sistemare i radiocollari agli orsi e prendere campioni scientifici. Per essere sicuri di riconoscere l'orso munito di radiocollare anche nel caso lo perda, i ricercatori ne marchiano l'orecchio ed effettuano un minuscolo tatuaggio sul labbro. In questo modo gli esemplari potranno essere sempre identificati fornendo preziose informazioni sui loro spostamenti.

La ricerca nella regione Artica è complessa e estenuante: il bagliore bianco del ghiaccio ti acceca e le temperature abbondantemente sotto allo zero per gran parte dell'anno richiedono un grandissimo dispendio di energia e tanta sopportazione.

Bisogna essere disposti a camminare nel vasto e ventoso deserto artico anche a diverse decine di gradi sotto zero. Per coprire distanze maggiori il WWF utilizza anche gli elicotteri, anche se le condizioni meteorologiche che spesso proibitive, la scarsa illuminazione e la necessità di volare sufficientemente bassi da individuare gli orsi, rende questi sopralluoghi aerei molto rischiosi e non sempre realizzabili. Tuttavia i ricercatori del WWF non demordono spinti dalla consapevolezza che solo una conoscenza approfondita di quello che sta succedendo nei territori artici può aiutarci a capire come sostenere la conservazione e il futuro di questa meravigliosa biodiversità unica al mondo.

Un arma a favore dei ricercatori è la conoscenza del comportamento degli orsi: è infatti facile che un orso rimanga in un preciso territorio oppure che, nel caso costretto ad allontanarsi alla ricerca di cibo, ritorni prima o poi a poca distanza dalla tana invernale.

Capire infatti come si comportano gli orsi polari in una situazione in cui la banchisa estiva, così importante per la caccia, per l'alimentazione e quindi per la sopravvivenza (sul ghiaccio possono infatti andare a caccia di foche, spostarsi con facilità, raggiungere compagni e accoppiarsi), è cruciale per i ricercatori.

Soltanto raccogliendo informazioni sulle loro strategie di adattamento, gli spostamenti che effettuano e le condizioni in cui vengono a trovarsi è possibile capire il livello di rischio a cui sono esposti e soprattutto è possibile progettare

azioni di conservazione, tra cui la creazione di aree protette in nuove zone e più ampie dove possano continuare a cacciare e riprodursi indisturbati.



#### **3.8.4.      *The Last Ice Area***

Il ghiaccio artico estivo, è determinante per garantire la sopravvivenza degli orsi polari. La banchisa è infatti il loro terreno di caccia nei mesi più cruciali per accumulare il grasso necessario a sopravvivere all'inverno. Meno ghiaccio significa per l'orso polare penuria di cibo, e la penuria di cibo incide direttamente sul tasso di sopravvivenza, sulla capacità di riprodursi e mettere al mondo i cuccioli. Drammaticamente il ghiaccio della banchisa estiva è proprio quello maggiormente colpito dal riscaldamento del pianeta.

Secondo gli scienziati esiste solo una piccola zona, a cavallo tra Canada e Groenlandia, dove lo spessore del ghiaccio e le condizioni atmosferiche consentiranno nei prossimi decenni di mantenere l'habitat cruciale per l'orso. Questo territorio si chiama "the Last Ice area", il luogo degli ultimi ghiacci e potrebbe diventare in poco tempo l'unico spazio artico adatto ad ospitare gli orsi polari. L'obiettivo del WWF in questi anni è ottenere la migliore protezione della "Last Ice Area" in collaborazione con i governi interessati e con le comunità locali.

### 3.8.5 Non solo orsi: la balena artica

Lunga fino a 20 metri la Balena artica è per dimensione seconda solo alla Balenottera azzurra. Al contrario di altre balene che migrano tra oceani freddi e temperati, quest'incredibile mammifero marino trascorre tutta la vita nelle gelide acque artiche. Purtroppo fino al 1966, anno in cui ne è stata bandita la caccia, questo enorme e innocuo mammifero marino è stata la vittima prediletta dell'industria baleniera che in pochi decenni ne ha ridotto drasticamente la popolazione.

Prediligendo il mare ghiacciato artico, la balena artica ha sviluppato diverse strategie di sopravvivenza, tra cui uno spessore di grasso estremamente ben sviluppato (circa mezzo metro) e delle ossa del cranio molto robuste che le consentono di rompere letteralmente "a testate" la superficie ghiacciata del mare per poter emergere a respirare.

Purtroppo ancora oggi si sa poco sulla biologia e sugli spostamenti di questi enormi mammiferi marini. Quello che è certo è che la loro vita dipende strettamente dall'alta produttività delle acque artiche (si cibano di plancton marino il cui ciclo è strettamente collegato ai ghiacci) e dalla distribuzione e fusione dei ghiacci marini.



Per acquisire più informazioni il WWF ha sostenuto diverse ricerche che si sono avvalse di sistemi di trasmissione via satellite (veri e propri GPS) che vengono inserite nelle 100 tonnellate di muscoli e grasso delle balene artiche. Seguire gli spostamenti delle balene nell'Oceano Artico e verificare le eventuali variazioni nel tempo ricollegabili al cambiamento climatico, consente al WWF di individuare nuove strategie di conservazione ma soprattutto delimitare e chiedere la protezione dei tratti di mare più importanti per l'alimentazione e la riproduzione di questa specie ancora a rischio di estinzione. Solo conoscendo le zone cruciali per la sopravvivenza delle balene artiche è possibile difenderle dalle rotte di navigazione commerciale (responsabili di molte collisioni con i cetacei), dagli impianti di estrazione petrolifera a mare e dalla pesca industriale. Grazie al lavoro del WWF che ha dedicato più di 25 alla conservazione di queste balene in artico è stato possibile creare stazioni di ricerca, studiare gli spostamenti degli animali individuando le aree più importanti per l'alimentazione e la riproduzione, creare nuove aree protette e soprattutto coinvolgere le comunità locali nella conservazione di questi giganti del mare.

#### ***3.8.6. I narvali : i cetacei unicorni***

Di tutti gli animali che popolano il pianeta i narvali sono quelli che più si avvicinano agli esseri mitologici evocati dall'uomo: gli unicorni. Questo piccolo cetaceo è infatti munito di uno speciale corno di avorio che spunta dal muso, sagomato in una vera e propria spirale. Si tratta in realtà dello sviluppo abnorme di uno dei canini superiori che può allungarsi anche per più di un metro.

I narvali abitano stabilmente le acque artiche dove però possono anche migrare per lunghissime distanze.

Il dente del narvalo ha sicuramente un ruolo di difesa e affermazione nei periodi degli accoppiamenti ma è stato scoperto recentemente che è anche ricchissimo di terminazioni nervose; ciò lo rende sicuramente un organo utile per esplorare le acque marine. I narvali sono grandi nuotatori e possono immergersi anche per più di 2 km di profondità. Purtroppo le informazioni su questi spettacolari mammiferi marini sono ancora alquanto scarse. Proprio per questo il WWF negli anni ha finanziato ricerche e studi, utilizzando anche per loro un sistema di monitoraggio satellitare attraverso GPS.

### 3.8.7 Il beluga

Se l'orso polare con il suo mantello bianco è l'immagine per antonomasia del ghiaccio polare, il beluga è l'icona poco conosciuta delle acque artiche. Bianco come il latte, questo cetaceo si è perfettamente evoluto per convivere e sfruttare i ghiacci dell'oceano, approfittando di un habitat precluso per le sue temperature estreme a molti altri mammiferi marini.

Proprio per sopravvivere alle temperature polari ha sviluppato un'altissima percentuale di grasso che arriva quasi al 50% della massa corporea e una colorazione che le consente di mimetizzarsi tra i ghiacci marini e sfuggire ai suoi predatori (principalmente le orche). Il fatto di non avere le vertebre cervicali saldate tra loro (come succede in molti altre balene e delfini) consente ai beluga di girare la testa e guardarsi meglio intorno nella ricerca di cibo e nella difesa dai pericoli. Questo comportamento, insieme alla loro innata curiosità, dà a queste piccole balene un atteggiamento molto umano, rendendole particolarmente amate nei delfinari e nei giardini zoologici acquatici.

I Beluga sono balene tipicamente artiche e compiono migrazioni annuali principalmente all'interno dello stesso oceano per cercare i luoghi più ricchi di cibo dove alimentarsi e allevare la prole e le acque più tranquille per trascorrere l'inverno.



© naturepl.com / Sue Flood / WWF

Sono animali gregari che amano circondarsi di propri simile, strofinarsi per rinsaldare il senso di appartenenza al gruppo e giocare per trascorrere il tempo e imparare a cacciare. Anche la caccia è un'attività che i beluga preferiscono condurre in gruppi più o meno grandi. Durante la stagione della riproduzione queste piccole balene possono raggrupparsi anche in migliaia nelle vicinanze di estuari di fiumi così ricchi di pesce. Purtroppo gli scienziati hanno constatato che il grasso dei beluga contiene un'alta concentrazione di sostanze tossiche, sostanze che accumulano trovandosi ai vertici delle catene alimentari ma anche frequentando tratti di mare nelle vicinanze di fiumi purtroppo inquinati. Idrocarburi ma anche DDT e altre sostanze causano un'alta mortalità in queste piccole balene.

Ad oggi le conoscenze sull'ecologia di questi cetacei così come dei loro spostamenti nelle acque artiche non sono sufficiente a garantirne un'adeguata tutela.

Come molti altre specie che si sono evolute in stretta connessione con la banchisa polare, i beluga sono minacciate dal riscaldamento globale e dalla fusione dei ghiacci.

La riduzione dei ghiacci marini in pochissimi anni ha inoltre rafforzato il volume del traffico marittimo nelle delicate acque artiche aumentando il rischio di collisioni e soprattutto di sversamenti di idrocarburi, un'eventualità disastrosa per ambienti così delicati dove non esistono tecniche sicure di raccolta e mitigazione del danno.

La riduzione della banchisa polare ha anche un forte effetto sulla competizione con altre specie, proprio come con l'orca. Il riscaldamento delle acque e i cambiamenti nelle catene alimentari stanno portando ad un aumento di questa competitora che si ciba facilmente del più timido e meno aggressivo beluga, non più protetto dalle temperature proibitive.

Il WWF Canada sta attualmente finanziando delle importanti ricerche sul campo che si avvalgono ancora una volta di trasmettenti satellitari che vengono con perizia inseriti addosso ai beluga. L'obiettivo è quello di conoscere meglio gli spostamenti dei beluga nelle acque artiche e il tipo di micro habitat utilizzati nei loro viaggi. Queste informazioni sono cruciali per poter dare indicazioni più stringenti a chi sta disegnando le nuove vie commerciali marittime e per capire come meglio intervenire nel caso di sversamenti di petrolio. I dati raccolti

consentono anche di capire meglio in che modo i beluga potranno adattarsi al cambiamento climatico e quali sono le azioni di conservazione più efficaci.

### **3.8.8 Salvare l'Artico**

Colpito da un riscaldamento che molto più intenso che in altre parti del mondo, l'Artico si sta letteralmente fondendo. La fusione dei ghiacci non solo ha facilitato la navigazione nell'oceano artico ma anche reso più accessibili preziose risorse naturali. La rinnovata spinta a sfruttare i ricchi giacimenti d'idrocarburi, di intensificare le rotte commerciali e di attingere ai sempre più preziosi stock ittici (il 70% del pesce bianco viene prelevato dall'Oceano artico), insieme al riscaldamento climatico, sta mettendo a repentaglio gli equilibri ecologici dell'Artico.

Per questo il WWF da anni combatte i principali nemici di questo luogo così selvaggio e vulnerabile: il cambiamento climatico, lo sforzo intensivo di pesca, le esplorazioni petrolifere (non esiste infatti ad oggi nessuna tecnologia che possa definitivamente prevenire delle fuoriuscite o degli sversamenti di petrolio e tantomeno mitigarne il danno) e la mancanza di un'adeguata tutela.

I risultati raggiunti sono tanti fra cui:

- Aver contribuito a mettere in evidenza i rischi dell'estrazione petrolifera nell'oceano artico.
- Aver ottenuto il rispetto da parte di Norvegia e Canada di zone ecologicamente sensibili dove non è possibile realizzare impianti petroliferi.
- La creazione di decine di aree protette (30 solo in Russia) lungo tutto il circolo polare artico.
- La creazione di alleanze preziose con le istituzioni e con il mondo della pesca utili a ridurre la pesca illegale.
- La realizzazione di ricerche e studi necessari a capire i cambiamenti in corso nella regione artica e le misure necessarie per la migliore protezione della biodiversità.

### **3.8.9 Antartico**

Per quanto lontano dagli altri continenti e mai abitato stabilmente dall'uomo, l'Antartide è uno dei continenti più minacciati. I suoi complessi processi ecologici legati indissolubilmente ai ghiacci, alle temperature boreali, ai venti estremi ma anche ad un oceano estremamente ricco e produttivo, lo rendono un luogo da trattare con il massimo rispetto e assoluta cura.

I delicatissimi equilibri ecologici, non ancora del tutto esplorati e compresi, sono minacciati sostanzialmente dai grandi cambiamenti che l'umanità ha imposto al

pianeta, primo fra tutti quello climatico. Allo stesso tempo un uso insostenibile delle risorse – attraverso la pesca industriale e illegale, e il crescente mercato turistico – rischiano di compromettere questi fragili ecosistemi.

Un tempo (tra i 500 e i 180 milioni di anni fa) questo vasto continente, coperto da vegetazione preistorica al pari di altre placche tettoniche, apparteneva all'area continentale di Gondwana, la parte meridionale del supercontinente Pangea (la cui parte settentrionale è stata definita Laurasia), che abbracciava il Sud America, parte del Sud Africa, l'India e l'Australia.

Il maggiore rigore climatico dell'Antartide rispetto all'Artico è dovuto ad una serie di diversi fattori fra cui la presenza di una massa continentale: i mari mitigano le temperature più fredde, ragione per cui l'Artico, trattandosi sostanzialmente di un mare ricoperto dai ghiacci, tende ad essere meno freddo. Anche l'elevazione gioca in Antartide a favore del freddo: mentre i ghiacci del Polo Nord raggiungono un'altezza di pochi metri sul livello del mare, l'elevazione media dell'Antartide è di circa 2385 metri con picchi di oltre 4000 metri. Un altro fattore che influisce notevolmente sulle temperature antartiche è la distanza da altre masse continentali. Mentre l'Artico risente dell'aria riscaldata della vicina Russia o Canada, l'isolamento dell'Antartide rende questo continente veramente poco "caloroso".



In pochi immaginerebbero quanto l'oceano Antartico che circonda il continente antartico, rappresenti un serbatoio di vita per tutto il pianeta.

E' questo in realtà uno dei mari più produttivi e ricchi con una diversità che va dai minuscoli organismi planctonici alle balene, i più grandi animali presenti sulla Terra. Fra i motivi principali che rendono questo oceano così pieno di vita va considerata la presenza di una concentrazione altissima di nutrienti. Questi nutrienti vengono trasportati dalle correnti marine dalle acque più profonde a quelle più superficiali (upwelling) dove diventano un fantastico fertilizzante per i fitoplancton. Inoltre poiché durante i sei mesi "estivi" il Sole su questo oceano polare non tramonta mai il fitoplancton è soggetto ad una intensa attività fotosintetica (24 ore su 24) che prelude ad una sostanziale accelerazione di tutte le catene trofiche. Non sorprende quindi che il Krill, che si ciba appunto di fitoplancton, riesca ad essere presente in grande quantità nell'oceano antartico trasformandosi in una fonte di cibo abbondante e ricca per tantissimi animali. Secondo gli scienziati per quanto l'oceano Antartico comprenda solo il 10% delle acque marine del pianeta, ospita e sostiene il 50% della biomassa marina di tutto il globo, fra cui 6 specie di foche e 15 di balene.

### **3.8.10**      *Il WWF e l'Antartide*

Il WWF da sempre è impegnato per la conservazione di quello che è indiscutibilmente il luogo più selvaggio e inviolato del pianeta: un luogo che non appartiene a nessuna nazione o stato e rappresenta un vero dominio dei sistemi naturali nella loro essenza più pura.

L'Antartide è la casa delle grandi balene, degli incredibili pinguini, dei grandi volatori come gli albatry, delle tante specie di foche e di un' infinita varietà di pesci e organismi delle acque polari. Grazie all'azione della nostra organizzazione l'Antartide è un continente che resta ancora relativamente inviolato, ma sempre più esposto a minacce che lo condurrebbero a cambiamenti drammatici e irreversibili.

Che cosa abbiamo ottenuto in questi anni:

- La creazione del grande santuario per le balene nell'Oceano Antartico.
- La creazione di un sistema di aree protette che ha avviato l'effettiva conservazione dell'Antartide.
- La realizzazione di piani di azione concreti per la conservazione di varie specie di albatry, procellarie e altre specie antartiche.

- La realizzazione di iniziative, accordi, progetti per una gestione sostenibile della pesca e la protezione degli uccelli marini.
- Azioni di denuncia e contrasto delle attività di pesca e sfruttamento illegale delle risorse naturali in Antartide.
- Il miglioramento delle conoscenze scientifiche sulle specie antartiche cruciali per la scelta delle azioni di conservazione.
- Azioni urgenti per specie in pericolo.

Il WWF da sempre combatte per la difesa dell'Antartico e dell'incredibile biodiversità che popola il luogo più freddo ed estremo della Terra. Gli ambiti in cui si concentrano i nostri sforzi sono:

- la lotta alle cause che provocano il cambiamento climatico
- l'istituzione e il sostegno ad un sistema adeguato ed efficace di aree protette
- la promozione della ricerca scientifica su specie e habitat antartici per il miglioramento delle conoscenze
- l'individuazione delle migliori scelte di conservazione
- l'applicazione e il rispetto dei trattati e delle convenzioni internazionali
- il contrasto della pesca illegale e la promozione della pesca sostenibile
- la lotta all'inquinamento delle acque

### **3.8.11 Sostenere le aree protette**

L'Antartide non cade sotto nessuna giurisdizione nazionale e questo lo rende particolarmente vulnerabile ad un uso insostenibile delle sue ricche e variegata risorse naturali. Primo fra tutti l'uso non regolato e non monitorato fatto dall'industria del turismo e della pesca industriale che si spinge in queste acque inviolate e naturali, vero e proprio rifugio per balene, foche ma anche per importanti banchi di pesci. Ogni anno una media di 30.000 turisti arriva in questo fragile angolo del pianeta, mettendo a rischio i suoi delicati equilibri.

L'organismo internazionale a cui è affidata la gestione delle risorse naturali dell'Antartide è il CCAMLR (Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, [www.ccamlr.org](http://www.ccamlr.org)) dove è prevista la rappresentanza di 24 paesi.

Ancora oggi, nonostante i tanti sforzi, solo una piccolissima percentuale del territorio antartico non coperto dai ghiacci (dove si concentra la grandissima percentuale di biodiversità del continente) è protetto (1,5%) e meno del 10% della superficie marina che lo circonda. Una percentuale in entrambi i casi non sufficiente a garantire il futuro della biodiversità antartica (Shaw J. Et al, 2014,

Antarctica's Protected Areas Are Inadequate, Unrepresentative, and at Risk, Plos Biology vol. 12, issue 6

<http://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001888>).

Il WWF chiede che il sistema delle aree protette venga ampliato per garantire il futuro e la sopravvivenza dell'incredibile diversità biologica dell'Antartide. In particolare è cruciale la protezione dei due luoghi più remoti e integri di tutto l'Antartide: il Mare di Ross e le e l'Oceano Antartico Orientale.

Il Mare di Ross con i suoi 1,32 km<sup>2</sup> è anche chiamato l'ultimo oceano per le sue condizioni di assoluta naturalità. Si tratta di un'area fondamentale per la popolazione di pinguini di Adelia e per le loro lunghe migrazioni.

L'Oceano Antartico Orientale, di cui il WWF chiede la protezione di almeno 1,2 km<sup>2</sup> è il cuore della biodiversità antartica: pinguini imperatore, foche e megattere lo scelgono a loro dimora per una parte o per l'intero anno.

Questi due territori ancora drammaticamente esposti a sfruttamento e attività illegali rappresentano gli ultimi gangli di un sistema planetario vivente ancora inviolato. La loro effettiva conservazione, in un contesto globale che li vede comunque esposti ai grandi cambiamenti prodotti dall'intervento umano sul pianeta, non può che passare attraverso la creazione di aree protette dove gli animali possano riprodursi, alimentarsi e spostarsi senza incontrare particolari pericoli..

### **3.8.12 Contrastare la pesca illegale**

Non solo la pesca illegale ma anche quella non registrata e non controllata (IUU Illegal Unregistered and Uncontrolled) costituisce una serissima minaccia agli ecosistemi antartici. Il cuore di questo continente di ghiacci dipende infatti dalla ricchezza e dalla produzione delle acque marine. Un utilizzo non sostenibile della pesca rischia di sabotare il futuro di molte specie antartiche, creare un fortissimo disturbo e deteriorare gli ecosistemi.

Purtroppo questi mari "di tutti e di nessuno", lontani dai controlli degli Stati e delle istituzioni, ben si prestano a fenomeni di illegalità e saccheggio.

L'obiettivo del WWF è quello di azzerare la pesca IUU a partire dalle acque antartiche. Oltre ad un lavoro istituzionale, di pressione politica e di advocacy è cruciale coinvolgere tutta la filiera della pesca dai pescatori ai consumatori, creando percorsi trasparenti che garantiscano la sostenibilità.

La certificazione del pescato, molto sostenuta dal WWF, è uno strumento innovativo che speriamo possa fra poco rappresentare un vero baluardo contro il saccheggio dei mari.

### **3.8.13** *Contrastare il cambiamento climatico*

I territori polari del nostro pianeta sono i luoghi dove il cambiamento climatico provocato dall'uomo ha avuto gli effetti più importanti, evidenti e misurabili. Le calotte polari si stanno fondendo e fratturando con un'intensità maggiore di quella prevista dai modelli scientifici e con un'anticipazione rispetto ai tempi previsti dai modelli climatici con effetti molto preoccupanti sia per il futuro delle nostre società sia per le specie e la biodiversità in generale che dipende dalla presenza e dalla salute dei ghiacci.

L'Antartide è un tassello molto importante nelle dinamiche climatiche del pianeta: i ghiacci oltre a funzionare da veri e propri condizionatori riflettono una grandissima percentuale delle radiazioni solari, impedendo un ulteriore riscaldamento della superficie terrestre. Il freddissimo e ricco oceano Antartico svolge un ruolo molto importante nell'assorbimento di CO<sub>2</sub> e nel ridistribuire il calore accumulato dagli oceani.

Con una superficie simile a quella dell'Europa, l'Antartide presenta anche una certa diversità climatica e gli effetti dei cambiamenti prodotti dall'intervento umano sul clima non si registrano in modo uniforme su questo vasto territorio. In alcuni luoghi dell'Antartide (nella penisola antartica e nell'Antartide occidentale) negli ultimi decenni si è registrato un aumento delle temperature medie quantificabile in 3,1 °C (superiore di ben tre volte all'aumento registrato in gran parte del pianeta). L'aumento delle temperature ha portato a collassi nella calotta antartica e alla riduzione dello spessore dei ghiacci terrestri. In tutto il mondo, attraverso il network di uffici, programmi e collaborazioni il WWF è impegnato nella difficile sfida di fermare i cambiamenti climatici e le cause che lo provocano.

### **3.8.14** *Promuovere i trattati e le convenzioni internazionali*

Il WWF sostiene e promuove la Convenzione per la Conservazione dell'Antartico e degli Organismi Marini (CCAMLR) e il Trattato del Sistema Antartico (costituito da un complesso di accordi multilaterali mirati a coordinare la gestione delle risorse in Antartico che prevedono il Trattato Antartico o Trattato di Washington del 1959 e le raccomandazioni adottate durante le riunioni delle parti consultive, il Protocollo di Madrid del 1991 sulla protezione ambientale, la Convenzione di Londra del 1972 sulla protezione delle foche antartiche, la Convenzione di Canberra del 1980 per la conservazione delle risorse marine, la Convenzione di Wellington del 1988 per la gestione delle attività minerarie che non è entrata in vigore pur essendo parte del corpus normativo del sistema) che costituiscono una base importante per la conservazione della biodiversità in Antartide. Un elemento importante per il successo di questi trattati è l'obiettivo comune di gestire in modo sostenibile la pesca, il turismo, la navigazione negli interessi della conservazione della natura.

In particolare il primo principio di questo Trattato è quello dell'uso pacifico dell'Antartide, definito dallo stesso Trattato come l'area a sud del 60° parallelo

di latitudine sud, ivi compresa la terraferma, le isole, i ghiacci e le zone marine. Tutto il continente viene smilitarizzato con il divieto posto dall'Articolo I, di stabilirvi basi e fortificazioni militari, di effettuare sperimentazione di armi e di manovre militari, cui fa da corollario il divieto posto dall'Articolo V, di procedere ad esperimenti nucleari e di deposito o smaltimento di scorie radioattive nell'area di applicazione del Trattato.

Il secondo principio cardine del Trattato è quello della libertà di accesso e di ricerca scientifica nel continente, libertà che viene rafforzata con la previsione di scambi di personale scientifico, di informazioni e dati dei programmi nazionali (Articolo III), e con un sistema di ispezioni reciproche (Articolo VII). Ma l'elemento più originale introdotto dal Trattato Antartico sta nel "congelamento" delle rivendicazioni territoriali, pregresse e future, su parti del continente antartico.

Nel corso degli anni il WWF ha avviato anche numerose partnership dedicate alla soluzione dei problemi di conservazione in Antartico e al rafforzamento della tutela. Fra queste particolarmente efficace è stata la collaborazione con ASOC (Antarctic and Southern Ocean Coalition, [www.asoc.org](http://www.asoc.org)).

Anche in Antartide il WWF promuove la ricerca scientifica necessaria per comprendere le dinamiche degli ecosistemi, valutare la portata degli impatti umani sui sistemi naturali, scegliere le migliori soluzioni per proteggere questo prezioso ecosistema.

Con questo fine da sempre finanzia studi e ricerche in questo continente. Recentemente ha finanziato ricerche e studi sui pinguini, sulle balene e sul Krill.

### **3.8.15 Le specie dell'Antartico**

**I pinguini.** In pinguini sono gli animali sicuramente più rappresentativi del sistema antartico. Ne esistono attualmente 18 specie, secondo l'International Ornithologists Union, la più autorevole organizzazione scientifica ornitologica, di cui 12 specie vivono in Antartide e nelle circostanti acque dell'Oceano Meridionale. Fra queste il pinguino d'Adelia è particolarmente caro al WWF. Riconoscibile per l'occhio contornato di bianco, il pinguino di Adelia è perfettamente adattato al clima rigidissimo dell'Antartico. Anche una piccola variazione nelle temperature esterne e marine potrebbe avere un significativo impatto sulla sua esistenza. Proprio per questo il WWF ritiene che il cambiamento climatico potrebbe nel corso di solo 3 generazioni portare ad un declino della specie del 30%.

Negli anni attraverso progetti di ricerca, si è imparato molto su questo simpatico uccello. I pinguini di Adelia possono migrare in cerca di cibo anche per centinaia di chilometri e per quanto lenti nei movimenti fuori dall'acqua

possono scivolare a pancia sul ghiaccio a grande velocità. Pescano in mare saettando sotto le gelide acque veloci come pesci . Possono immergersi a profondità fino a 180m.

Purtroppo il riscaldamento globale che sta affliggendo l'Antartide in maniera molto preoccupante provoca un aumento delle precipitazioni nevose disturbando la riproduzione di questi uccelli abituati al freddo intenso ma secco.

Il WWF sostiene numerose ricerche per migliorare le conoscenze sui pinguini di Adelia.

Il WWF Regno Unito finanzia il monitoraggio e la ricerca sullo status dei pinguini di Adelia. In particolare il WWF del Regno Unito attraverso specifici progetti di ricerca sta cercando di capire quali sono i luoghi più importanti per i pinguini di Adelia, come essi stanno reagendo al cambiamento climatico in atto e cosa si può fare per garantire il loro futuro. Il Progetto del WWF utilizza delle minuscole telecamere che vengono messe sul corpo dei pinguini permettendo così ai ricercatori di entrare nella quotidianità della vita di queste incredibili creature.

Il WWF ha così drammaticamente scoperto che l'anno scorso (2014) è stato catastrofico per la riproduzione del pinguino di Adelia nella sola colonia presente a Dumont d'Urville Station, nella Terra di Adelia nell'Antartico Occidentale: nessuno dei pulcini delle 30.000 coppie è sopravvissuto.



Questo è stato in particolare determinato dalle intense piogge (provocate dall'aumento delle temperature) che hanno bagnato la peluria dei piccoli, esponendoli al freddo (ipotermia) che ne ha causato la morte. L'Antartide ha infatti un clima freddo e secco, ma l'aumento delle temperature del pianeta sta facendo registrare un incremento delle precipitazioni con gravi conseguenze per tutti gli equilibri ecologici<sup>25</sup>.

**La balenottera azzurra.** Per la grande abbondanza di cibo, superiore a quella dei mari tropicali, l'oceano Antartico è un luogo di ristoro e una meta ambita da molte specie di balene, molte delle quali si spostano successivamente in acque più temperate per partorire e allevare i piccoli.

Fra tutte una delle più minacciate è la Balenottera azzurra, il più grande organismo animale vivente sulla Terra e condotta quasi alla soglia dell'estinzione da una folle politica baleniera perpetuata da molti stati occidentali fino allo scorso secolo e non solo.

Oggi si stima che non sia rimasto che solo il 10% della popolazione di balenottere azzurre che all'inizio del secolo scorso abitava gli oceani del pianeta. Grazie all'intervento di molte organizzazioni, come il WWF, e alla crescente consapevolezza del valore di questi incredibili animali, oggi la balenottera azzurra è un animale protetto ma è estremamente raro e in pericolo.

Può arrivare a pesare ben 200 tonnellate e raggiunge una lunghezza che può superare i 33 metri. Solo il cuore di una balenottera azzurra è grande quanto una macchina di media cilindrata. La dieta giornaliera di questo enorme cetaceo consiste in circa 3,600 kg di krill. Non sorprende quindi se i piccoli appena nati hanno un tasso di crescita (il più alto registrato tra i cuccioli degli animali che popolano il pianeta) di 90 kg al giorno.

Il santuario dell'Antartide è cruciale per la sopravvivenza di questa specie, che risente dell'intenso impatto umano nelle acque di tutti gli oceani: l'intenso sforzo di pesca, le reti derivanti, l'inquinamento, il cambiamento climatico sono tutte minacce che il WWF sta cercando di ridurre e contenere con una serie di

---

<sup>25</sup> Per saperne di più sul lavoro di ricerca finanziato dal WWF <https://blogs.wwf.org.uk/blog/campaigns/tracking-penguins-in-the-land-of-the-adelies/>. Il Blogger è Rod Downie, responsabile del programma Poli al WWF UK ed esperto di pinguini. Più info: <https://blogs.wwf.org.uk/biographies/rod-downie/>

attività mirate, con la realizzazioni di partenariati e alleanze e con il sostegno dei suoi supporter in tutto il mondo.

Azioni cruciali per la conservazione delle balenottere azzurre sono la lotta al cambiamento climatico (che mette a rischio l'habitat delle balene), la promozione di una pesca sostenibile e quindi la diffusione della certificazione MSC (Marine Stewardship Council) che impedisce che il bycatch (l'uccisione accidentale di specie diverse dai pesci oggetto di cattura ) provochi l'uccisione, come avviene ancora oggi, di balene, delfini, tartarughe e uccelli marini.

L'Antartide è la terra promessa per molte specie diverse di balene. Nelle sue acque riescono a trovare una disponibilità di cibo impensabile in altri mari. Purtroppo si sa ancora pochissimo sulle abitudini e sul comportamento di molte specie di questi incredibili animali che vivono nelle zone più remote dell'Antartico . Lo scorso aprile gli scienziati hanno rilevato sott'acqua il canto di una balena non ancora identificata e che potrebbe addirittura essere il richiamo di una nuova specie. Per adesso è stata chiamata "Antartica BW29"<sup>26</sup> .

**Il krill.** E' difficile immaginare quanto la vita sul pianeta sia dipendente dal krill antartico (*Euphasia superba*), un piccolo gamberetto planctonico che può raggiungere i 6 cm di lunghezza e i 2 grammi di peso e che si trova in grandi banchi nelle acque dell'Oceano Meridionale, banchi che possono raggiungere densità di 10.000 – 30.000 individui per metro cubo.

Secondo gli scienziati la biomassa di krill Antartico si aggira intorno alle 380 milioni di tonnellate, maggiore quindi della biomassa di tutta l'umanità<sup>27</sup>. Il krill privilegia le acque fredde polari dove si riproduce sotto lo strato di ghiaccio, che funziona come un vero e proprio "terreno fertile" .

Data la sua abbondanza e la sua ricchezza proteica il krill è il principale nutrimento di moltissimi organismi marini anche di grandi dimensioni, come albatros , foche, balene, pinguini e uno svariato numero di pesci.

Il krill dipende strettamente dall'ecologia degli oceani, dalla loro temperatura e da altri importanti parametri biofisici. L'aumento della temperatura del Pianeta così come l'acidificazione degli oceani ha fatto già registrare un notevole

---

<sup>26</sup> Più info su: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3038781/Mysterious-song-hints-new-whale-species-Antarctic-BW29-signal-unlike-noise-beaked-cetaceans.html>

<sup>27</sup> Oggi l'umanità presenta un'antropomassa di più di 350 milioni di tonnellate, Smil V., 2013, Harvesting the Biosphere. What we Have Taken from Nature, The MIT Press.

impatto sulla produzione di krill, con evidenti ripercussioni su tutte le catene alimentari. Essendo il ghiaccio così importante per la riproduzione del krill è evidente che il destino di questa cruciale sorgente di cibo per molti animali polari rischia di essere compromessa dal cambiamento climatico. Il krill viene anche pescato industrialmente per fini alimentari e produttivi (con la produzione di un olio di krill).

Il WWF, sempre attento agli impatti umani sui meccanismi più cruciali e delicati dei sistemi naturali, come l'abbondanza di krill da cui dipende la sopravvivenza di tantissime specie, lavora affinché questo patrimonio naturale venga pescato con sistema di certificazione che garantiscono un prelievo sostenibile, ovvero attraverso filiere certificate MSC (Marine Stewardship Council) nel rispetto della vita del continente antartico.

Nel gennaio di quest'anno in collaborazione con altre organizzazioni non profit e istituzioni il WWF ha creato un fondo dedicato specialmente al finanziamento di ricerche in Antartide: "Wildlife Research Fund" dedicate in particolare ad approfondire le conoscenze sul krill. L'obiettivo dell'AWR è di fare in modo che vengano adottate le migliori azioni di gestione e conservazione per mantenere lo stato di salute degli ecosistemi cruciali per il krill e per le specie antartiche che dipendono da questa risorsa marina.



© naturepl.com / Ingo Arndt / WWF

**Gli albatrici.** Gli albatrici sono fra gli uccelli più carismatici e spettacolari del pianeta. La loro apertura alare può arrivare a 3,5 metri. Un albatro può vivere fino a 60 anni e gran parte della vita viene trascorsa in pieno oceano. Alcune specie di Albatrici possono circumnavigare il globo. Purtroppo questi uccelli marini così poco conosciuti e studiati sono fra i più a rischio di estinzione nel nostro globo.

Alcune popolazioni di diverse specie hanno già evidenziato un declino del 50%. Delle 22 specie esistenti di Albatrici (la puntuale classificazione degli albatrici è ancora in discussione tra gli esperti di tassonomia, alcuni ritengono che le specie sono 13, altri 24 ecc.) una buona parte delle quali vivono nell'Oceano Antartico. Per procurarsi il cibo (costituito soprattutto da calamari e altri molluschi cefalopodi ma anche da pesci e crostacei) gli albatrici possono percorrere anche migliaia di chilometri. Secondo ricercatori del WWF alcune specie possono circumnavigare il globo in cerca di cibo. Questo espone questi uccelli marini a incontri pericolosi sia in alto mare (pesca industriale) sia a terra (distruzione habitat e specie aliene).

Più grandi di qualunque altro uccello nel pianeta gli albatrici hanno bisogno di molto tempo per raggiungere l'autonomia: per questo le cure parentali dei genitori durano quasi un anno (circa 10 mesi), fino a quando insomma i piccoli non saranno capaci di volare (gestire 3 metri di ali non è un cosa facile) e di cercarsi il cibo autonomamente.



Così come molti uccelli tropicali approfittano della presenza di grossi banchi di tonni, che spingono il pesce verso l'alto, i ricercatori hanno verificato che gli albatrici seguono la caccia dei grandi cetacei marini per approfittare dello stesso meccanismo: un'alleanza vincente. E' questa una delle tante dinamiche degli oceani che dobbiamo conoscere e proteggere.

Purtroppo ogni anno decine di migliaia di questi uccelli vengono uccisi dai sistemi di pesca utilizzati legalmente e illegalmente. Si tratta di strumenti detti palangari utilizzati per la pesca in alto mare lunghi fino a 130 km con più di 10.000 ami innescati. Inghiottiti accidentalmente dagli Albatrici in pieno oceano, questi ami destinano questi meravigliosi uccelli ad una morte atroce per affogamento. Inoltre molti albatrici inghiottono anche pezzi di plastica che possono condurli alla morte.

Il WWF è impegnato per ridurre l'impatto della pesca su questi meravigliosi animali cercando in particolare di trovare soluzioni e strumenti di pesca che non portino alla cattura e alla morte degli albatrici.

Dopo molti anni di lavoro grazie all'azione del WWF proprio nell'oceano Antartico è stata creata la quarta area marina protetta più grande del mondo (180.000 km<sup>2</sup>): proteggendo in questo modo una parte significativa dell'habitat di 5 specie di albatrici.

Inoltre il WWF ha promosso la creazione del fondo Southern Seabirds Alliance che sancisce l'alleanza per la conservazione degli uccelli marini con particolare attenzione alla popolazione dell'Oceano Antartico e con lo scopo di ridurre gli impatti della pesca sugli uccelli marini.

## ***Bibliografia***

Barnosky A. e E. Hadly, 2015, End Game. Tipping point for planet Earth ?, William Collins

Hansen J., 2010, Tempeste. Il clima che lasciamo in eredità ai nostri nipoti, l'urgenza di agire, Edizioni Ambiente.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014, Climate Change 2014, 4 volumi scaricabili dai siti [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) e [www.climatechange2013.org](http://www.climatechange2013.org)

Mercalli L., Acordon V., Castellano C. e Cat Berro D., 2009, Che tempo che farà, Rizzoli

Redfern M., 2013, 50 grandi idee, Terra, Dedalo Edizioni

Rudwick M., 2015, Earth's Deep History, The University of Chicago Press

Shubin N., 2013, The Universe within, Allen Lane Penguin Books

Smil V., 2013, Harvesting the Biosphere. What we Have Taken from Nature, The MIT Press.

Smith L., 2011, 2050. Il futuro del nuovo Nord , Einaudi.

United Nations Environment Program (UNEP), 2007, Global Outlook for Ice and Snow, scaricabile dal sito [www.unep.org/geo/geo\\_ice](http://www.unep.org/geo/geo_ice)

World Bank e International Cryosphere Climate Initiative (ICCI), 2013, On thin ice. How cutting pollution can slow warming and save lives, World Bank, scaricabile dal sito <http://iccinet.org>

World Glaciers Monitoring Service e United Nations Environment Programme (UNEP), 2008, Global Glaciers Changes: facts and figures, scaricabile dal sito [www.grid.unep.ch/glaciers](http://www.grid.unep.ch/glaciers)

## ***Sitografia sulla criosfera***

British Antarctic Survey

[www.bas.ac.uk](http://www.bas.ac.uk)

Global Cryosphere Watch (GCW) coordinato dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization)

[www.globalcryospherewatch.org](http://www.globalcryospherewatch.org)

International Cryosphere Climate Initiative (ICCI) che ha anche pubblicato nel 2013 un rapporto dal titolo "On thin ice. How cutting pollution can slow warming and save lives" con la Banca Mondiale

<http://iccinet.org>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), il prestigioso organismo delle Nazioni Unite, istituito nel 1988 e che ha ricevuto anche il premio Nobel per la Pace e il cui ultimo e quinto Assement sul cambiamento climatico è stato pubblicato tra il 2013 e 2014

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)

National Snow and Ice Data Center (NSIDC) con sede a Boulder in Colorado negli Stati Uniti, ricco sito di informazioni e stato aggiornato delle varie parti della criosfera, in particolare sull'estensione dei ghiacci artici

<http://nsidc.org>

World Glaciers Monitoring Service (WGMC) ha inoltre pubblicato nel 2008 con il Programma Ambiente delle Nazioni Unite (UNEP) un rapporto dal titolo "Global Glaciers Changes: facts and figures" reperibile dal sito [www.grid.unep.ch/glaciers](http://www.grid.unep.ch/glaciers) , inoltre sempre l'UNEP ha pubblicato nel 2007 il rapporto "Global Outlook for Ice and Snow" reperibile dal sito [www.unep.org/geo/geo\\_ice](http://www.unep.org/geo/geo_ice)

<http://wgmc.org>