



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

**Centro di Ricerche in Bioclimatologia Medica, Biotecnologie e Medicine naturali  
Dir. Prof. Umberto Solimene**

**BIOMETEOLAB  
Resp. Dr. Vincenzo Condemi**

***Ricerca su possibili influenze dei fenomeni climatici ed  
ambientali quali fattori determinanti l'assottigliamento  
delle popolazioni apistiche mondiali***

CON IL SUPPORTO DI



FEDERCHIMICA

AGROFARMA

Associazione nazionale imprese agrofarmaci



*Ricerca su possibili influenze dei fenomeni climatici ed ambientali quali fattori determinanti l'assottigliamento delle popolazioni apistiche mondiali*

*Coordinatore scientifico: Prof. Umberto Solimene (Direttore CRBBMN)*

*Coordinatore esecutivo: Dott. Vincenzo Condemi (Direttore Biometeolab - CRBBMN)*

*Altri partecipanti: Prof. Tullio Marzi (Ingegnere)*

*Dott. Roberto Meco (Data mining)*

*Prof. Angelico Brugnoli (Medico, Bioclimatologo)*

## **SOMMARIO**

### **PARTE I (CAMBIAMENTI CLIMATICI)**

- 1. Introduzione*
- 2. Inquadramento storico del fenomeno*
- 3. Attuale situazione in Italia e nel mondo*
- 4. Analisi preliminare sulle cause incidenti sul fenomeno*
- 5. Inquadramento storico dei cambiamenti climatici*
- 6. Aspetti generali sui cambiamenti climatici*
- 7. I regimi pluviometrici e le siccità*
- 8. Ruolo dei cambiamenti climatici e la mortalità delle api*
- 9. Materiali e metodi della ricerca*
- 10. Conclusioni*
- 11. Bibliografia*
- 12. Appendice tecnica (in conclusione)*

## **BREVE ELENCAZIONE ACRONIMI**

*ANT - Antartide*  
*AO - Artic Oscillation*  
*AOGCM - Atmosphere Ocean General Circulation Models*  
*AR - Artide*  
*CCD- Colony Collapse Disorder*  
*CRBBMN - Centro di Ricerche in Bioclimatologia Medica, Biotecnologie e Medicine Naturali*  
*COLOSS - Colony Loss*  
*ENSO - El Nino Southern Oscillation*  
*GW- Global Warming*  
*IAPV - Israel Acute Paralis Virus*  
*NH - Emisfero Nord*  
*NAO - North Atlantic Oscillation*  
*NC - Nosema Ceranae*  
*NCDC - National Climate Data Center*  
*NSSTC - National Space Science and Technology Center*  
*OCNH - Ocean North Hemisphere*  
*OCSH - Ocean South Hemisphere*  
*OCTR - Ocean Tropics*  
*OGM - Organismi Geneticamente Modificati*  
*PDO - Pacific Decadal Oscillation*  
*SH - Emisfero Sud*  
*TR - Tropici*  
*WMO - World Meteorological Organization*  
*WHO - World Health Organization*  
*UAH - University of Alabama Huntsville*  
*UNEP - United Nations Environment Program*  
*UNIMI - Università degli Studi di Milano*

## PARTE I

### 1. Introduzione

Scopo generale di questo lavoro è quello di fornire un quadro, il più ampio possibile, sulle reale consistenza dei cambiamenti climatici come fattore non secondario nella determinazione dell'assottigliamento del patrimonio apistico mondiale che sembra caratterizzarsi con maggiore forza in aree geografiche situate nell'emisfero Nord.

L'indagine sui cambiamenti climatici sarà preceduta da alcuni capitoli che mirano a fornire informazioni sulle evidenze storiche ed attuali sulla fenomenologia della CCD cercando di chiarire, per grandi linee, i processi di sviluppo e gli agganci storici tra il fenomeno così come viene oggi esplorato collegandoli con l'osservazione di precedenti episodi epidemiologici che hanno coinvolto importanti comparti geografici. Tutto ciò sulla base di referenze bibliografiche altamente attendibili.

Un'altra breve Sezione verrà dedicata alle cause scatenanti (primarie o secondarie) che sembrano incidere sul fenomeno; verranno passate in rassegna le diverse ipotesi formulate per dare una spiegazione scientificamente sostenibile. Tra queste cause viene indicato con crescente frequenza il cambiamento climatico, un attore inserito stabilmente come fattore stressor di notevole peso nella genesi della CCD.

Lo scopo di questa indagine è principalmente rivolta ad approfondire ed a chiarire quanto i processi di cambiamento e le differenti componenti interne ed esterne a questo sistema che possano configurare specifiche azioni forzanti sulle colonie di api. Ciò avverrà tenendo sempre presente il riferimento bibliografico ed avrà quale specifica finalità l'individuazione di talune componenti del sistema climatico che meglio si collegano con la Sindrome da spopolamento delle colonie d'api.

Sarà inizialmente proposta una ricostruzione storica della climatologia con brevi richiami sugli inizi del periodo olocenico (ultimi 20.000 anni), gli andamenti successivi a questa fase paleoclimatica fino a giungere alle evidenze attuali connotandone la variabilità alle diverse scale del tempo cronologico. Questo metodo risulta importante per collocare l'evoluzione del clima ed inquadrarla in un percorso che risulterà intimamente legato alle attività antropiche. L'indagine più approfondita soffermerà la sua attenzione su due serie storiche. Più in generale sulle osservazioni meteorologiche a partire dal 1880 e nel dettaglio sulle osservazioni satellitari a partire dal 1978. Come sarà più chiaro in seguito l'attuale fase di cambiamento climatico denota un progressivo riscaldamento su scala globale, particolarmente accelerato negli ultimi 20 anni, ancor più sensibile nelle fasce climatiche artiche e sub-artiche e nelle fasce climatiche corrispondenti alle latitudini medio-alte (40°N - 70°) dell'emisfero Nord.

Tra le varie cause che possono gravare sul fenomeno della CCD viene spesso menzionata la radiazione elettromagnetica ad alta frequenza conseguente alla crescita esponenziale, nell'ultimo decennio, della telefonia cellulare.

La ricerca sui possibili legami tra cambiamenti climatici e mortalità delle api sarà integrata con valutazioni particolareggiate mirate ad accertare l'influenza delle radiazioni elettromagnetiche emesse in particolare da cellulari e/o apparati elettronici in generale tali da prefigurare un altro fattore causale da non ignorare nell'innescare della Sindrome da spopolamento degli alveari. Detto studio costituisce un'importante appendice rispetto all'analisi climatologica ed ha caratteristiche di spiccata preliminarità.

## 2. Inquadramento storico del fenomeno

L'assottigliamento della popolazione apistica oggi osservata a livello mondiale con punte di particolare criticità emerse specialmente negli Stati Uniti costituisce, ancora oggi, un problema per gran parte irrisolto con effetti, attuali ed in prospettiva, non soltanto per il comparto dell'apicoltura rappresentato essenzialmente dalla produzione del miele e suoi derivati.

Anche, ed in modo più importante, si delineano nodi di complessità che coinvolgono l'intero settore agricolo tenendo conto del fatto che le api (domestiche e selvatiche) costituiscono il mezzo più efficiente di impollinazione di innumerevoli specie vegetali. E' stato stimato che una consistente parte delle produzioni agricole, in un quadro prospettico che vede un netto ed ulteriore calo del patrimonio di api finisca per interessare larghe fette del sistema agricolo per mancata impollinazione. I diversi approcci scientifici ed i diversi ricercatori che si occupano del problema non sono ancora giunti ad una conclusione univoca e condivisa sulle cause principali che forzano il fenomeno. Si suppone, quindi, debba esistere il concorso di più fattori negativi che agiscono deprimendo il sistema immunitario delle api esponendole poi agli attacchi delle differenti patologie cui queste sono soggette. Taluni Autori preferiscono fare una distinzione tra fattori predisponenti e fattori scatenanti e più in generale tra fattori principali e fattori secondari; anche per queste distinzioni non è stato ancora oggi chiarito quali fattori debbano essere considerati decisivi e quali fattori debbano ritenersi secondari.

Ma cos'è esattamente quella che oggi viene definita come la "sindrome da spopolamento degli alveari", "la sindrome da collasso", la "scomparsa delle api"? I nomi, per quanto differenti, potrebbero rappresentare un solo fenomeno di cui si trova traccia pubblicata in storici Congressi internazionali dedicati al settore. Si è concordi oggi nel dire che fenomeni acuti di mortalità presentano un substrato storico del fenomeno che interessa tutte le stagioni meteorologiche e che in tempi recenti appare con sempre maggiore frequenza e con innegabile crescente intensità.

Perdite di colonie di api particolarmente rilevanti sono state ripetutamente segnalate in passato rimarcando andamenti ciclici con connotati tipicamente epidemiologici.

Ad esempio sono stati segnalati fenomeni del genere da *Beuhne R.* (area coinvolta: Australia) per il 1872 e per il 1910, da *Aikin R. C.* per il 1891 e per il 1897 (area coinvolta: Colorado), da *Bullamore G. W.* (area coinvolta: Isola di Wight. Inghilterra) nel 1906, da *Bailey L.* per il 1015 e 1917 (aree coinvolte: Portland ed USA), da *Tew J. R.* per il 1915 (aree coinvolte: dalla Florida alla California), da *Carr E.G.* per il 1917 (aree coinvolte: New Jersey e Canada), da *Williams J. L. e Kauffeld N. M.* per gli anni 60' (aree coinvolte: Louisiana e Texas), da *Roberge F.* per gli anni 60 (area coinvolta: Louisiana), da *Foot H.L.* per il 1964 (area coinvolta: California), da *Mraz C.* per gli anni 70' (area coinvolta: Messico), da *Thurber F. F.* per gli anni 70' (aree coinvolte: Seattle, Washington), ancora da *Kauffeld ed al.* per gli anni 70' (Texas), da *Olley K.* per il 1975 (Australia), da *Kulinčević J.M. et al.* per il 1977 ed il 1978 (rispettivamente coinvolte aree del Messico e della Florida), da *Finley J. et al.*, per il biennio 1995-1996 (Pennsylvania), da *Faucon J. P. et al.*, per il biennio 1999-2000 (Francia), ancora da *Tew J. R.* per il 2002 (Alabama), e da *Svensson B.* per il biennio 2002-2003 (Svezia e Germania) e poi ancora altre segnalazioni di autorevoli ricercatori che ne diedero testimonianza per il 1915 e, più recentemente, a ripartire dal 2006. Vi è addirittura una segnalazione di un Autore anonimo per il 1868 con coinvolgimento del Kentucky, USA).

Ecco di seguito il riassunto delle segnalazioni storiche di episodi di mortalità delle api tenendo conto del fatto che l'anno, il biennio o il decennio segnalato spesso non coincide con la data di pubblicazione:

<b>Anno</b>	<b>Stato</b>	<b>Bibliografia</b>
○ 1868	Kentucky, Tennessee	Anonimo, 1869
○ 1872	Australia	Beuhne R., 1910
○ 1891	Colorado	Aikin R.C., 1897
○ 1896	Colorado	Aikin R.C., 1897
○ 1906	Isola di Wight	Bullamore G.W., 1922
○ 1910	Australia	Beuhne R., 1910
○ 1915	Portland, Oregon	Bailey L., 1964
○ 1915	Dalla Florida alla California	Tew J.R., 2002
○ 1917	USA	Bailey L., 1964
○ 1917	New Jersey, Canada	Carr E.G., 1918
○ Anni '60	Louisiana(Texas)	Williams/Kauffeld,1974
○ Anni '60	Louisiana, Texas	Kauffeld N.M., 1973
○ Anni '60	Louisiana	Roberge F., 1978
○ 1963-64	Louisiana	Oertel, 1965
○ 1964	California	Foot H.L., 1966
○ Anni '70	Messico	Mraz, 1977
○ Anni '70	Seattle, Washington	Thurber F.F., 1976
○ 1974	Texas	Kauffeld <i>et al.</i> , 1976
○ 1975	Australia	Olley K., 1976
○ 1977	Messico	Kulinčević J.M. <i>et al.</i> , 1984
○ 1978	Florida	Kulinčević J.M. <i>et al.</i> , 1982
○ 1995-1996	Pennsylvania	Finley J. <i>et al.</i> , 1996
○ 1999-2000	Francia	Faucon <i>et al.</i> , 2002
○ 2002	Alabama	Tew J.R., 2002
○ 2002-2003	Svezia, Germania, (Europa)	Svensson B., 2003

Si può notare come gli eventi abbiano assunto configurazioni diverse, a seconda della tipologia di scatenamento, interessando una singola annualità, un biennio o un decennio ed evidenziando episodi multipli di mortalità con quadri epidemiologici ripetuti in un lasso di tempo caratteristico. Poi, le segnalazioni hanno interessato essenzialmente l'area Nord-Americana e l'Australia con alcuni episodi che hanno coinvolto il Messico. Se si esclude la segnalazione dell'Isola di Wight, solo nel recente passato, e prima dell'esplosione della CCD (Colony Collapse Disorder), sono giunte notizie su fenomeni di mortalità nell'ambito europeo in particolare in Francia che già qualche anno addietro dovette constatare rilevanti perdite. Questo quadro storico non fornisce indicazioni risolutive sul problema di fondo circa le cause che storicamente agirono sebbene per alcune delle segnalazioni richiamate in precedenza si è potuto stabilire un collegamento con la CCD mediante l'osservazione di una sintomatologia a vario titolo riconducibile a questa Sindrome. Viceversa, per altre segnalazioni non è stato possibile chiarire la dinamica eziologica che ha sostenuto queste epidemie. Sulla CCD vi è quindi concordanza tra i ricercatori sul fatto che non costituisce un fenomeno di *outbreak* sconosciuto o con caratteristiche di particolare significato. Anche sui sintomi vi è unanime convergenza di vedute. Sostanzialmente la definizione accettata della CCD: gli alveari di colpo si svuotano, la maggior parte delle api è assente e non muore nei paraggi dell'alveare, nelle colonie famiglie interessate dal fenomeno restano poche api vive, con o senza regine, scorte di cibo e covata abbandonata.

Altre caratteristiche della CCD sono la scarsa presenza all'interno delle arnie della tarma della cera e di *Aethina tumida*; presenza di scorte di alimento non soggette al saccheggio di altre colonie viciniori; bassi livelli di *varroa*. Vi è chi sostiene che nell'ambito dell'ampio ventaglio di possibili cause che determinano la mortalità delle api la CCD costituisca un importante aspetto che deve tuttavia essere valutato più approfonditamente nell'ottica dell'ampio ventaglio di patologie che interessano le api provocandone la morte o invalidando il loro ciclo vitale.

### **3. Attuale situazione in Italia e nel mondo**

Attualmente, su scala mondiale, si osserva un fenomeno diffuso di mortalità con punte particolarmente importanti negli Stati Uniti, seguiti dall'Europa e dall'Australia. Più incerti i dati di Russia e Cina. Nelle sue linee generali il fenomeno è particolarmente importante nell'emisfero Nord non soltanto per la maggiore dimensione delle superficie emerse ma anche per le più avanzate tecniche di produzione. Pur essendo stati segnalati fenomeni CCD nell'emisfero Sud pare che la dimensione quantitativa, in questo ambito geografico, sia oggi confinata entro valori di sostanziale controllo.

Anche in Italia avvenimenti del genere sono stati osservati con crescente frequenza negli ultimi anni, con un infittirsi di segnalazioni su massicce perdite anche nell'ordine del 50% del patrimonio di un singolo apiario, specialmente nell'ultimo triennio. Anche l'Italia si è allineata allo standard ed alle conoscenze sulla dimensione del fenomeno che sta interessando gran parte dell'emisfero Nord (USA e l'Europa principalmente). Ricerche condotte dal nostro Centro sui più importanti siti-web dedicati, in Italia, non ci hanno consentito tuttavia di tracciare un quadro quantitativamente importante e ben definito sulla effettiva consistenza della problematica.

Sembra tuttavia maggiormente interessata l'area geografica del Nord ed il bacino padano mentre il problema sembra relativamente trascurabile o in parte più contenuto nelle Regioni del Sud dell'Italia e nelle isole maggiori. Un quadro ancora incerto emerge per le Regioni centrali dove tuttavia non mancano segnalazioni di cospicue perdite di colonie.

Più interessante citare l'attività dell'*Osservatorio Nazionale della Produzione del Mercato e del Miele* che in due successivi Reports resi noti nel periodo primaverile del 2008 ha cercato di quantificare le dimensioni del fenomeno segnalando tra l'altro il coinvolgimento del Sud dell'Italia ed evidenziando andamenti particolarmente sfavorevoli nel bacino padano. L'ultimo rilevamento dell'Osservatorio reso noto di recente nel loro sito web ha confermato consistenti episodi di mortalità di colonie d'api durante il periodo invernale 2008-2009, soprattutto al Nord. Le perdite vengono definite superiori alla media.

Secondo quanto informa l'Osservatorio *"gli apicoltori hanno riferito di aver trovato famiglie non sviluppate, deboli o in ritardo nello sviluppo della covata. Le perdite sono stimate molto variabili: tra i professionisti si aggirano tra il 10 e il 25%, mentre tra gli hobbisti e i piccoli apicoltori le perdite invernali raggiungono anche il 50%. La stessa informativa segnala una buona ripresa delle condizioni delle api soprattutto al centro e al sud, anche se nell'interno delle regioni centro-meridionali le cattive condizioni meteorologiche del mese di marzo ne hanno rallentato lo sviluppo. La ripresa primaverile sembra comunque molto ritardata, con il rischio, per molti apicoltori di avere le api sulle prime fioriture non pronte per il raccolto"*.

Tutto ciò suggerisce alcune considerazioni di ordine scientifico: anzitutto le condizioni meteorologiche riferibili alle singole stagioni possono configurare specifici fattori di stress che andrebbero valutati con estrema attenzione. E' infatti noto che l'inverno appena trascorso, in Italia, si è caratterizzato per valori di temperatura relativamente superiori alla media al Centro Sud e prossimi alla media di riferimento per il Nord, specie nell'Italia nord-occidentale e sulle Alpi in genere ove sono stati registrati

frequenti episodi nevosi. Mentre al Centro Sud si è osservato un mese di marzo particolarmente freddo, in particolare nelle aree interne della penisola ed ovviamente a partire dalle quote collinari e di montagna. In secondo luogo, anche alla luce del recente Decreto Ministeriale di divieto delle sostanze neonicotinoidi su tutto il territorio nazionale, appare poco chiaro il persistere di fenomeni di apicidio durante il periodo invernale. Inoltre, la concia delle sementi riguarda essenzialmente mais e girasole, due piante che non vengono coltivate in tutto il territorio nazionale. Conseguentemente, trova ulteriore conferma l'ipotesi di base che deve anzitutto concentrarsi e sviluppare metodiche ed approcci multidisciplinari e multifattoriali mirati a comprendere la reale causa che sta incidendo sul fenomeno.

#### 4. Analisi preliminare sulle cause incidenti sul fenomeno

Una analisi approfondita condotta specialmente sull'ambito bibliografico sulle diverse cause incidenti sul fenomeno non risolve il dubbio di fondo su forzanti specifiche di particolare rilevanza. Partendo da varie pubblicazioni e Reports oggi disponibili è possibile tracciare un quadro completo sulle differenti cause ipotizzate da molti ricercatori come possibili fattori scatenanti.

Principalmente, è stato posto l'accento sulla *varroasi* come patologia fondamentale e potenzialmente devastante, indicata da molti Autori come la più importante causa di mortalità delle api. Sempre sulla varroasi occorre precisare che sono stati osservati fenomeni di farmacoresistenza agli antivarroici e modificazioni comportamentali con carica potenziale ancora tutta da decifrare.

Si affianca alla varroasi la *nosemiasi* (*apis e ceranae*) per la quale esiste un discreto record bibliografico. Ancor più recente è l'ipotesi che le colonie d'api subiscano l'aggressività di un virus di recente acquisizione alla comunità scientifica denominato IAPV che è stato osservato in tutti i casi di mortalità note. Sono coinvolte altre patologie della api, tra queste la temibile peste americana, una patologia della covata causata da *bacillus larvae*. Queste patologie possono aggiungersi e/o sovrapporsi complicando il quadro generale, specialmente in presenza di ulteriori fattori stressogeni che complicano il quadro immunodepressivo delle api.

L'argomento delle patologie che affliggono l'ape è tuttavia molto complesso e vasto, esso richiede approcci specialistici che esulano dal carattere di questo studio. E' assai probabile che uno dei meccanismi d'avvio comprenda una debilitazione del sistema immunitario delle api, per il concorso di più fattori, ed in un secondo tempo con l'ingresso delle patologie vere e proprie.

Tra le possibili cause e/o concause in qualche modo collegate con le patologie dell'ape è opportuno citare pratiche di importazione/esportazione di api e/o api regine con provenienza specialmente dalla Cina e dall'Australia. Si tratta di specie autoctone geneticamente adattate all'ambiente originario portatori di specifiche patologie presenti solo in quegli ambiti.

Risulta molto dibattuto l'argomento legato ai neonicotinoidi anche se persistono molti dubbi non trovando evidenza il fatto che l'epidemiologia sembra riscontrarsi sia in ambiti ove viene fatto uso di questi prodotti, sia in contesti agricoli totalmente esenti da pratiche di semina basate sulla concia delle sementi (essenzialmente mais e girasole). Inoltre, come già segnalato nel precedente capitolo, gli episodi di apicidio (per l'Italia) persistono anche nel periodo invernale come riferito dall'Osservatorio Nazionale per la Produzione e del Mercato del Miele. Ne deriva la necessità, su questa evidenza, di approfondire la griglia dei fattori potenziali che indeboliscono le colonie delle api.

Di recente sono state segnalate morie di api in Francia collegate all'utilizzo di *piretroidi*, agenti chimici usati in questi casi per combattere la *blue tongue*. Sembra tuttavia un caso relativamente circoscritto con poche relazioni con la CCD e con il



fenomeno generale di assottigliamento delle popolazioni di api che assume valenza globale, quantomeno in ambito NH.

Sui cambiamenti climatici e sulle variazioni meteorologiche, cause sempre citate come possibili fattori stressors si rinvia agli appositi capitoli di questo lavoro che ad essi viene nel complesso dedicato. Qui, preventivamente, appare opportuno fare una precisazione sul differente significato che assumono i due termini. Per variazioni meteorologiche si intendono quelle dinamiche collegate al tempo atmosferico che hanno tempi di compimento cronologicamente osservabile su scale cronologiche che vanno dal secondo e fino ad un settimana. Si tratta pertanto di manifestazioni indubbiamente caratterizzate da forte variabilità che può essere colta nel suo insieme soltanto da analisi climatologiche. Infatti la climatologia subentra alla meteorologia per generare operazioni di mediazione statistica con carattere meramente descrittivo su serie molto lunghe di  $n$  tempi meteorologici. La WMO fissa in un trentennio l'elemento cronologico base di confronto. Attualmente il periodo di raffronto va dal 1961 al 1990. Ciò significa che le variazioni climatiche (climatologia dinamica) possono essere definite come scostamenti significativi rispetto a valori medi di un periodo di riferimento. In caso contrario si può concludere che non si hanno variazioni ed il clima oscilla intorno ad una media di riferimento.

Un altro aspetto del problema viene individuato nelle emissioni elettromagnetiche, essenzialmente emissioni elettromagnetiche originate da sorgenti radiobase.

Nell'ambito della ricerca è stata esaminata in modo preliminare questa problematica con risultati indicativi che saranno descritti di seguito.

L'elenco di possibili forzanti include gli organismi geneticamente modificati (OGM) per i quali è stato ipotizzato un collegamento con la CCD. Attraverso la manipolazione genetica questi organismi sono nella condizione di sintetizzare talune molecole ritenute tossiche per alcuni insetti. E' stato ipotizzato che le molecole di sintesi OGM possano essere nocive anche per le api quanto vengono in contatto con il nettare o il polline di queste piante. Mancano tuttavia a riguardo prove definitive che possano dimostrare questa ipotesi.

Altre ipotesi sono state formulate per dare una spiegazione, parziale o sufficientemente valida sugli lapicidi in corso su scala mondiale. Nessuna di queste ipotesi sembra aver avuto fortuna particolare. Tra queste sono citate cattive pratiche di conduzione degli alveari, Pratiche di surmenage richiesto alle api, servizi di impollinazione resi dalle api in ambienti di serra, servizi di impollinazione in ambienti outdoor, specie negli USA.

Per fornire una efficace risposta scientifica su un problema che si presenta in tutta la sua complessità ed in tutta la sua spiccata valenza multidisciplinare è stato costituito di recente un vasto gruppo di ricerca internazionale denominato *International Group for Prevention of Colony Loss (COLLOSS)* che riunisce sotto questa sigla molteplici competenze. Questo organismo scientifico ha quale suo obiettivo principale lo studio e la prevenzione della scomparsa delle api. Ne fanno già parte 61 Paesi tra i quali 23 europei insieme a Porto Rico, Egitto, Cina e Stati Uniti d'America.

L'Italia ha aderito a questo protocollo per il tramite dell'Unità di Ricerca in Apicoltura, operativa presso il CRA del Ministero delle Politiche Agricole.

Il COLLOSS attualmente si divide in 4 Unità di Ricerca:

- a) Monitoraggio e diagnosi;
- b) Agenti patogeni;
- b) Ambiente, nutrizione, intossicazione, conduzione apistica;
- d) Allevamento e biologia delle api.

## 5. Inquadramento storico dei cambiamenti climatici

È un dato ormai scientificamente acquisito che il sistema climatico ha subito nel corso della storia rimarchevoli cambiamenti oscillando da fasi glaciali a fasi interglaciali ed alternando periodi climatici (su scale multimillenarie, multisecolari, multidecadali) estremamente freddi (*fasi glaciali*) seguiti e/o preceduti da intervalli climatici caratterizzati da profili termici molto alti definiti *optimum climatici (fasi interglaciali)*. Un esempio relativamente recente di riscaldamento è l'*optimum climatico medioevale* che va all'incirca dall'800 al 1200 d.C. Per questo periodo è stata ricostruita (*documentary, proxy e multiproxy data*) una fase climatica particolarmente mite. Fu proprio in questa fase che i Vichinghi trovarono con molta probabilità condizioni climatiche ottimali per espandersi verso Ovest e verso Sud. Negli ultimi 30 anni, dopo una breve ma significativa flessione termica osservata mediamente su scala globale, on durata quasi trentennale (fase che si colloca approssimativamente dal 1950 al 1980 denominata anche periodo fresco) si è confermata una nuova e più rapida progressione della silhouette termometrica a tutte le scale prese in considerazione. Il fenomeno è stato particolarmente avvertito negli ultimi 20 anni, specialmente nell'emisfero boreale, con frequenti episodi climatici caldi (*heat waves*) durante il periodo estivo e temperature mediamente molto miti in quello invernale. Più in generale vi è concordanza sul fatto che l'attuale tendenza all'incremento termico delle temperature su scala globale ha avuto avvio a partire dal 1850, una datazione sulla quale esistono pochi dubbi di ordine scientifico ed è oggi unanimemente ritenuta lo spartiacque tra il precedente periodo climatico (*little ice age*) e quello successivo che perdura fino ai giorni nostri con alterne vicende che saranno focalizzate in seguito con maggiore dettaglio.

Questo quadro è scientificamente ben sostenuto dai *Reports IPCC* che si sono succeduti nell'ultimo decennio. Trascurando i primi due Reports IPCC che hanno visto la luce negli anni novanta del secolo scorso, sarà concentrata l'attenzione a partire dal penultimo documento IPCC (*Third Assessment Report, 2001*) ed ovviamente sul più recente Report IPCC (*Fourth Assessment Report, 2007*). In questo quadro costituisce una ipotesi degna di nota l'approfondimento dei processi di cambiamento climatico in generale e delle singole forzanti che lo hanno caratterizzato e lo caratterizzano come fattore sfavorevole nella determinazione e/o co-determinazione di fenomeni epidemiologici generalizzati che riguardano il patrimonio apistico mondiale.

L'analisi climatologica sarà specialmente condotta sull'ambito globale, con applicazione di modelli interpretativi comparativi allargati ad aree significativamente interessate dal declino delle popolazioni di api.

## 6. Aspetti generali sui cambiamenti climatici

Negli ultimi dodici anni a partire dal 1995 e fino al 2006 ben undici tra questi sono stati indicati dall'IPCC fra gli anni mediamente più caldi mai registrati da quando si hanno misure globali sufficientemente attendibili ed estese nella osservazione della temperatura alla superficie e cioè a partire dal 1850 (*IPCC - Quarto rapporto di valutazione - WP1*). Il più recente trend lineare per 100 anni (1906-2005) è di 0,74 (da 0.56 a 0.92°C) con una corrispondente maggiore variazione disponibile per gli anni 1901-2000 riportato nel *Terzo Rapporto di Valutazione* pari a 0.6 (da 0.4 a 0.8°C). Il trend di riscaldamento lineare per gli ultimi 50 anni con un eloquente 0.13 ed in pratica da 0.10 a 0.16°C per decennio è quasi il doppio di quello per gli ultimi 100 anni. L'aumento totale della temperatura dal 1850-1899 al 2001-2005 è di 0.76, precisamente da 0.57 a 0.95°C. Gli effetti delle isole di calore urbane (*Oke T.R., Hinkel K. M. et al.*) sono effettivi ma esauriscono il loro effetto su scala locale; essi hanno (sembrerebbe) un'influenza trascurabile, quantificabile in 0.006°C per decennio sopra le terre emerse mentre l'influenza è nulla sopra gli oceani.

Si stima una *confidenza molto alta* ("very high confidence"), basata su più evidenze provenienti da un vasto *range* di specie, che il recente riscaldamento stia fortemente influenzando i sistemi biologici terrestri, inclusi cambiamenti come:

- anticipo degli eventi primaverili, come la fioritura, la migrazione degli uccelli e la deposizione delle uova;
- spostamenti verso il polo e verso le alte latitudini delle specie vegetali e animali;

Parecchi Autori hanno posto l'accento su queste dinamiche: ne sarà dato conto nel prosieguo del lavoro, riteniamo infatti di cruciale importanza la sottolineatura del riscaldamento globale ed il coinvolgimento di molteplici ecosistemi sottostanti.

Basandosi sulle osservazioni da satellite disponibili a partire dalla fine degli anni settanta è possibile affermare che vi sia un'*alta confidenza* ("high confidence") che in molte regioni ci sia stato un trend verso un "rinverdimento" primaverile precoce della vegetazione collegato ad una maggiore durata delle stagioni della crescita termica ("*thermal growing seasons*") dovuta al recente riscaldamento.

L'IPCC, inoltre, sottolinea un'*alta confidenza* ("high confidence"), basata su nuove e sostanziali prove, che i cambiamenti osservati nei sistemi biologici marini ed acquatici siano associati alla crescita delle temperature dell'acqua, così come ai cambiamenti della copertura del ghiaccio, della salinità, dei livelli di ossigeno e della circolazione. Questi includono:

- spostamenti nei *range* e cambiamenti nell'abbondanza di pesce, plancton e alghe alle alte latitudini degli oceani;
- aumenti dell'abbondanza di alghe e zooplancton alle alte latitudini e alle alte altitudini nei laghi;
- cambiamenti nei *range* e migrazioni anticipate dei pesci nei fiumi.

L'assorbimento di carbonio antropogenico a partire dal 1750 ha portato gli oceani ad una condizione di maggiore acidità con una diminuzione media del ph di 0.1 unità (*IPCC Working Group I - Fourth Assessment Report*). Comunque, gli effetti osservati dell'acidificazione dell'oceano sulla biosfera marina non sono ancora stati documentati. Sotto il profilo scientifico sono già stati proposti innumerevoli studi che valutano la dinamica del cambiamento climatico sotto vari punti di vista. Sono coinvolti tutti i sistemi, fisici e biologici, per i quali emergono osservazioni degni di interesse scientifico.

Gli effetti dell'aumento della temperatura sono stati documentati nei seguenti sistemi (*medium confidence*):

- a) effetti sulla gestione dell'agricoltura e delle foreste alle alte latitudini dell'emisfero nord, come l'anticipo primaverile della semina delle colture e l'alterazione nei regimi di disturbo delle foreste a causa di incendi e aridità;
- b) alcuni aspetti della salute umana, come la mortalità dovuta ad onde di calore in Europa Occidentale, vettori di malattie infettive in alcune aree ed il polline allergenico alle alte e medie latitudini dell'emisfero nord.

Riguardo ai cambiamenti climatici ed al loro legame con la salute umana è opportuno ricordare che fenomeni meteo-climatici in generale e quelli estremi in particolare sono inseriti in un lungo processo di profonda trasformazione climatica che va assumendo un preciso significato epidemiologico, con particolare riferimento a soggetti a rischio, categorie di fragilità, sistemi-Paese particolarmente vulnerabili. In riferimento a ciò, non a caso, l'*Organizzazione Mondiale della Sanità* ha sviluppato da parecchi anni un proprio Programma di Valutazione e Monitoraggio nel settore dei cambiamenti

climatici riferiti alla salute umana (*Climate Change and Human Health*) come testimoniato da una numerosa serie di pubblicazioni di cui, alcune molto recenti, quali:

- *Climate Change and Human Health*, 1996; *Monitoring ambient air quality for health impact assesment*, 1999; *Climate variability and change and their health effects in Pacific Island Countries*, 2000; - *Climate Change 2001, Synthesis Report*, 2001; - *The European Health Report*, 2002; *Methods of assessing human health and public health adaptation to climate change 2003*; *Climate Change and Human Health, risks and responses*, 2003, *Heat Waves, risk and responses*, 2004.

Molte tra le pubblicazioni citate sono state elaborate con il concorso sostanziale della *World Meteorological Organization* e dell'*United Nations Environment Programme (UNEP)*.

Anche le Nazioni Unite hanno dedicato crescente interesse alla problematica dei cambiamenti climatici con la produzione di proprie pubblicazioni, tra cui, la più importante, è costituita da: "*Impact assesment and regional response strategies for climate change, 1999*".

Sempre in tempi recenti è stato finanziato a cura della European Commission Fifth Framework Programme, un complesso Progetto di Ricerca Europeo (*Assessment and Prevention of Acute Health Effects and Weather Conditions in Europe - PHEWE - 2002-2005*), che ha avuto lo scopo di investigare con modalità prettamente epidemiologiche correlazioni tra le variabili meteorologiche e gli effetti derivanti per la salute umana (*acute health effects*), coinvolgendo 16 tra le più grandi città europee. Molti i partners coinvolti (oltre venti) tra cui la WHO - Regional Office for Europe, la Unit of Environmental Epidemiology, National Public Health Institute, Kuopio (Finlandia), il Dept. of Mathematical Sciences, University of Aberdeen, Aberdeen (Gran Bretagna), l'Institute of Social and Preventive Medicine of the University of Basel, Basilea (Svizzera), la School of Geography and Environmental Sciences, Università di Birmingham (Gran Bretagna). Si è trattato di un Progetto che ha utilizzato un autonomo sistema previsionale (*Air Mass*) elaborato dall'Università del Delaware (*Karlstein ed al.*) denominato Heat/Health Watch Warning System (HHWWS) che si basa su un sistema di classificazione delle tipologie di masse d'aria poi utilizzate nel sistema di previsione delle onde di calore; detto sistema è denominato Heat/Health Watch/Warning System (HHWWS).

Inoltre, stanno emergendo altri effetti come conseguenza diretta o indiretta dei cambiamenti climatici su scala regionale e sugli ambienti naturale e umano, anche se molti di questi effetti sono ancora difficilmente distinguibili a causa di adattamenti e *drivers* di origine esterna al sistema (forzanti esterne).

### **7. I regimi pluviometrici e le siccità**

Tra le varie cause che vengono sovente riferite come fattori critici nel ciclo vitale delle api sovente si fa menzione dei regimi pluviometrici ed in particolare degli episodi di siccità, specialmente durante il periodo primaverile. E' opportuno ricordare quanto dichiarato dal Prof. *Marinus Jan Sommeijer*, Istituto di Ricerca sulle Api Tropicali, Dipartimento di Biologia, Università di Utrecht, Paesi Bassi: "*il riscaldamento globale del pianeta sta causando la variazione dei calendari della fioritura che non coincidono più con il ciclo biologico delle api. Il cambiamento climatico sta portando verso condizioni più secche. L'alternanza di periodi di aridità è particolarmente deleteria per le api*".

*Jerry Bromenshank* dell'Università del Montana ipotizza che il tempo secco riduce la normale quantità di cibo disponibile alle api, rendendole più vulnerabili ad alcuni tipi di virus - come quello delle ali deformate - o alle infezioni da funghi. Lo scienziato ha

osservato che le colonie abbandonate non vengono ripopolate da altre api o insetti per almeno alcune settimane. Secondo lui questo è in accordo con la presenza di residui tossici da fungo provenienti dalle api morenti, che tengono lontano gli altri insetti.

Per *Mesquida J.* le condizioni meteorologiche particolarmente secche con prolungati periodi caratterizzati da precipitazioni scarse o assenti determinano conseguenze sulla fioritura delle piante di interesse per le api, fioritura che può attenuarsi e durante il prosieguo stagionale divenire totalmente assente. Diversi lavori pongono l'accento su altri aspetti meteo-climatici.

Sempre secondo quanto affermato dall'IPCC (Quarto Rapporto) numerosi cambiamenti nel clima sono stati osservati alle scale continentali, regionali e di bacino oceanico. Questi includono cambiamenti nelle temperature e nei ghiacci nell'Artico, estesi cambiamenti nelle quantità di precipitazioni, nella salinità dell'oceano, nelle strutture dei venti e nelle tipologie di eventi estremi come siccità, precipitazioni eccezionali, ondate di calore e nell'intensità dei cicloni tropicali.

Su molte grandi regioni sono stati osservati andamenti di lungo termine (dal 1900 al 2005) delle quantità di precipitazioni. Sempre secondo l'IPCC significativi incrementi nelle precipitazioni sono stati osservati nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nell'Europa del Nord e in Asia settentrionale e centrale. Una diminuzione delle precipitazioni è stata osservata nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa Meridionale e in parte dell'Asia meridionale.

Siccità più lunghe e di maggior intensità sono state individuate in aree sempre più estese a partire dagli anni settanta, particolarmente nelle zone tropicali e sub-tropicali. L'aumento di periodi secchi collegati alle alte temperature e alla diminuzione delle precipitazioni ha contribuito ai cambiamenti nella distribuzione delle siccità. I cambiamenti della temperatura alla superficie del mare, delle strutture dei venti e la diminuzione del manto nevoso e della copertura nevosa sono anch'essi collegati alle siccità e più in generale completano un quadro abbastanza complesso con fattori di dinamismo importanti.

Sono tante le pubblicazioni che entrano nel merito della questione sollevando aspetti di criticità sia sul versante dei regimi pluviometrici che in quello delle siccità. *Henrichs T., Lehner B. and Alcamo* hanno puntato l'attenzione sul water stress in Europa. *Frei C., Schar C., Luthi D. and Davies H.C* hanno analizzato gli episodi di forte precipitazione (*heavy precipitation*) in un clima caldo. *Jones J.A.A.* mette in relazione i cambiamenti climatici e la disponibilità di risorse idriche in una prospettiva di global warming. *Katz W.R. and Brown G.* pongono l'accento sulla variabilità come aspetto più importante dei valori medi.

Conclusivamente, è stato sottolineato a più riprese il trend di fondo del global warming verso una maggiore concentrazione di eventi di precipitazione in lassi di tempo più brevi, risultando questi al contempo più forti ed allungando in tal modo i periodi di siccità tra un evento ed un altro. Questa osservazione deve ancora trovare definitiva conferma.

## **8. Ruolo dei cambiamenti climatici e la mortalità delle api**

Il Dott. *Enzo Marinelli* in un suo intervento nel recente Convegno APAT (vedere richiamo bibliografico ed altri riferimenti nel contesto del lavoro) afferma che *"le condizioni climatiche avverse non permettono una ottimale raccolta di nettare e polline e possono essere causa di carenze e stress nutrizionali che debilitano le colonie predisponendole agli attacchi parassitari. Le api raccolgono per lo svolgimento del loro ciclo biologico tre elementi: acqua, nettare e polline. La mancanza di uno o più di questi elementi può portare ad una diminuzione della popolosità delle colonie, a una minor longevità delle api, a una maggior sensibilità nei confronti delle malattie. Ma il clima non è da sottovalutare: un suo andamento irregolare può interrompere il flusso*

normale di nutrienti che sono necessari alle api per la loro crescita e sviluppo, indebolendo le difese dell'alveare; occorre quindi essere pronti a intervenire con idonee integrazioni alimentari che sostituiscano il nettare e il polline raccolti dalle api".

In un recente rapporto dell'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) è stato dedicato spazio ai cambiamenti climatici come aspetto da valutare attentamente in un'ottica multifattoriale. Sono stati in particolare considerati taluni fattori critici di origine climatica e meteorologica.

*Dustmann J. H. e Von Der Ohe W.* sottolineano l'importanza della temperatura come fattore che inibisce l'attività di volo delle api, specialmente con valori di 12°C senza precipitazioni e 16°C con associate piogge. *Jones et al.* si soffermano su valori di temperatura elevati (34,5°C); oltre questa soglia sono stati osservati deficit nei processi di apprendimento e memorizzazione delle api. *Tauz et al.* hanno dal canto loro sottolineato che le condizioni termiche non ottimali determinano nelle api operaie perdita del senso di orientamento.

Secondo *Bulher et al.*, con concentrazioni pari all'1,5% di CO<sub>2</sub> e temperature > 35°C all'interno dell'arnia le api tendono ad avere una vita durata molto più breve rispetto alla media. Di particolare interesse l'ipotesi formulata da *Crailsheim et al.*, che si sofferma sulle perturbazioni climatiche (e/o atmosferiche) come fattore stressor per il benessere delle api; sono infatti state segnalate anomalie di comportamento specialmente per alcune specializzazioni all'interno dell'organizzazione della api. *Imdorf et al.* ipotizzano che le condizioni meteo-climatiche non possono, da sole, costituire l'unico fattore di rischio nel fenomeno di assottigliamento delle popolazioni di api supponendo il concorso di altri fattori; per rafforzare la loro tesi si pone in evidenza il diverso comportamento degli inverni 2002-2003 e 2005-2006 anche alla luce di cospicue perdite di colonie d'api. Infine, da sottolineare quanto proposto da *Le Conte Y. et Navajas M.* che ritengono, a fronte di processi dinamici di cambiamento climatico particolarmente accelerati, possibili fattori critici negli aspetti di adattamento delle diverse specie di api domestiche.

Il quadro bibliografico appena presentato che deriva direttamente dal Report AFSSA non sembra tenere conto, nelle sue linee generali, della differenza esistente tra processi climatici che hanno tempi di compimento particolarmente lunghi e processi di breve termine che attengono all'ambito della meteorologia, una branca che alla climatologia è tuttavia intimamente legata, sia come singole manifestazioni sia per l'insieme di manifestazioni che nel loro insieme concorrono a descrivere i trend climatici definibili su scale trentennali o su scale di tempo superiori.

Costituisce un esempio di sicuro interesse scientifico quanto indagato da *Menzel A. et al.*, che hanno svolto una approfondita indagine estesa in 21 Paesi e condotta su 542 specie vegetali e 19 specie animali constatando nel 78% dei casi quanto il global warming abbia influito, in vari modi, inducendo modificazioni comportamentali nelle specie analizzate. Secondo questi Autori l'aspetto predominante del problema deve essere focalizzato negli anticipi/posticipi stagionali soprattutto nel passaggio winter-spring ed in secondo luogo nel passaggio autumn/winter.

Su un altro versante *Menzel A. et Fabian P.* (Nature, 1999) avevano colto aspetti di evidente interesse scientifico nelle dinamiche fenologiche interessanti l'Europa, lungo il percorso termometrico che origina dal GW con trend di lungo termine distintamente orientato al rialzo. *Thomson D. J.* con un altro articolo apparso su Nature (*Shifts in Season*) ha posto l'accento sulla variabilità annuale e su un timing stagionale che è stato esaminato alla scala di una singola annualità; in questo contributo scientifico è stato puntualizzato che la stagione invernale ha tendenza a subire corpose erosioni agevolando le stagioni di confine dell'inverno che ne vedono allungato il loro corso e la loro durata. Altri Autori come *Kozlov M. V. et al.*, hanno condotto analisi su specifici segmenti geografici (*Penisola di Kola, Russia*) indicando processi di *seasonal shifts* specialmente sul tratto autumn-winter. Ciò sembra dimostrare quanto il GW presenti

aspetti di complessità e specifiche variabilità non del tutto chiarite. Approcci generalizzati su molteplici specie (plants and animals populations) sono state condotte da *Root T.R. et al.* che hanno fatto considerazioni più ampie sulle diverse componenti della biodiversità pervenendo a risultati analoghi agli Autori precedentemente citati. Altre pubblicazioni si soffermano su aspetti aerobiologici rimarcando cambiamenti fenologici in generale o su singole specie; *Emberlin J., Smith M., Close R., and Adams-Groom B.*, sottolineano cambiamenti in due specie fenologiche (*Alnus spp.* and *Corylus spp.* in Worcester, Gran Bretagna). *Kasprzyk I. et al.*, hanno condotto analisi aerobiologiche specifiche in Polonia su altre specie vegetali misurandone le relative dinamiche. *Rodríguez-Rajo F.J., Frenguelli G., and Jato V.* hanno puntato l'attenzione su profili di forecasting (*Betula pollen season*) in rapporto alla temperatura ambientale. *Fitter A. H. and Fitter R.S.R.* si sono soffermati sui rapidi cambiamenti nella fioritura di piante presenti in Inghilterra.

### 9) *Materiali e metodi della ricerca*

Le notizie riguardanti la dimensione del fenomeno di mortalità delle api ed il suo collocamento in un ambito geografico sufficientemente ampio è di cruciale importanza. Per tale ragioni si osserva che la superficie della Terra è pari a 510.066.000 kmq, mentre la superficie delle terre emerse ammonta a 148.647.000 kmq corrispondenti al 29,1% del totale complessivo. La superficie oceanica totale corrisponde a 361.419.000 kmq pari al 70,9% del totale. E' quindi evidente l'influenza degli oceani nell'innescare di meccanismi di cambiamento climatico generalmente ascrivibili a forzanti naturali interne al sistema. Più in dettaglio la ripartizione della superficie tra i continenti evidenzia per l'Asia (NH) 44.581.815 kmq corrispondente al 30% del totale delle terre emerse, l'Africa (NH-SH) totalizza 30.199.837 kmq pari al 16,5% ripartiti tra emisfero Nord e Sud, segue l'America settentrionale (NH) con il 16% del totale e l'America meridionale (SH) con il 12% del totale.

Trascurabili i dati di superficie riferibili all'Europa ed all'Oceania, rispettivamente con il 6,7% ed il 5,7%. Ininfluenza per gli scopi della ricerca il dato antartico non essendo presenti forme biologiche riconducibili agli imenotteri. Simile considerazione è stata fatta per la massa groenlandese, tuttavia essa riveste a nostro avviso maggiore importanza per ragioni che risulteranno più chiare nel prosieguo del lavoro.

Per l'analisi di dettaglio del fenomeno sono state principalmente utilizzate due serie termometriche storiche sorgenti rispettivamente da NSSTC (National Space Science and Technology Center) e dall'Università degli Studi di Alabama in Huntsville, in collaborazione con altre Università americane. Questi Enti rilavano l'andamento termico globale mediante osservazioni satellitari, metodica di acquisizione dati che si aggiunge alle osservazioni meteorologiche strumentali, con serie avviata a partire dal 1978 quale conseguenza dell'immissione in orbita verso la fine degli anni sessanta della prima generazione di Satelliti meteorologici denominati Tyros.

I dati misurati coincidono perfettamente con un periodo climatico medio pari ad un trentennio assumendo particolare significato per i fini della presente indagine. Per comprendere la dinamica storica del fenomeno di crescente modificazione climatica è stata presa in considerazione una più lunga seconda serie termometrica che si affianca ad UAH mediante osservazioni superficiali con una progressione a partire dal 1880 fino al 2008, curata dal NCDC (National Climatic Data Center).

Ambedue le sequenze sono state scomposte in fasce temporali comprendenti trentenni, ventenni, decenni, lustri, anni, semestri, stagioni e mesi. Ulteriori tests di controllo sono stati condotti su altre serie termometriche oggi disponibili e riconducibili direttamente alla NASA (*Gistemp*) ed alla serie *HadCRU (Climate Research Centre)* che origina dal *MetOffice - Hadley Centre*. Valutazioni comparative tra queste sorgenti

di dati confermano andamenti similari perfettamente sovrapponibili tra loro con poche differenze non particolarmente significative.

Il dato principale riconducibile a NSSTC/UAH comprende serie globali, serie emisferiche globali e dati specifici sui segmenti geografici NH/SH con inclusione degli Oceani e delle terre emerse (lands). Sono stati inoltre utilizzati i dati disponibili per l'area artica ed antartica e quelli riferibili ai settori tropicali come elementi di confronto nella dinamica di GW, riconducibili ad UAH.

E' stato ormai ampiamente dimostrato e vi è al riguardo convergenza sul fatto che il clima ha subito una progressiva fase di riscaldamento come evidenzia il grafico di seguito (Fig.1) ove sono riportati gli andamenti termici osservati a partire dal 1880 al 2008 (NCCD). Questa rappresentazione indica che il sistema climatico qui considerato alla scala globale ha subito in varie tappe un sostanziale ed evidente processo di riscaldamento, intervallato da temporanee fasi di regressione termica. Questo periodo di quasi 130 anni può essere microscopicamente suddiviso in tre stadi progressivi di sviluppo.

Analizzando il dato nel dettaglio emerge un primo periodo di riscaldamento che va dal 1910 e fino al 1945, una successiva fase di parziale raffreddamento denominata *periodo fresco* che va dall'immediato periodo del secondo dopoguerra fino alla fine degli anni ottanta ed infine l'ultima fase, quella attuale, caratterizzata da una più intensa ripresa del global warming che specialmente nell'ultimo decennio si è caratterizzata per le più alte temperature espresse in termini medi da quando esistono osservazioni meteorologiche. Il trend lineare di fondo evidenzia  $y=0,0004x - 0,3259$  che può essere colto in tutta la sua evoluzione nella analisi delle medie mobili di lungo periodo.

Va aggiunto che le analisi sui trends lineari di breve termine (tests condotti sugli ultimi 6 anni) mostrano un andamento leggermente decrescente con tendenza della curva a flettere, un segnale questo di temporanea(?) stabilizzazione del GW che appare tuttavia ancora molto forte nei trend lineari di medio e soprattutto di lungo periodo che rimangono improntati all'incremento.

Sulla cause di questi processi ci soffermeremo con un flash indicando il fattore antropico come forzante che ha assunto crescente importanza a partire dal 1850. Vengono chiamati in causa diversi aspetti tra questi, principalmente la crescente importanza delle emissioni antropogeniche di gas-serra (principalmente CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>) in associazione ad altre forzanti di origine naturale per le quali permangono incertezze e connessioni non facilmente quantificabili.

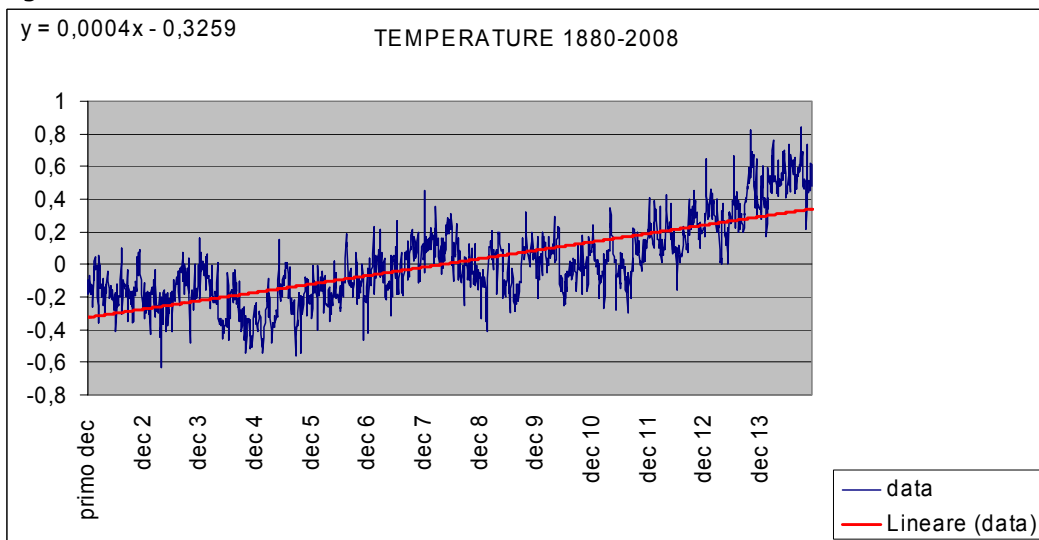
Infine, qualche considerazione sui modelli climatologici di scenario denominati AOGCM. In questa sede questa classe di modelli che definiscono possibili scenari climatologici, generalmente costruiti su base convettivo-radiativa e indirizzati alla descrizione di possibili evoluzioni future del clima non verranno presi in considerazione, essenzialmente perché poco adatti a comprendere il diffuso fenomeno di apicidi osservato su scala globale, un fenomeno che avviene ora e che presuppone una eziologia pregressa e non riconducibile al futuro.

Riguardo alle cause del GW saranno forniti pochi e generalissimi elementi, sempre in questa sede, ritenendo più importante soffermare l'attenzione sulle cause dirette della accresciuta mortalità delle api. Genericamente, le cause che determinano il clima possono riassumersi in cause di origine naturale e cause di origine antropica. Riteniamo che esuli dallo scopo di questo lavoro soffermarsi su questo argomento ritenuto di estrema complessità ed al contempo poco produttivo nella comprensione della CCD.

La prima rappresentazione (Fig.1) descrive l'andamento termico medio, sezionato per decenni, a partire dal 1880 fino al dicembre 2008 (data source NCCD). E' un primo approccio descrittivo sulle dinamiche del global warming.



Fig.1

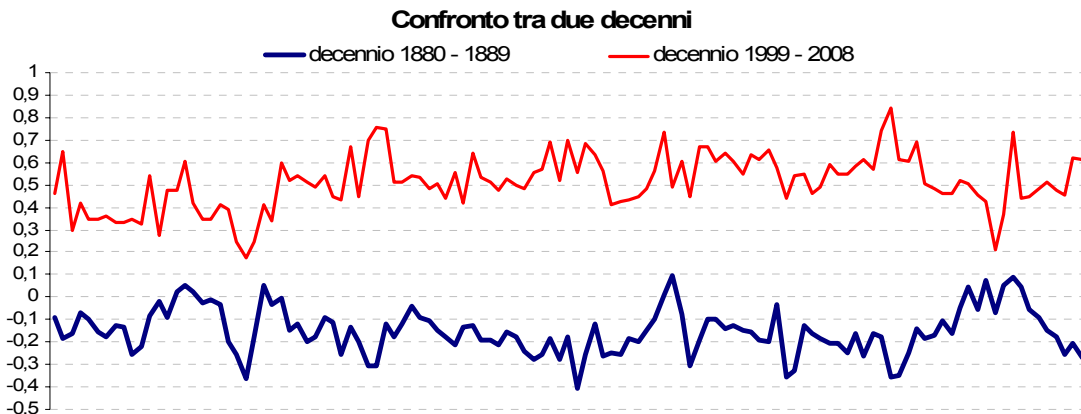


Descrizione andamento termico su scala globale periodo 1880-2008

Il secondo grafico (Fig.2) mostra gli andamenti termici medi osservati sui due decenni estremi nel contesto del periodo complessivo 1880-2008 (decennio 1880-1889 e decennio 1999-2008).

In questa seconda rappresentazione emerge con evidente nitidezza la differenza climatica fra i due periodi, qui trattati esclusivamente come termini di confronto. Le linee che descrivono gli andamenti termici medi non si intersecano in nessun punto lasciando chiaramente intendere che i due periodi hanno mostrato caratteri climatici radicalmente diversi. Qui è opportuno aggiungere che lo scarto tra i valori medi massimi e minimi è nell'ordine di  $1,2C^{\circ}$ , un valore che in climatologia viene ritenuto molto forte specie se si consideri che si è giunti a queste risultanze nell'arco di poco più di un secolo.

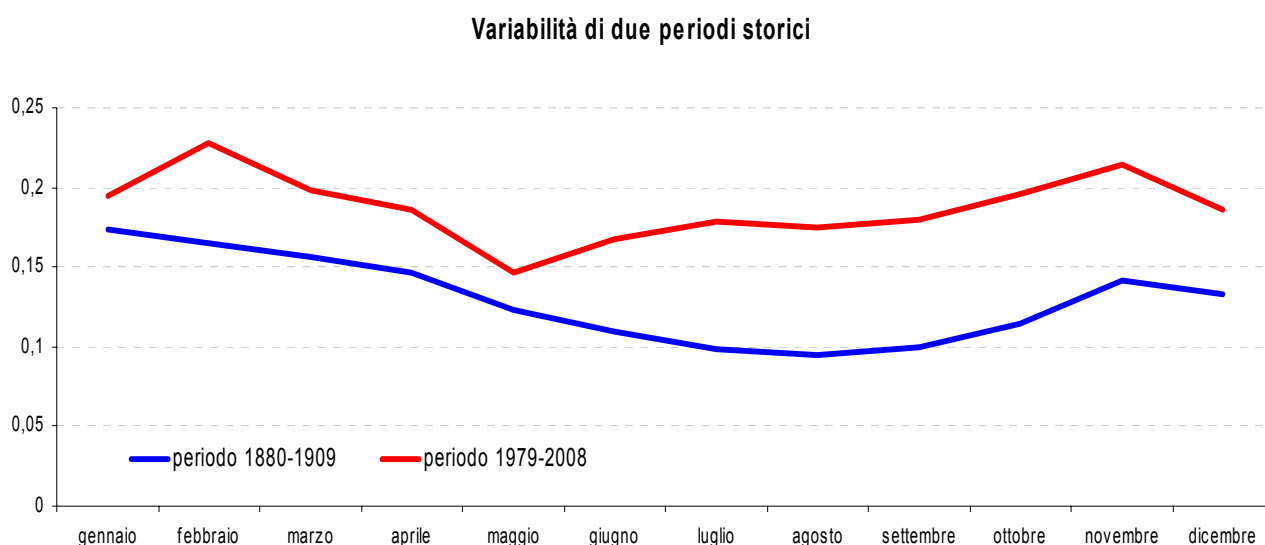
Fig.2



Descrizione andamento termico su due decenni (1880/1889 - 1999/2008)

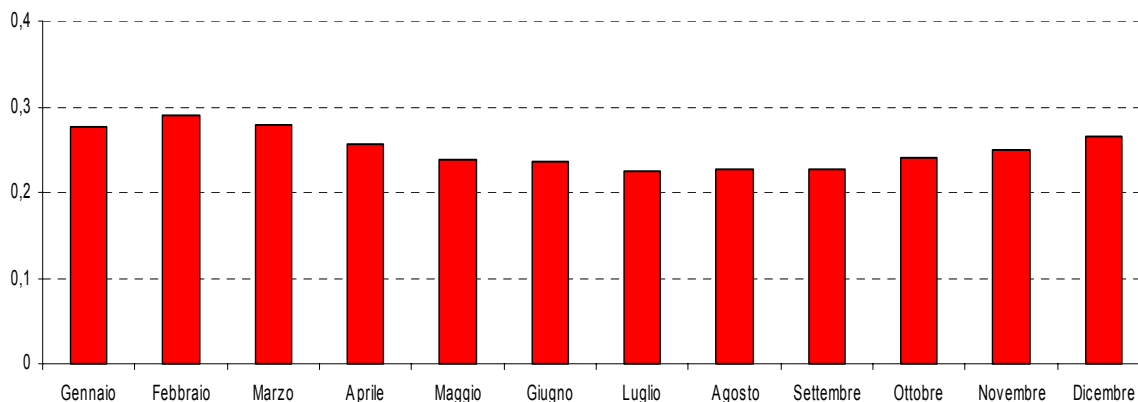
La rappresentazione successiva (Fig.3) mostra un test specifico per misurare la variabilità occorsa in due specifici periodi storici (trentennio 1880-2009 e trentennio 1979-2008) rispetto al periodo complessivo di riferimento. Essa appare particolarmente forte nell'ultimo trentennio con due specifici picchi in corrispondenza dei mesi di febbraio e marzo e tra ottobre e novembre. La curva che descrive il periodo 1880-1909 tende a stabilizzarsi sensibilmente nel periodo estivo fino ad appiattirsi intorno ad un valore neutrale; persiste una certa variabilità nei primi quattro mesi e negli ultimi tre. Con questo grafico si comprende quanti e quali anni hanno subito un innalzamento rispetto alla media secondo il mese calcolato. Gli ultimi 30 anni presentano valori superiori alla media.

Fig.3



La descrizione grafica dell'andamento mensile (Fig.4) evidenzia quale mese della popolazione calcolata ha subito un indice di dispersione diverso. Dalla varianza è infatti possibile calcolare la dispersione dei dati rispetto al valore atteso.

Fig.4

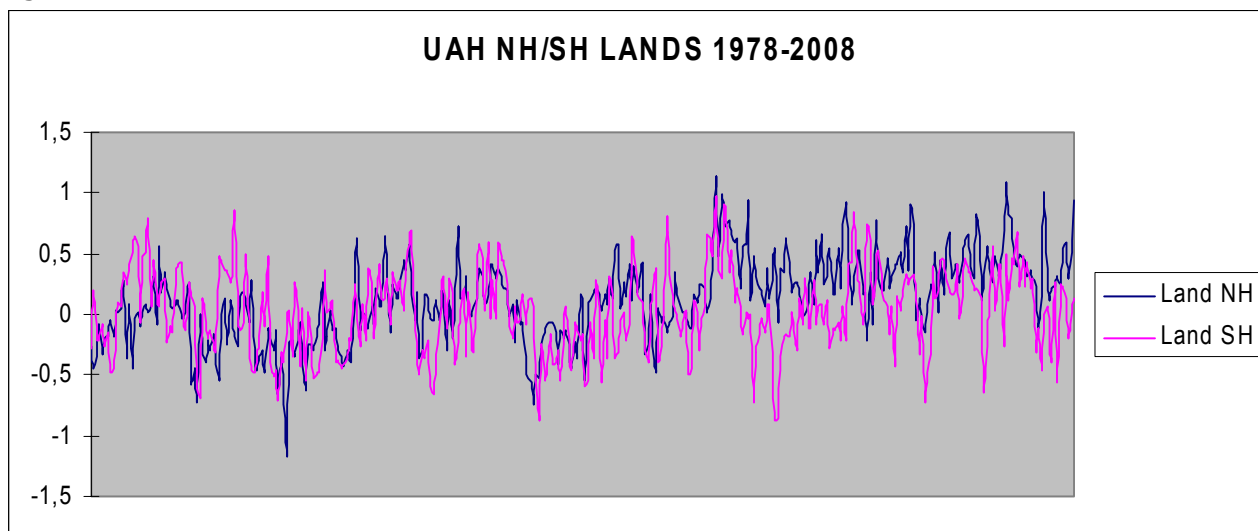


Standard Deviation per month (periodo 1880-2008)

L'analisi dei due data-base si completa con alcune informazioni di carattere generale fornite dalla serie più lunga (NCDC - serie 1880-2008) con 5 trentenni, 13 decenni, 26 lustri, 128 anni, 512 stagioni trattate ed un totale di 1548 mesi, in pratica l'unità di tempo più piccola.

La rappresentazione seguente (Fig. 5) mette a confronto gli andamenti termici medi osservati nei comparti nord e sud emisferici calcolati su base globale, senza operazioni di segmentazione analitica sul coupling ocean/land. Si segnala un quadro termico nettamente sbilanciato con valori sensibilmente più alti sul versante nord-emisferico. Più nel dettaglio appare chiaro che l'incremento termico medio si è espresso con maggiore forza nell'ultimo ventennio e con movimenti decisamente sovrapponibili tra il settore boreale e quello australe. Analizzando i due decenni più a fondo e nel loro sviluppo progressivo si può notare un netto ed ulteriore incremento dei lineamenti termici medi nell'ultimo decennio. Si tratta del decennio mediamente più caldo da quanto si hanno osservazioni meteorologiche strumentali. Qui, tra l'altro, va aggiunto che l'anno più caldo in assoluto su scala globale è stato il 1998, un dato questo che si è potuto osservare in concomitanza con la più intensa oscillazione de *El Nino* registrata nell'ultimo ventennio; *El Nino* è un fenomeno climatico molto importante in climatologia specialmente per le dimensioni geografiche coinvolte, pari ad una superficie quadrata confrontabile con l'Europa ivi compresa la componente geografica della Russia europea. Questa oscillazione che viene studiata in vari modi e con parecchi modelli di monitoraggio ed Indici specifici di valutazione del fenomeno sarà ripresa brevemente in seguito.

Fig.5

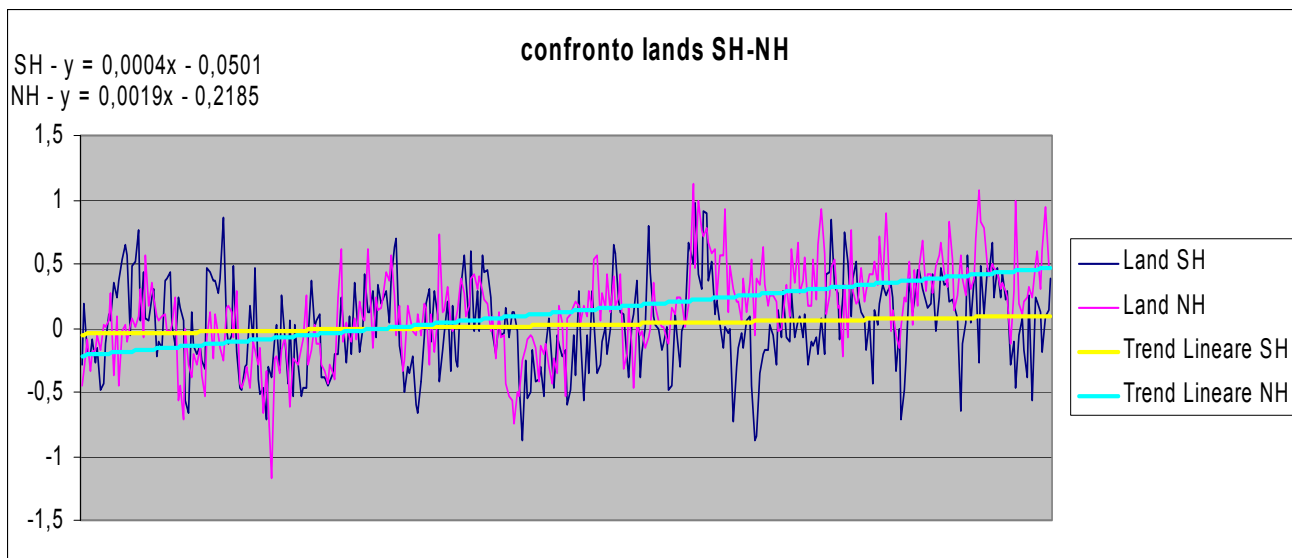


Elaborazione su dati UAH - Confronto NH/SH Lands sui profili termici medi (1978-2008)

L'andamento del grafico successivo (Fig.6) sottolinea un confronto termico tra le superfici emerse nord-emisferiche e sud-emisferiche. Esso appare visivamente significativo segnalando un fenomeno uniforme (GW) ma con importanti differenze a seconda delle macroaree geografico sottoposte ad analisi. I trends lineari per ambedue i settori appaiono impostati al rialzo con un andamento morbido in SH, molto secca in NH.

L'incremento termico medio è molto più importante sull'emisfero boreale in tutti i settori considerati.

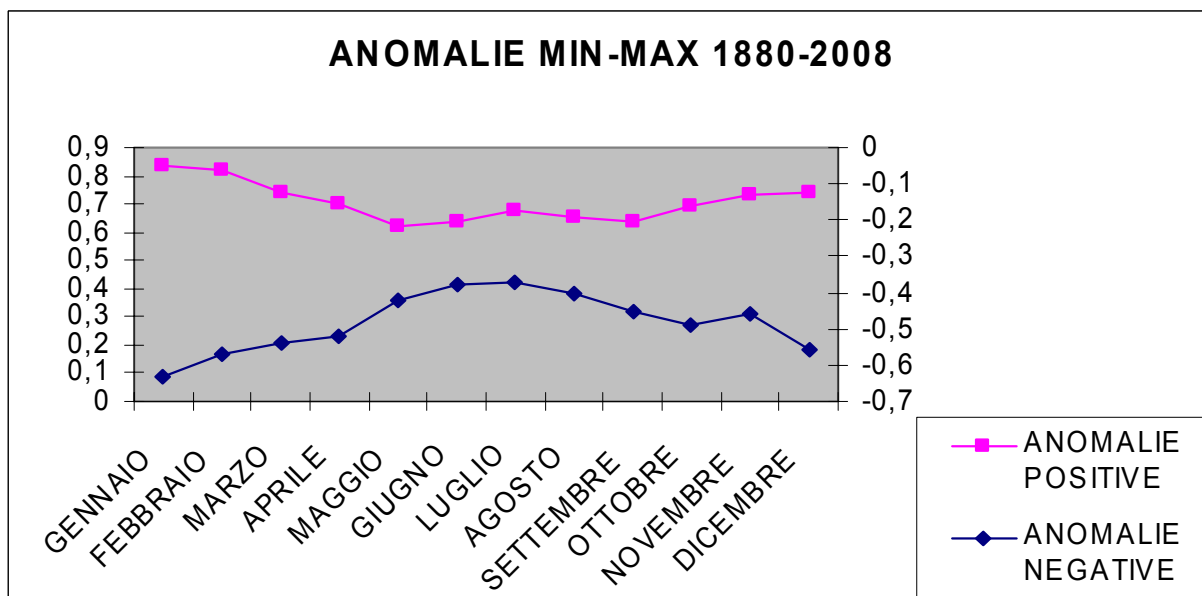
Fig.6



Elaborazione su dati UAH - Confronto NH/SH Lands sui profili termici medi (1998-2008)

La figura 7 di seguito mette in luce come le anomalie, qui calcolate entro un range di valori estremi, tendano a comportarsi diversamente. Per anomalie negative si intendono quelle anomalie riscontrate in precedenti decenni, soprattutto nel periodo che va dal 1880 fino al 1930: Esse appaiono più evidenti nel periodo estivo. Nelle anomalie positive (linea rosa) intese anch'esse come scarti rispetto ad una media di riferimento ciò che emerge è una netta prevalenza, in termini di scarti positivi nei mesi invernali rispetto a quelli estivi.

Fig.7

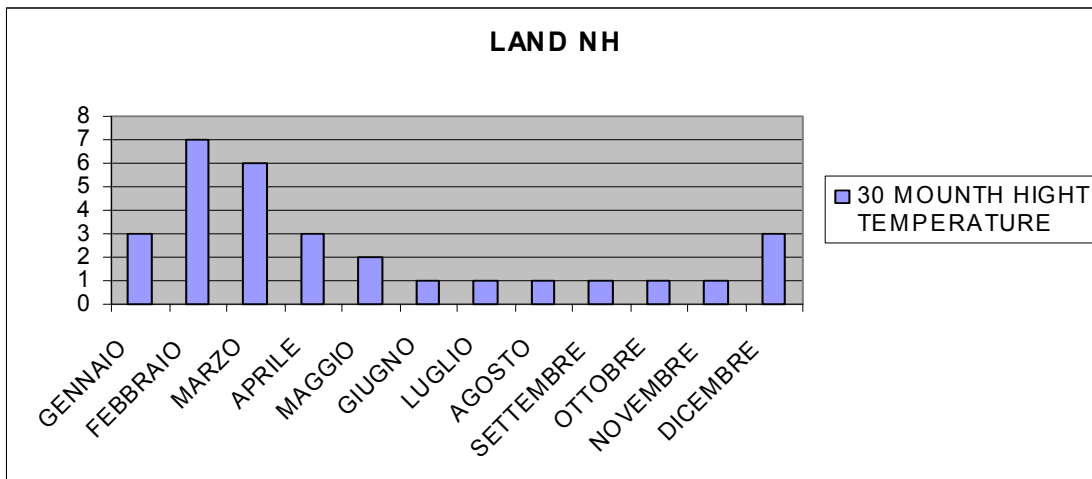


Scarti massimi e minimi dalle medie di riferimento (sorgente NCDC)

L'elaborazione della seguente Fig.8 è stata costruita sui 30 mesi che hanno presentato gli scarti medi positivi più importanti, sempre sulla serie trentennale UAH. Il profilo termico indica una netta preponderanza di scarti positivi nei mesi di febbraio e marzo,

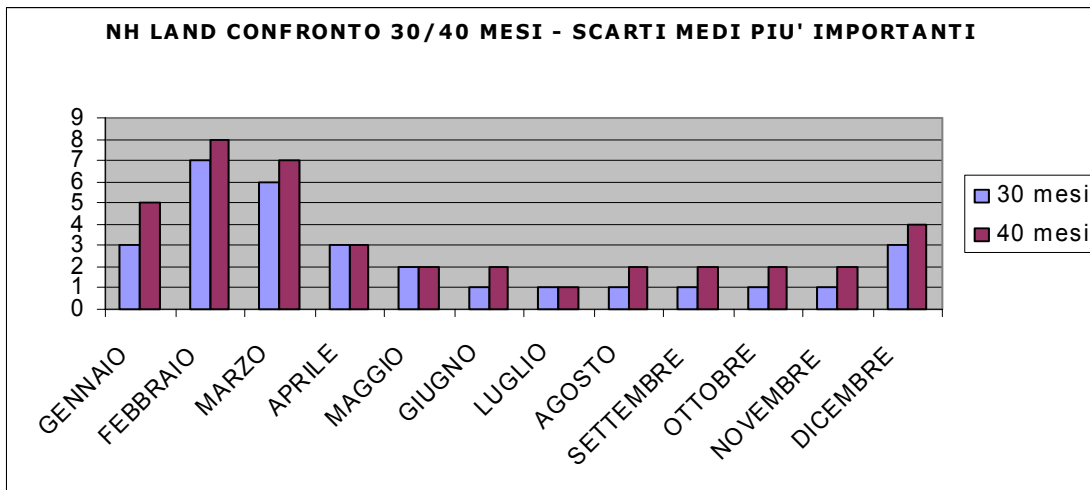
in pratica tra la fine degli inverni e l'inizio delle primavere, con un secondo picco relativo ma di minore importanza in corrispondenza dei mesi di novembre e soprattutto dicembre, in pratica nel tratto dell'anno a cavallo tra la parte finale dell'autunno e l'inverno. Ciò suggerisce che il GW sta agendo sugli inverni accorciandone la durata a tutto vantaggio delle stagioni intermedie, principalmente la primavera e secondariamente l'autunno. Il tutto trova conferma con il grafico (Fig.9) che mette a confronto i primi 30/40 mesi che presentano le anomalie positive più forti. Come già osservato in precedenza il fenomeno va connotandosi con valori più ragguardevoli sull'ambito dell'emisfero boreale, dove il GW agisce non soltanto per considerazioni generali sulla preponderanza delle superficie emerse ma, non secondariamente, per la maggiore concentrazione demografica e per un più rilevante raggruppamento di attività umane, civili ed industriali, con effetti dinamici sull'uso del territorio (land-use), un fattore quest'ultimo indicato dall'IPCC tra le possibili cause forzanti il GW.

Fig.8



Elaborazione su dati UAH - Andamento medio temperature sul segmento nord-emisferico - superfici emerse

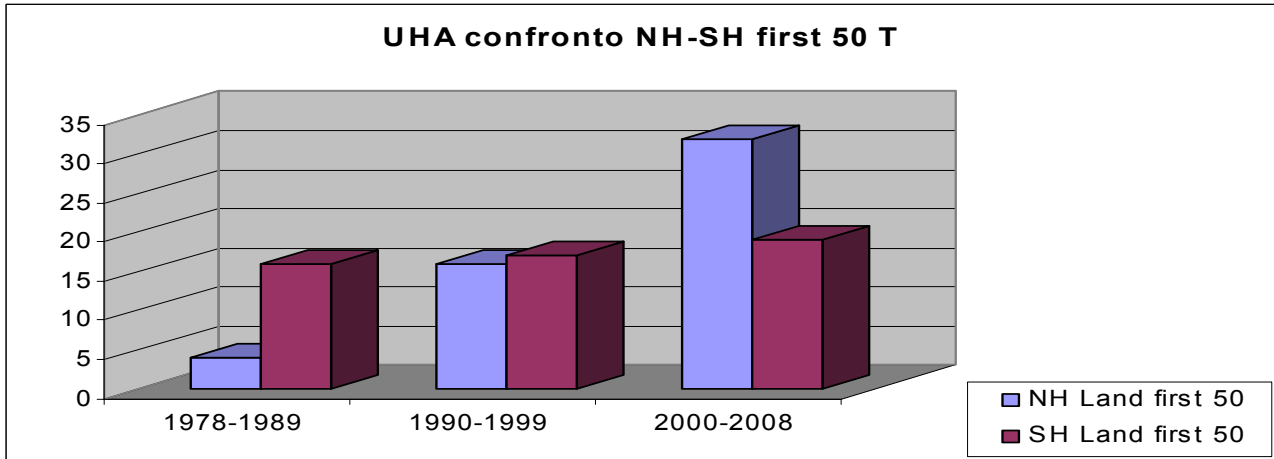
Fig.9



Confronto sui primi 30/40 mesi con anomalie positive

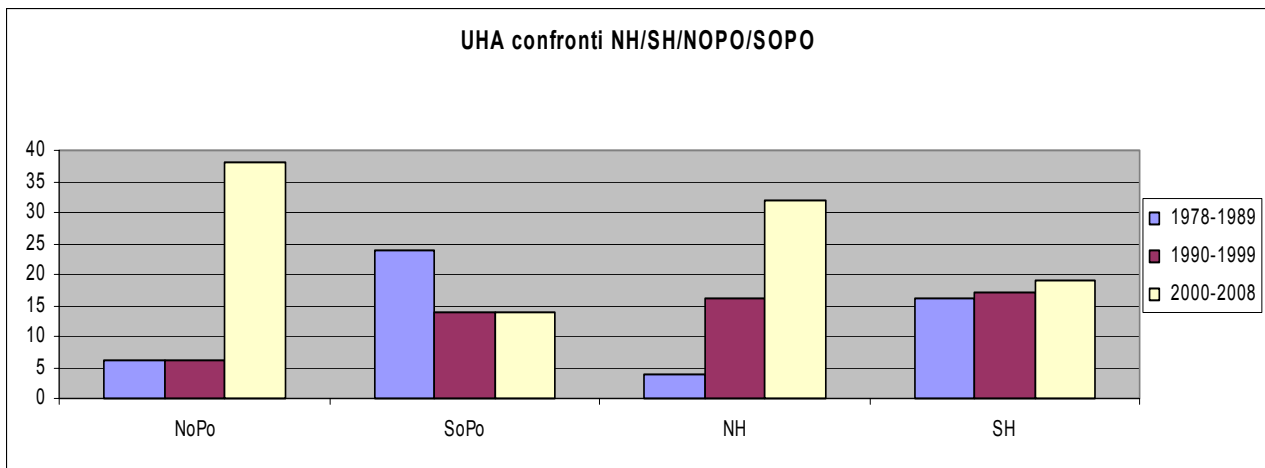
Altre analisi sulla distribuzione della numerosità suddivisa per semestri fornisce i medesimi risultati. Una indagine minuziosa sui 50 episodi con anomalie positive più elevate osservate su NH, per i semestri winter/spring (dicembre-maggio) e summer/autumn (giugno-novembre) suggerisce un rapporto di 25<sub>first half-year</sub> contro 15<sub>second half-year</sub> con netta supremazia nel primo semestre. Estendendo l'analisi sulla numerosità in ambito sud-emisferico ed applicandola ai settori NH e SH Land risulta un altro dato di evidente interesse scientifico; confrontando i risultati sui primi 50 dati che hanno presentato anomalie positive è possibile fare qualche considerazione sulla conformazione del GW, ciò è di cruciale importanza nella valutazione d'impatto del GW sulle popolazioni delle api. Le raffigurazioni seguenti (Figg.10 e 11) rivelano quanto sia stato diverso il riscaldamento globale nei due emisferi, con distribuzioni sulle anomalie positive completamente differenti. Eclatante il dato riferito al settore polare specie se confrontato con il dato antartico. Ciò suggerisce che i cambiamenti climatici tendono ad incidere sulla biologia delle api e sugli ecosistemi che ad esse si collegano con maggiore intensità ed in modo più significativo nei contesti nord-emisferici delle terre emerse. Approfondimenti condotti circa numerosità riscontrata sulle anomalie termiche riferite alla terre emerse, confronto nord e sud emisferico, dimostrano un diverso andamento con segnali relativamente significativi per il segmento SH. Allargando lo sguardo alle evidenze rivenienti dai settori oceanici NH/SH, sempre sull'ambito della analisi della numerosità non emergono segnali divergenti; si nota un'evoluzione più uniforme e più appiattita su valori relativamente confrontabili.

Fig.10



Confronto NH/SH Lands sui primi 50 mesi con anomalie positive

Fig.11



Un esempio molto interessante di andamento stagionale applicato ad una scala molto ridotta (parte del territorio italiano) può essere fatto servendosi di dati meteorologici relativamente agli inverni 2005-2006 e 2006-2007. Queste due stagioni si sono caratterizzate per andamenti notevolmente differenti nei valori climatologici (al riguardo si veda le successive rappresentazioni grafiche 12 e 13).

Sugli inverni 2005-2006 e 2006-2007 così come meteorologicamente osservati in Valpadana, formano un significativo esempio di cambiamento climatico discostante (variazione *a-periodica* sul brevissimo termine).

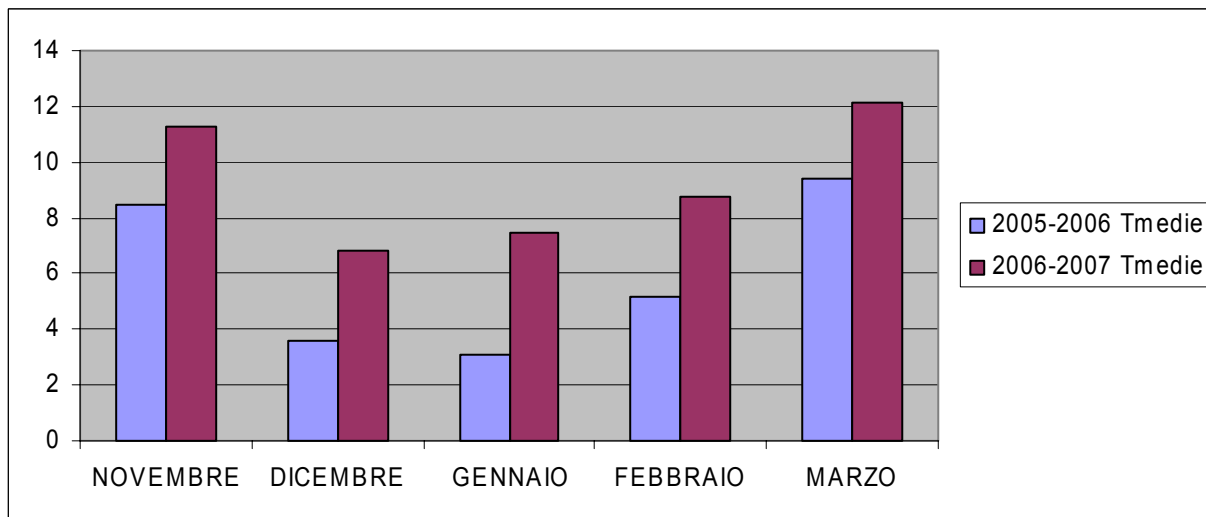
L'inverno 2005-2006 e il suo confronto con la successiva stagione (2006-2007) si è contraddistinto per una netta discontinuità nell'attuale trend climatico di progressivo riscaldamento, specialmente in un ambito a scala continentale. Sarà brevemente proposto un contributo con alcuni livelli di analisi. Per questo flash è stato fatto uso di dati meteorologici accumulati dalla Stazione Meteorologica CRBBMN - Università degli Studi di Milano (Lat. 45° 10' N, Long. 9° 10' E, height above sea level 128 meters).

Il confronto fra le  $T_{medie}$  tra le due stagioni è particolarmente apprezzabile con scarti medi anche sensibili come dimostrano senza incertezze i successivi grafici. Nel dettaglio il confronto tra gli scarti medi nei singoli mesi evidenzia 2,79C° sui due mesi di novembre, 3,21C° per dicembre, 4,35C° per gennaio, 3,53C° per febbraio e 2,77C° per il mese di marzo; lo scarto positivo è riferito all'inverno 2006-2007. Lo stesso

discorso vale per le osservazioni relative ai valori termici estremi ( $T_{max}$  e  $T_{min}$ ) che seguono il medesimo trend.

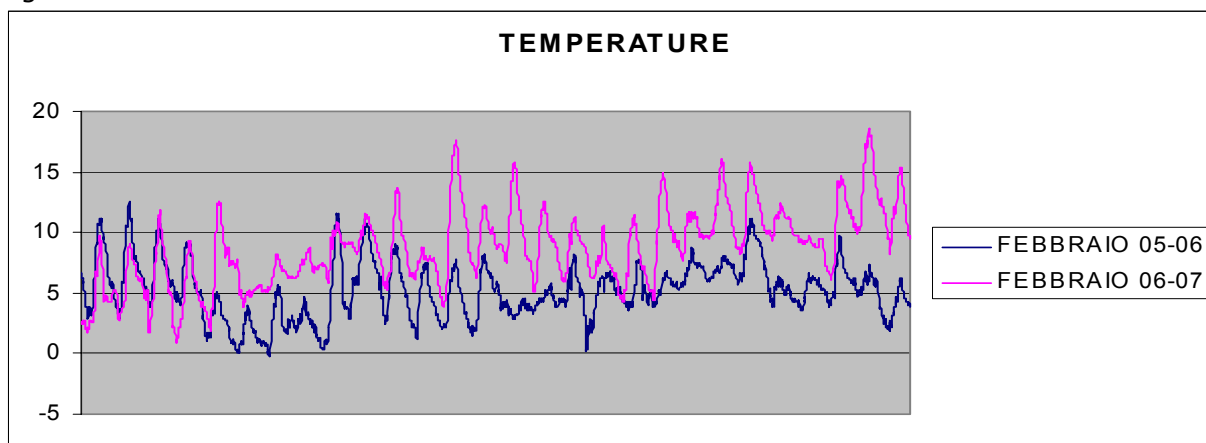
Ciò che appare in tutta evidenza è l'andamento dell'inverno 2006-2007, uno degli inverni più anomali (più caldi) mai registrati in Italia settentrionale ed in Valpadana nello specifico.

Fig. 12



Confronto mensile relativo alle T medie invernali osservate nel biennio 2005-2006/2006-2007 Città di Milano

Fig. 13



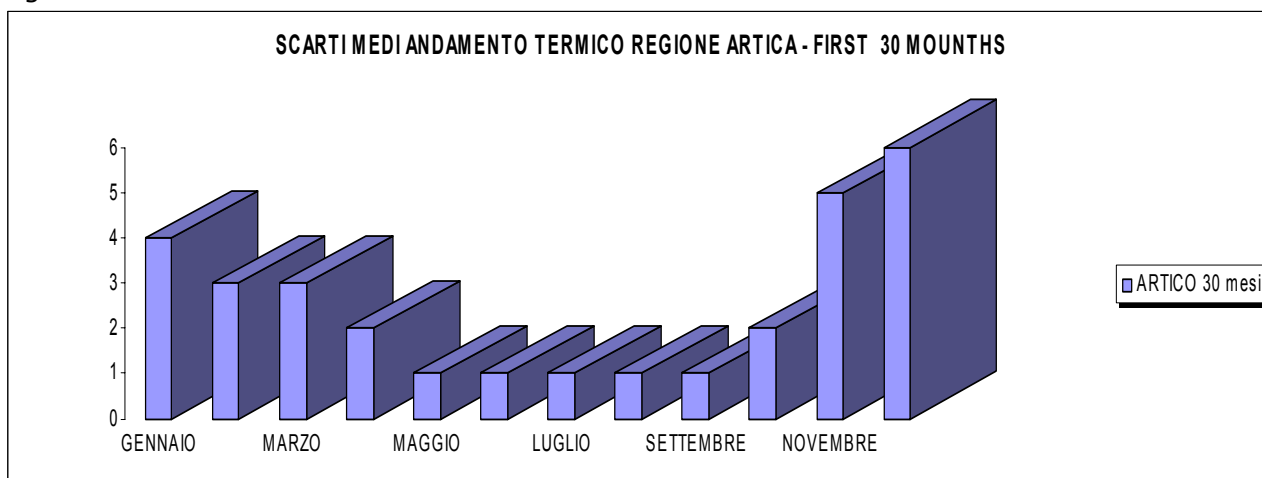
Biennio 2005-2007 - Andamenti termici mese di febbraio Città di Milano

Si mostra inoltre (Fig.14) quanto il GW sia stato differente a seconda delle macro aree analizzate. In questo caso si notano anomalie con *shift seasons* nella Regione artica che interessano più direttamente la stagione invernale. Si confermano anomalie relativamente poco significative in corrispondenza della stagione estiva, in linea con i dati NH (Ocean e Land) ed anche in linea con tutti gli altri settori territoriali analizzati. Emerge una importante differenza nel confronto tra il dato specifico AR ed il dato generale NH. In quest'ultimo caso e come già detto in precedenza si individuano processi di modificazione stagionale manifestamente orientati verso un dilatamento della stagione primaverile, con un secondo picco meno pronunciato in prossimità del



passaggio tra la stagione autunnale e quella invernale (si veda le precedenti espressioni grafiche).

Fig.14



Anomalie termiche nella Regione artica

Sono stati infine condotti tests su tre indici climatici di cruciale importanza nella determinazione e nella frequenza di configurazioni sinottiche che indicano dinamiche di cambiamento climatico in generale. L'analisi si è concentrata essenzialmente sulle oscillazioni ENSO, NAO, PDO e AO. Sulle oscillazioni ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) è stato osservato che esse non sembrano rivestire importanza teleconnettiva per i settori NH, specialmente per i comparti euro-asiatici mentre le ciclicità El Niño/La Niña e, secondariamente, gli andamenti prossimi alla neutralità sono di cruciale importanza per l'emisfero boreale come ampiamente corroborato da robusta letteratura scientifica. Per tale considerazione è stata scartata questa ipotesi come possibile fattore da analizzare. Si è ritenuto essere di maggiore importanza l'oscillazione NAO (*North Atlantic Oscillation*), la PDO (*Pacific Decadal Oscillation*) e la AO (*Arctic Oscillation*); ulteriori analisi hanno permesso di scartare anche queste ipotesi come Indici climatici idonei a segnalare risonanze climatiche caratteristiche, segnatamente perché controllano comparti specifici e spicchi di emisfero Nord con scarsa possibilità di far sentire i loro effetti sulla scala emisferica globale ed inoltre perché non emergono andamenti ben caratterizzati ed oscillazioni specifiche individuabili attraverso analisi di trends di lungo periodo.

## 10. Conclusioni

L'analisi del GW ed il legame tra questo fenomeno ed il fenomeno di assottigliamento delle popolazioni apistiche su scala mondiale consente di trarre alcune conclusioni generali che sembrano confermare un preciso collegamento tra il riscaldamento globale (climate change), qui inteso come manifestazione globale o regionale che sembra agire in vario modo, direttamente, restringendo la stagione invernale, ed indirettamente attraverso alcune manifestazioni fenologiche che riguardano fenomeni di anticipo nella fioritura di molte specie vegetali. Questa evidenza è manifestamente osservabile su tutte le serie di dati climatologici che si riferiscono ai settori nord-emisferici. Il confronto con le corrispondenti osservazioni in ambito australe ci consente di affermare che il riscaldamento globale ha avuto particolare vigore nel settore Nord con punte notevoli nel comparto artico. Si possono trarre le seguenti conclusioni:

1. Dal 1995 si registrano i valori medi ed i valori massimi medi di temperatura più elevati da quando si hanno osservazioni meteorologiche sufficientemente attendibili su base strumentale;
2. Questi valori sono confermati dalle corrispondenti osservazioni satellitari;
3. In questo ambito emerge con particolare evidenza il picco di massimo rialzo termico medio alla scala nord-emisferica osservato nei mesi di febbraio e marzo con analisi sulla numerosità modulata su 30, 40 e 50 mensilità con anomalie termiche (scarti dalle medie) più importanti;
4. Il dato NH trova altre conferme su analisi condotte sulle differenti scale spaziali (globale, oceani, SH, ecc.);
5. Evidenze inconfutabili mostrano un netto anticipo stagionale (stagione invernale/primaverile) con impatto su diversi sistemi ecologici e sui cicli biologici relativi a diverse specie animali ivi comprese le popolazioni di api;
6. Altre evidenze mostrano un parziale ritardo nell'avvio della stagione invernale (autunno-inverno) con modalità meno importanti rispetto al passaggio inverno-primavera, da non trascurare;
7. Voli precoci ed uscite anticipata delle api dal letargo sono stati osservati con probabili criticità (sfasamenti) nel reperimento di cibo sul territorio (nettare, polline ecc.);
8. **Ipotesi di un maggiore incremento di covate precoci**, se non covate invernali, con voli saltuari o relativamente frequenti. Probabile maggiore possibilità per la varroa di compiere più cicli biologici;
9. Sulla base delle ricerche fatte dal Centro è possibile stabilire correlazioni dirette tra il GW e la CCD; è quindi ipotizzabile un possibile fattore di stress autonomamente operante sui diversi sistemi biologici e per conseguenza sui cicli biologici delle api;
10. Indagini bibliografiche condotte su parecchie Riviste IP fanno emergere un quadro scientifico ancora carente ed assolutamente collocato allo stato embrionale circa i meccanismi e le cause/concause determinanti il fenomeno (CCD); esse confermano

che la *varroasi* e la *nosema* cerane risultano essere ben studiate ed altrettanto temute;

11. Più approfondite indagini confermano carenze bibliografiche che vengono mascherate da approcci multidisciplinari;

12. Non esiste allo stato attuale una ipotesi condivisa su fenomeni singoli fortemente correlati con la CCD. L'approccio multifattoriale rimane attualmente l'ipotesi prevalente;

13. Si ipotizza un incremento medio del lavoro delle api (per year) tra i 20/30 giorni che si configura come fattore di stress implicito nel fenomeno.

Si può riassumere il tutto indicando alcune conclusioni di carattere generale. La prima importante conclusione riguarda l'evidenza su un chiaro restringimento della stagione invernale che ha innescato, per riflesso, un probabile dilatamento della finestra di attività delle api, ipotizzabile in 20 giorni/un mese di maggiore attività durante l'arco dell'anno (anticipo ed estensione nelle stagioni primaverili ed autunnali), specialmente nell'ultimo decennio caratterizzatosi per le più alte temperature osservate in assoluto ed in media. Questa conclusione ha maggiore significato se riferita all'emisfero nord dove l'incremento termico, in media ed in termini assoluti ha avuto maggiore possibilità di attuarsi. Tutto ciò prefigura uno stress aggiuntivo a carico delle api che deve ancora essere valutato in tutta la sua portata.

Lo stesso sincronismo tra la fase della fioritura e la ripresa delle attività di volo delle api dopo l'inverno potrebbe aver subito importanti sfasature.

Una seconda conclusione, non meno importante ed intimamente collegata alla prima riguarda l'evidenza che le api, durante il periodo invernale, tendono a bloccare le covate. Tuttavia, considerando la tipologia di inverno che si è potuto osservare nell'ultimo decennio, con anomalie termiche positive così importanti specialmente dal 40 parallelo N e con crescente incidenza verso Nord, è possibile ipotizzare possono essersi verificati stimolazioni climatiche e segnali incontrovertibili che hanno potuto facilitare covate precoci, se non covate invernali, con voli saltuari o relativamente frequenti durante la stagione invernale e durante la fasi iniziali e finali dell'inverno meteorologico, se consentiti dalle specifiche condizioni meteo-climatiche.

Il ciclo biologico della *varroa* è intimamente legato alle covate, se le covate tendono a svilupparsi anche durante la stagione invernale gli acaricidi usati nel periodo invernale in assenza di covata tendono a perdere di significato. La *varroa*, potendo sfruttare una maggiore disponibilità di covate fuori stagione riesce a compiere più cicli biologici risultando infine molto aggressiva. Quest'ultima considerazione necessita di verifiche più dettagliate

## 11. Bibliografia

- **Aikin R.C.**, - Bees evaporated; a new malady. *Gleanings in Bee Culture* 25, 479-480 (1897)
- **Tromp S.W.**, *Medical Biometeorology* - Elsevier, (1963)
- **Oertel E.**, - Many bee colonies dead of an unknown cause. *American Bee Journal* 105, 48-49 (1965)
- **Foote H. L.**, *The mystery of the disappearing bees*, *American Bee Journal*, 106, 126-127 (1966)
- **Olley K.**, - *Those disappearing bees*. *American Bee Journal* 116, 520-521 (1976)
- **Mesquida, J.**) *Incidence de la sécheresse sur le développement des abeilles*. *Bulletin Technique Apicole* 3, (3), 33-38 (1976).
- **Mraz C.**, - *Disappearing disease south of the border*. *Gleanings in Bee Culture* 105, 198 (1977).
- **Lamb H.H.**, *Climate: past, present and future – I e II Volume*, Methuen, (1978)
- **Pinna M.**, *L' Atmosfera ed il Clima - , UTET, (1978)*
- **Oke T.R.**, *Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations*. *International Journal of Climatology*, 1, 237-254, (1981)
- **Bühler, A., Lanzrein, B. et Wille H.**, *Influence of temperature and carbon dioxide concentration on juvenile hormone titre and dependent parameters of adult worker honey bees (Apis mellifera L.)*. *Journal of Insect Physiology* 29, (12), 885-893 (1983).
- **Ball, B.V. et Allen M.F.**, *The prevalence of pathogens in honey bee (Apis mellifera) colonies infested with the parasitic mite Varroa jacobsoni*. *Annals of Applied Biology* 113, (2), 237-244 (1988)
- **Dustmann, J.H. et Von Der Ohe W.**, *Influence des coups de froid sur le développement printanier des colonies d'abeilles*. *Apidologie* 19, (3), 245-253 (1988)
- **Katz, W.R. and Brown G.**, *Extreme events in changing climate: Variability is more important than averages*, *Climatic Change* 21, 289-302 (1992).
- **Finley J., Camazine S., Frazier M.**, - *The epidemic of honey bee colony losses during the 1995-1996 season*. *American Bee Journal* 136, 805-808 (1996)
- **Rotondo G.**, - *Ecobioclimatologia I – Istituto Italiano di Medicina Sociale (1997)*
- **Myneni R.B. et al.**, *Increased plants growth in the northern high latitudes from 1901 to 1991*, *Nature*, 386, 698-792 (1997)
- **Frei C., Schar C., Luthi D., and Davies, H.C.**, *Heavy precipitation processes in a warmer climate*, *Geophys. Res. Lett.* 25(9), 1431-1434 (1998)

- **Crailsheim, K., Riessberger Blaschon, B., Nowogrodzki, R. et Hrassnigg, N.**, Short-term effects of simulated bad weather conditions upon the behaviour of food-storer honeybees during day and night (*Apis mellifera carnica* Pollmann). *Apidologie* 30, (4), 299-310 **(1999)**
- **Menzel A. et Fabian P.**, Growing season extended in Europe, *Nature*, 397, 659 **(1999)**
- **Jones J.A.A.**, Climate change and sustainable water resources: Placing the threat of global warming in perspective', *Hydrol. Sci. J.* **44**(4), 541-557 **(1999)**
- **Imdorf, A. et Gezig, L.**, Guide d'évaluation de la force d'une colonie. Centre Suisse de Recherche Apicole. Station de Recherches Laitière. Liebefeld, Ch-3003 Berne **(1999)**
- **McNeill J. R.**, Qualcosa di nuovo sotto il sole, storia dell'ambiente nel XX secolo, Einaudi, **(2000)**
- **Kovats Sari R.**, El Niño and human health. *Bullettin of the World Health Organization* 2000; 78: 1127-35,**(2000)**
- **Yassi A., e al**, Basic environmental health, Oxford University Press, **(2001)**
- **IPCC**, Third Assessment Report: Climate Change 2001, **(2001)**
- **Walther GR.**, Ecologica Responses to recent climate change, *Nature*, 416,389-395, **(2002)**
- **WHO Regional Office for Europe**, Floods: climate change and adaptation strategies for human health, Report of WHO/LSHTM meeting, 30 giugno-2 luglio, **(2002)**
- **Henrichs, T., Lehner, B., and Alcamo J.**, An integrated analysis of changes in water stress in Europe, *Integrated Assess.* 3(1), 15-29 **(2002)**
- **Kozlov M.V., Berlina N.G.**, Decline in length of the summer season on the Kola Peninsula, Russia, *Climatic Change*, 54, 387-398, **(2002)**
- **Fitter A.H., and Fitter R.S.R.**, Rapid changes in flowering time in British Plants. *Science* 296:1689-1691**(2002)**
- **Istituto Superiore di Sanità**, Indagine Epidemiologica sulla Mortalità Estiva, **(2003)**
- **Hinkel K.M., Nelson F. E., Klene A. E., Bell J. H.**, The Urban Heat Island in Winter at Barrow, Alaska. *Int. J. Climatol.* 23: 1889-1905, **(2003)**
- **WHO, WMO, UNEP**, Climate Change and Human Health, risks and responses, **(2003)**
- **WHO**, Methods of assessing human health adaptation to climate change, **(2003)**
- **Tautz, J., Maier, S., Groh, C., Rossler, W. et Brockmann, A.** Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their larval development. *Proceedings of the National Academy of Science U S A* 100, (12), 7343-7347 **(2003)**
- **Root T. L. et al.**, Fingerprint of global warming on wild animals and plants, *Nature*, 421, 57-60 **(2003)**
- **Rodríguez-Rajo F.J., Frenguelli G., and Jato V.**, Effect of air temperature on forecasting the start of the *Betula* pollen season at two contrasting sites in the south of Europe (1995-2001), *International Journal Biometeorology*, 147:117-125 **(2003)**

- **Amdam, G.V., Hartfelder, K., Norberg, K., Hagen, A. et Omholt, S.W.** Altered Physiology in Worker Honey Bees (Hymenoptera : Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari : Varroidae) : a factor in colony loss during overwintering ? *Journal of Economic Entomology* 97, (3), 741-747 **(2004)**
- **Jones, J., Myerscough, M., Graham, S. et Oldroyd, B.** Honey bee nest thermoregulation : Diversity promotes stability. *Science* 305, (5682), 402-404 **(2004)**
- **Kasprzyk I. et al.,** Regional differentiation in the dynamics of the pollen seasons of *Alnus*, *Corylus* and *Fraxinus* in Poland (preliminary results). *Agrobiologia*, 20:141–151 **(2004)**
- **Yue C. et Genersch, E.** RT-PCR analysis of deformed wing virus in honeybees (*Apis mellifera*) and mites (*Varroa destructor*). *Journal of General Virology* 86, (12), 3419-3424 **(2005)**.
- **Mentzel A. et al.,** European phenological response to climate change matches the warming pattern, *Global Change Biology*, 12, 1969-1976, (2006).
- **Vanengelsdorp, D., Underwood, R., Caron, D. et Hayes, J.** An estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007 : a report commissioned by the apiary inspectors of America. *American Bee Journal* 147, (7), 599-609 - **(2007)**
- **IPCC, Fourth Assessment Report - (2007)**
- **IPCC, Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report - (2007)**
- **Stokstad E.,** Genomics : Puzzling decline of U.S. bees linked to virus from Australia. *Science* 317, (5843), 1304-1305 - **(2007)**.
- **IPCC, Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability Working Group II contribution to the Fourth Assessment Report - (2007)**
- **Cox-Foster D.L. et al.,** A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder, *Science* 318, (5848), 283-287 **(2007)**
- **Stokstad E.,** The case of the empty hives. *Science* 316, (5827), 970-972 - **(2007)**
- **Emberlin J., Smith M., Close R., and Adams-Groom B.,** Changes in the pollen seasons of the early flowering trees *Alnus* spp. and *Corylus* spp. in Worcester, United Kingdom, 1996–2005, *International Journal Biometeorology*, 51:181–191 **(2007)**
- **Solimene U., Condemi V.,** Confronto tra due inverni in un ambito urbano e loro differente impatto su alcune patologie di pertinenza ORL e del sistema respiratorio (Prima parte), *Aria ambiente & salute*, 26-28 - **(2008)**
- **Solimene U., Condemi V.,** Confronto tra due inverni in un ambito urbano e loro differente impatto su alcune patologie di pertinenza ORL e del sistema respiratorio (Seconda parte), *Aria ambiente & salute*, 9-11 **(2008)**
- **Workshop APAT, Sindrome dello spopolamento degli Alveari, 29 gennaio 2008**
- **Mutinelli F.,** Fattori che possono causare fenomeni di spopolamento. Situazione nel mondo, *Workshop APAT, 29 gennaio 2008*

- **Pennacchio F.**, *Patologie virali, immunocompetenza dell'ape e sindrome da spopolamento*, Workshop APAT, 29 gennaio 2008
- **Bellocci W.**, *Rendiconto sul workshop - Sindrome dello spopolamento degli alveari in italia*, Workshop APAT, 29 gennaio 2008
- **Schmuck R., Maus C., Nikolakis A.**, *Un approccio analitico multifattoriale per la quantificazione dell'impatto dei fattori ambientali di stress sulla salute delle api*, Workshop APAT, **(29 gennaio 2008)**
- **Le Conte, Y. et Navajas, M.**, *Climate Change : impact on honey bee populations and diseases*. *Revue Scientifique et Technique de l'Office International des Epizoties* 27, (2), 499-510 **(2008)**
- **Report Agence Francaise de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA)**, *Mortalités, effondrements et affaiblissements des colonies d'abeilles*, **(novembre 2008)**
- **Thomson D. J.**, *Shifts in season*, *Nature*, 457, 391-392 - **(2009)**

#### **WEB-SITES :**

<http://www.uah.edu/>

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>

<http://www.meteoam.it/>

<http://www.ucea.it/>

[http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)

<http://chqe.med.harvard.edu/>

<http://www.beesfordevelopment.org/info/journal/index.shtml>

<http://www.dadant.com/journal/>

<http://www.ibra.org.uk/>

<http://www.apidologie.org/>

<http://www.beeculture.com/>

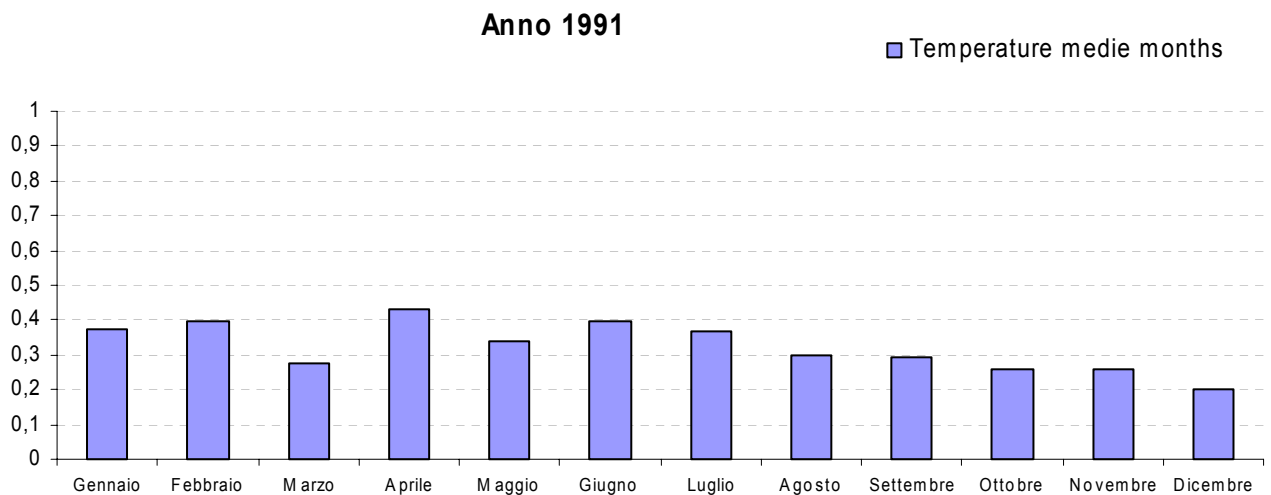
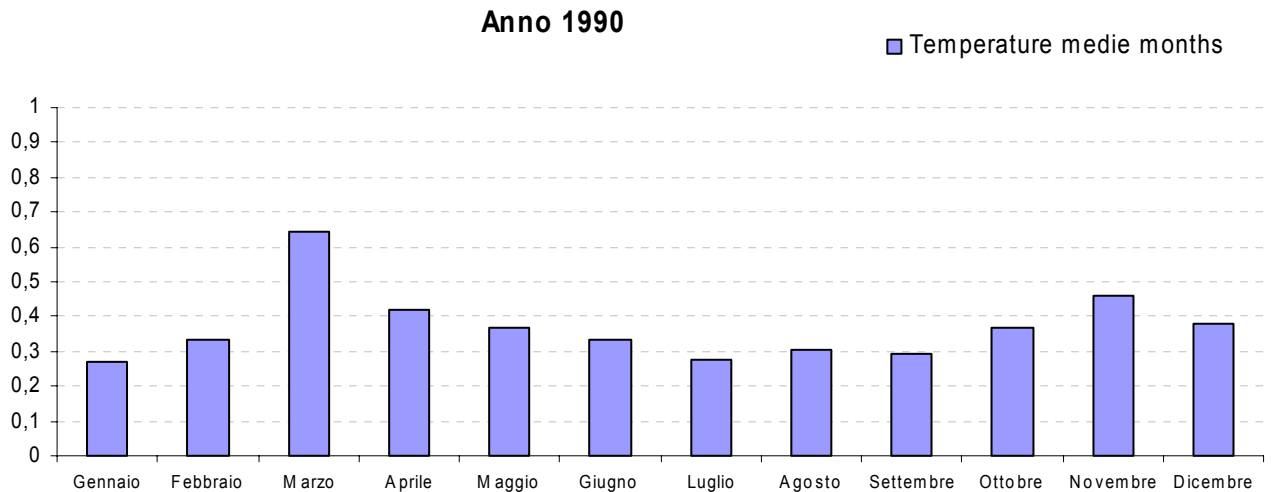
<http://www.apimondia2009.com/pages/?page=29&idl=21>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Colony\\_Collapse\\_Disorder](http://en.wikipedia.org/wiki/Colony_Collapse_Disorder)

<http://www.fao.org/>

## 12. Appendice tecnica (CONTINUAZIONE PARTE I - CAMBIAMENTI CLIMATICI)

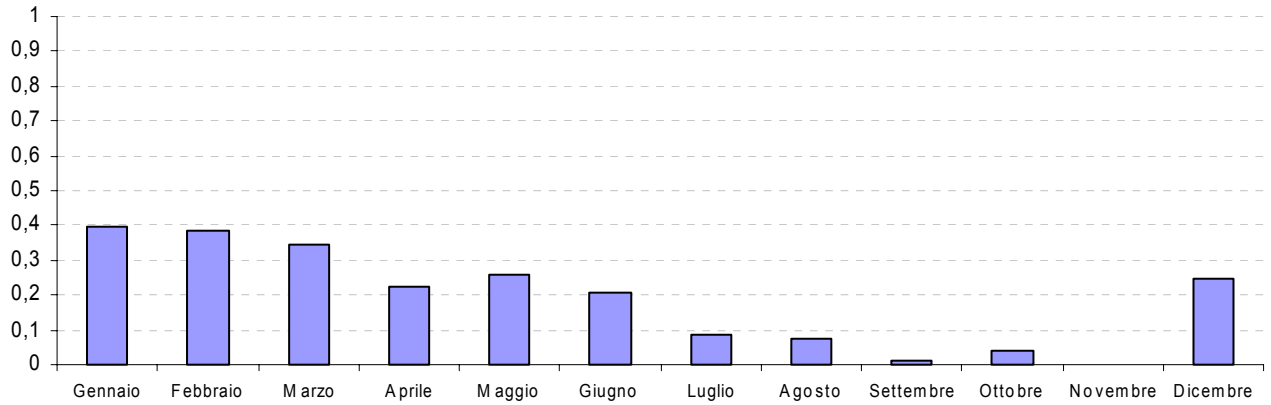
In questa Sezione finale sono riportati ulteriori espressioni grafiche, con brevi commenti che integrano e completano i risultati della ricerca. La serie di grafici che segue mostra cronologicamente le anomalie termiche registrate a partire dal 1990 fino al 2008, per ciascun anno e per ciascun mese. I dati sono calcolati sulla serie globale NCDC. L'aspetto più caratteristico di questa serie è costituito dal ricorrente elemento di anomalia termica espresso in media che si osserva tra la seconda parte dell'inverno e la prima parte del periodo primaverile e tra la seconda parte dell'autunno e l'inverno.





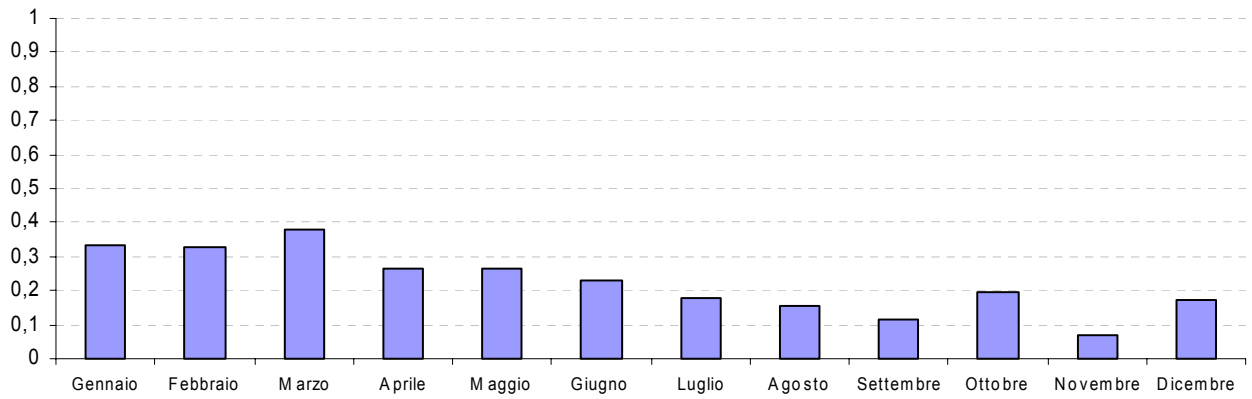
### Anno 1992

■ Temperature medie months



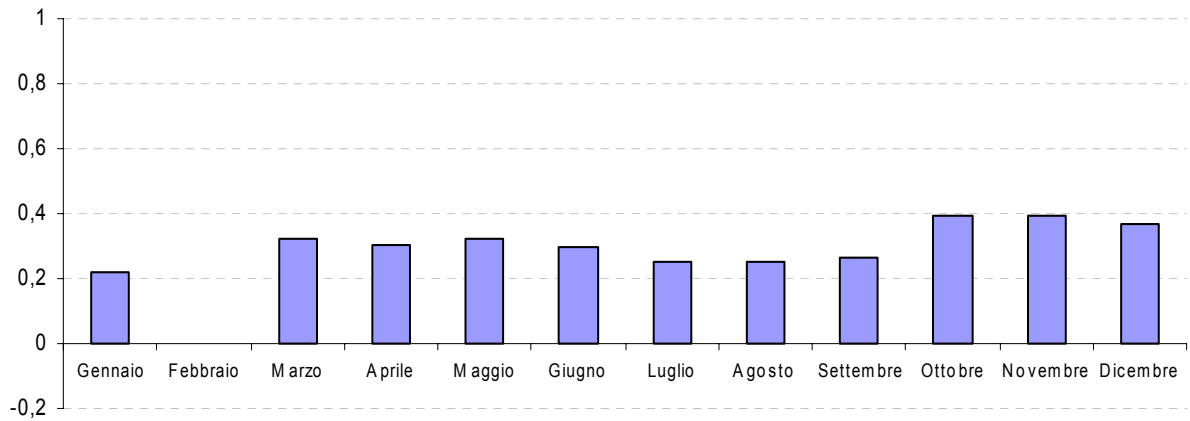
### Anno 1993

■ Temperature medie months



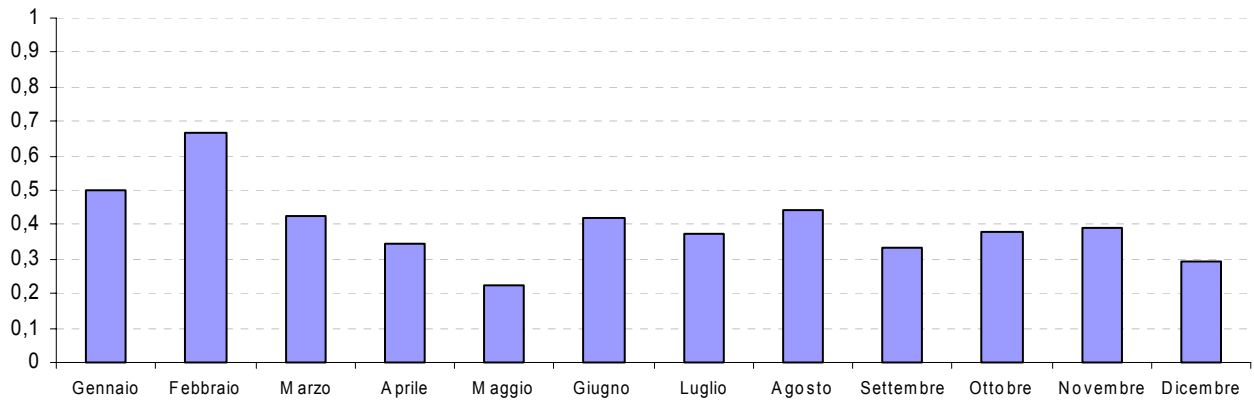
### Anno 1994

■ Temperature medie months



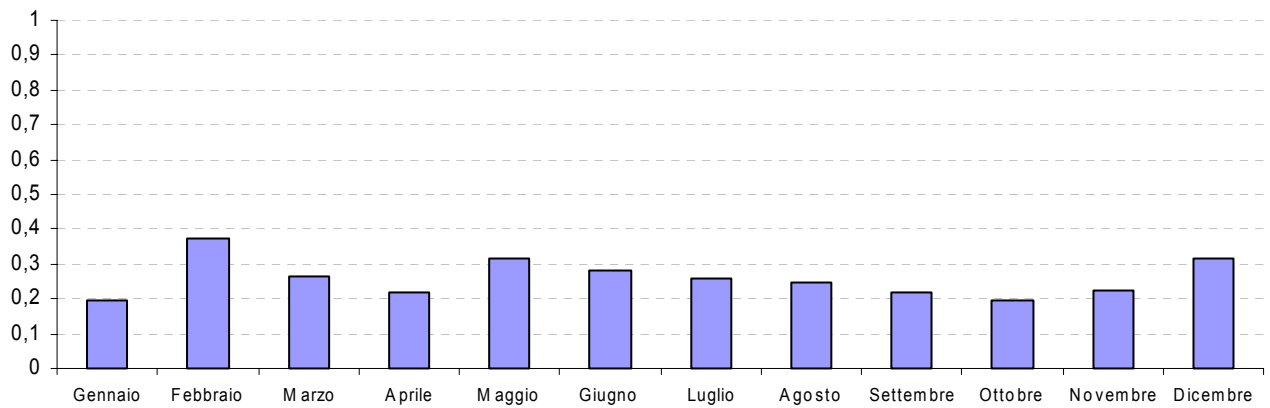
### Anno 1995

■ Temperature medie months



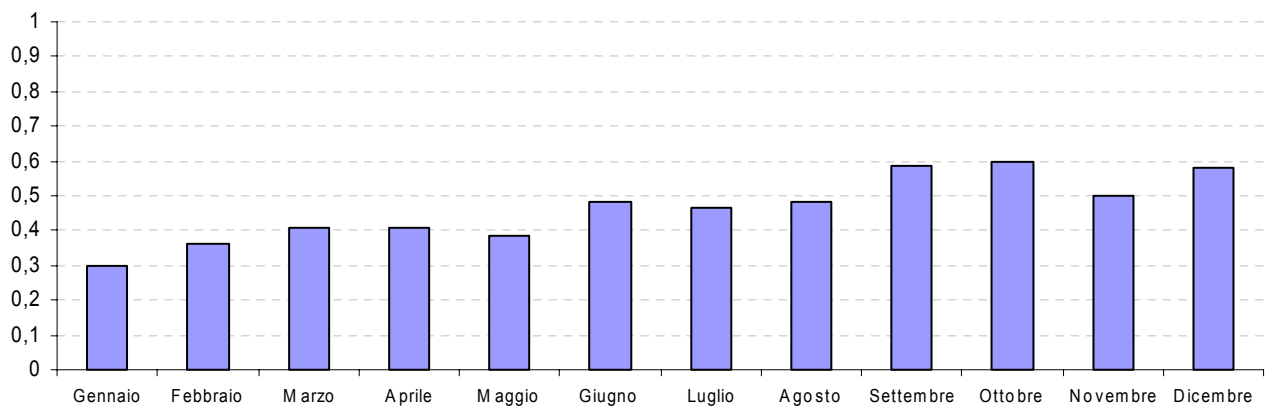
### Anno 1996

■ Temperature medie months



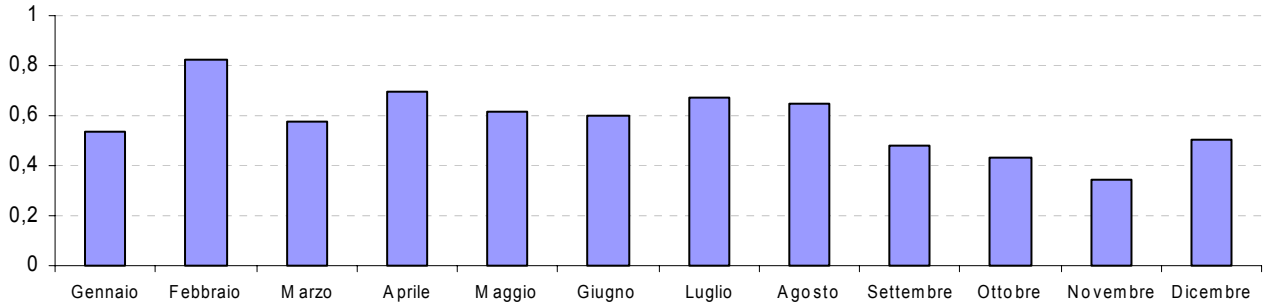
### Anno 1997

■ Temperature medie months



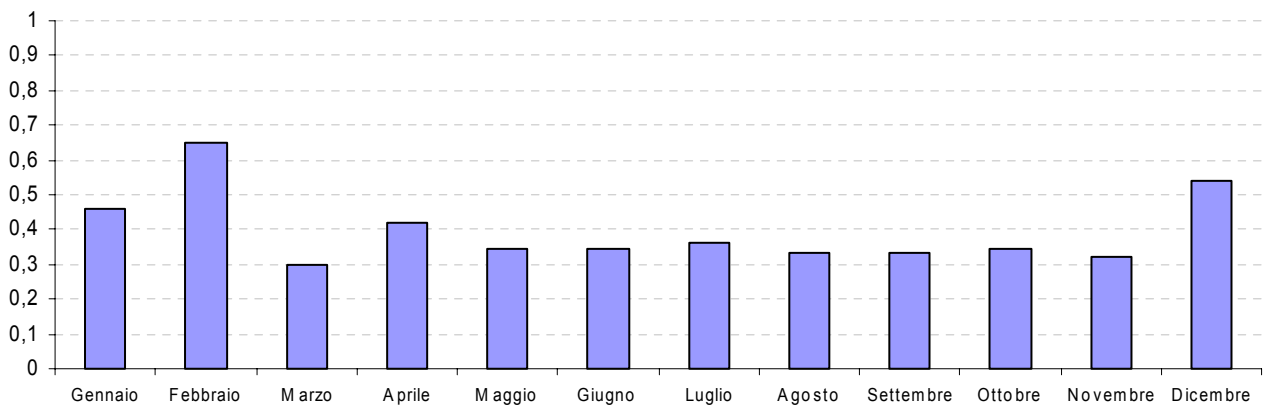
### Anno 1998

■ Temperature medie months



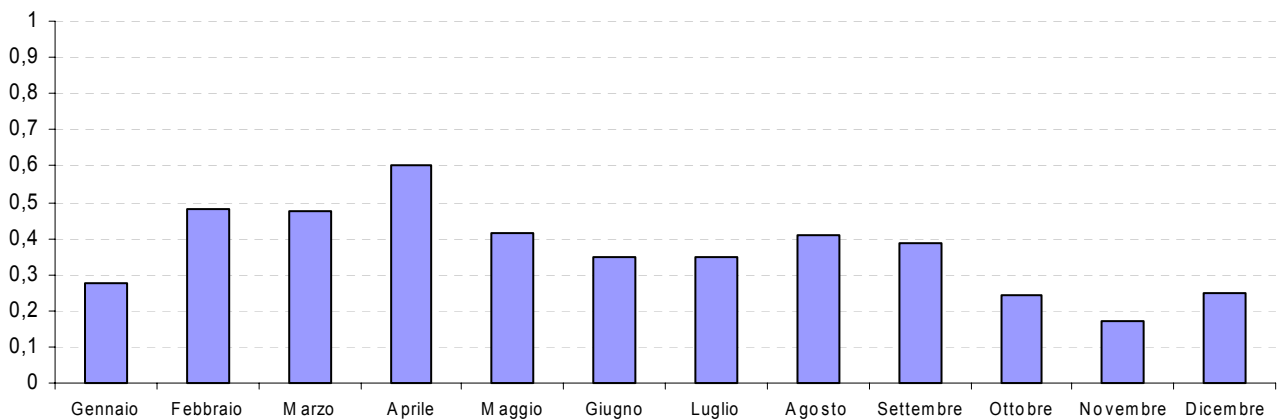
### Anno 1999

■ Temperature medie months



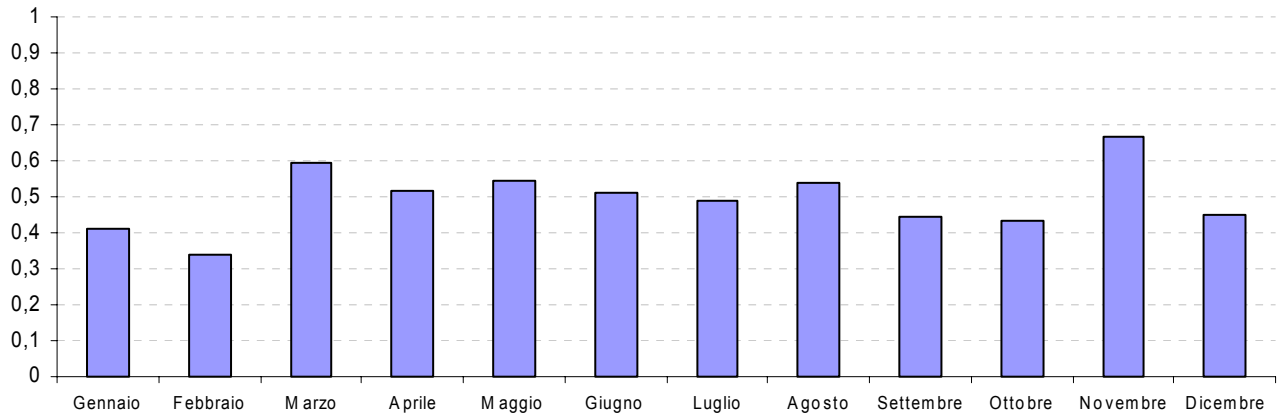
### Anno 2000

■ Temperature medie months



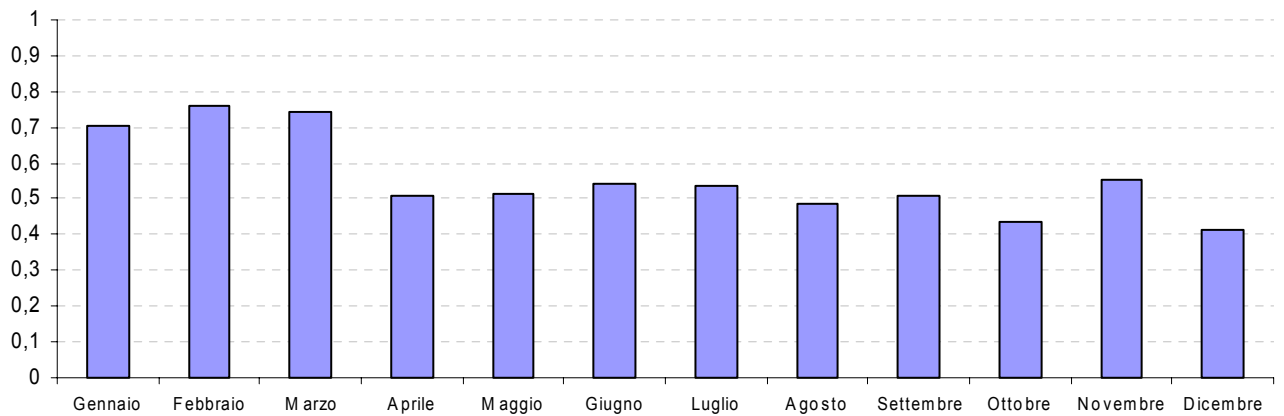
### Anno 2001

■ Temperature medie months



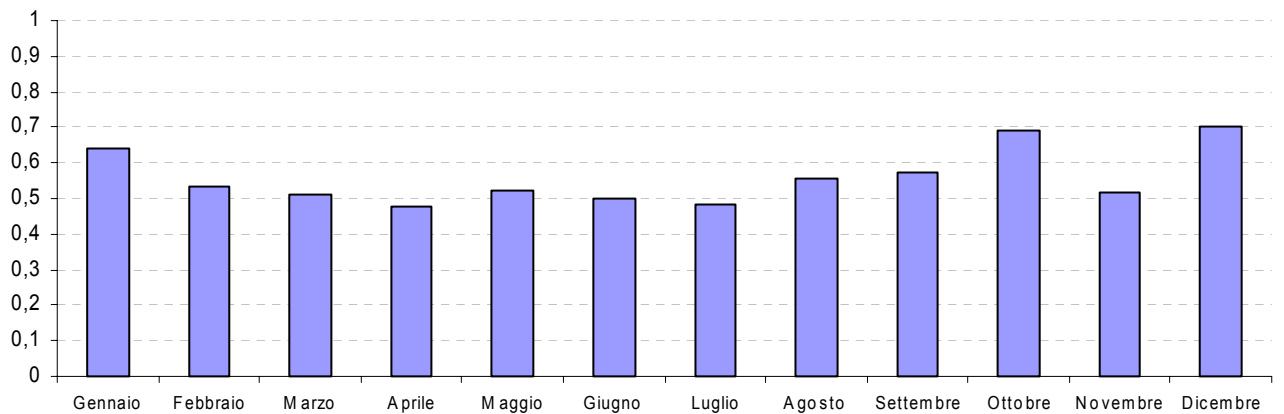
### Anno 2002

■ Temperature medie months



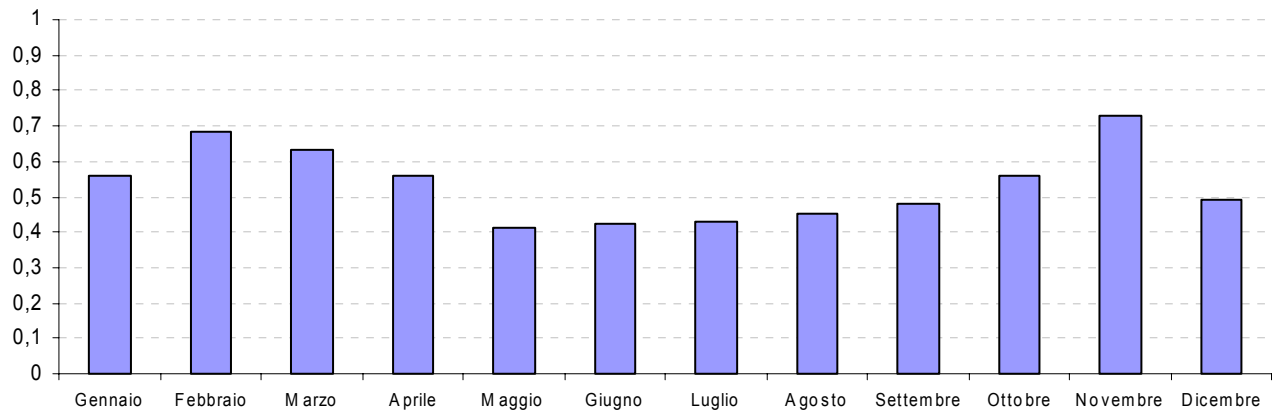
### Anno 2003

■ Temperature medie months



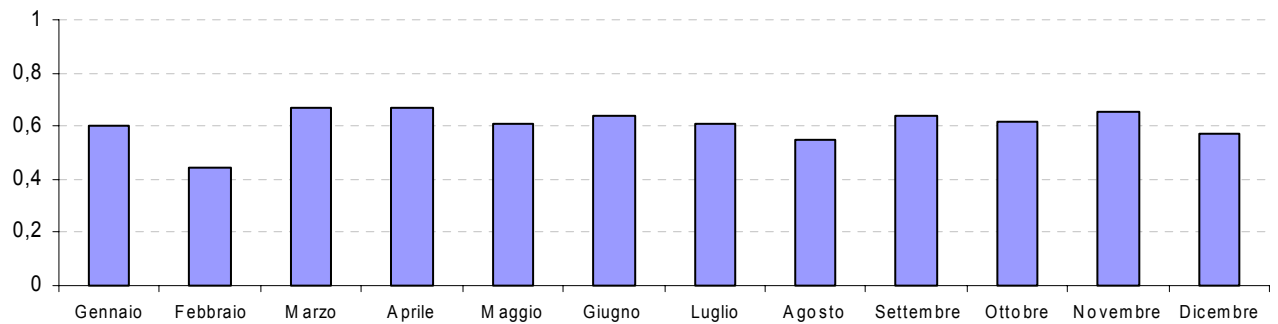
### Anno 2004

■ Temperature medie months



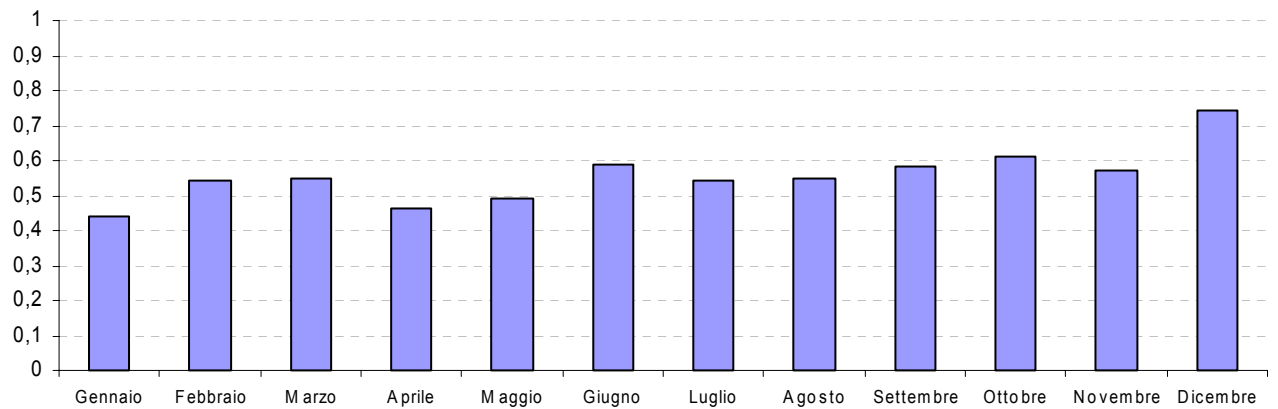
### Anno 2005

■ Temperature medie months



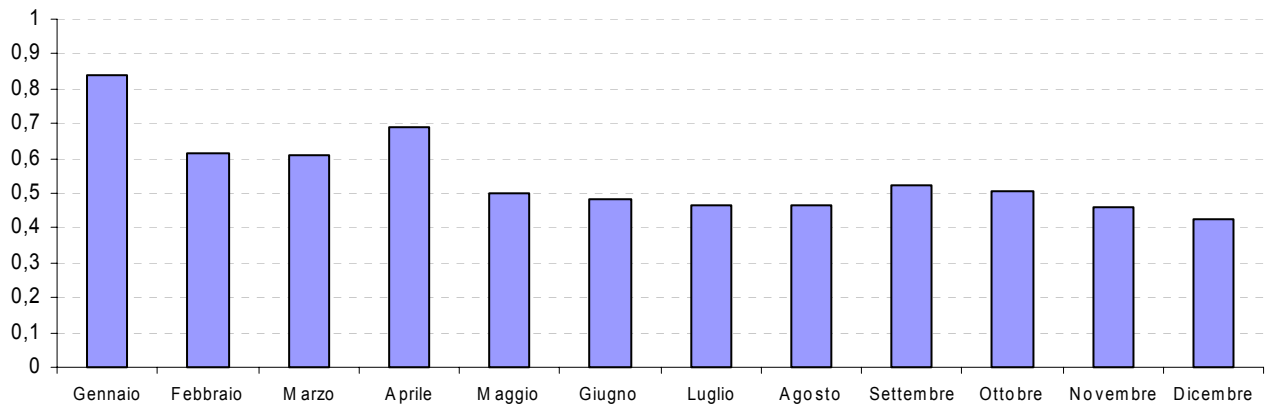
### Anno 2006

■ Temperature medie months



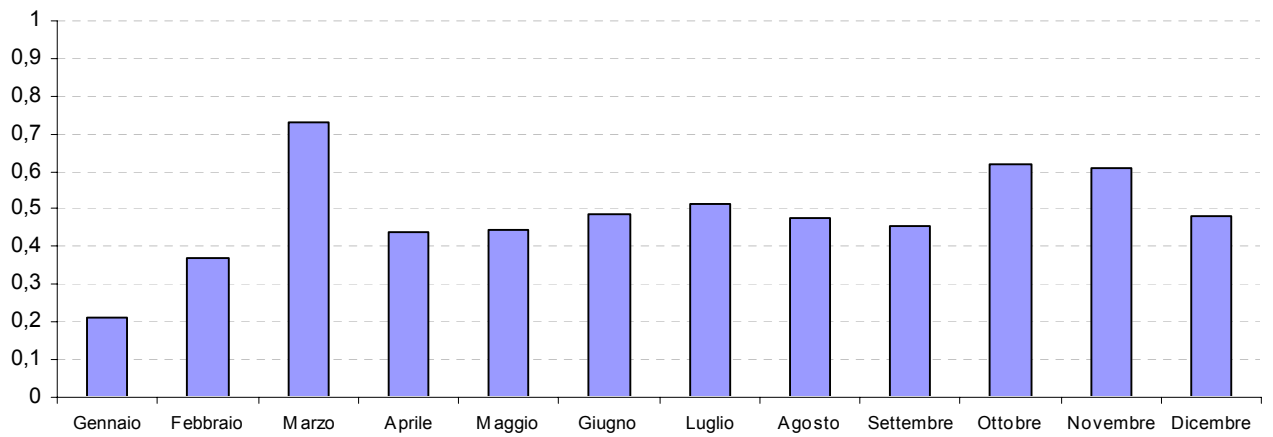
### Anno 2007

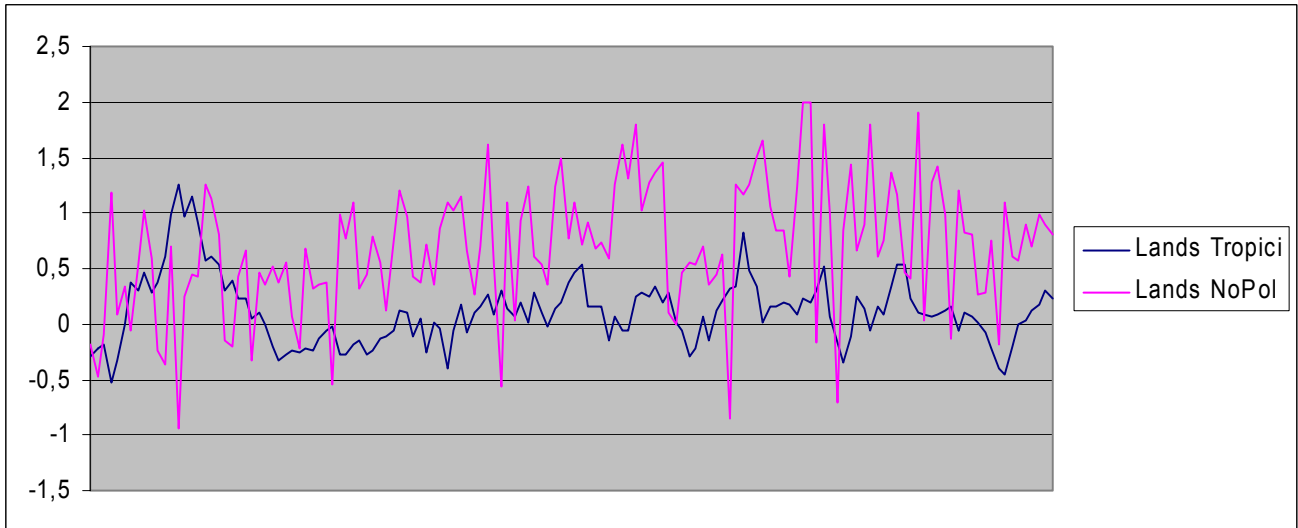
■ Temperature medie months



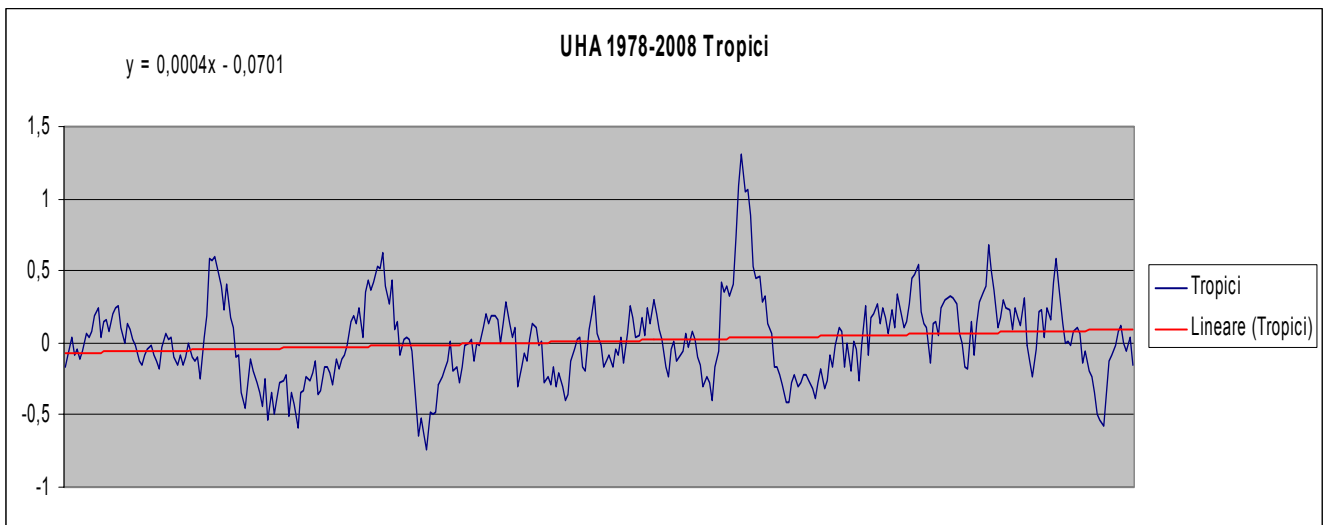
### Anno 2008

■ Temperature medie months

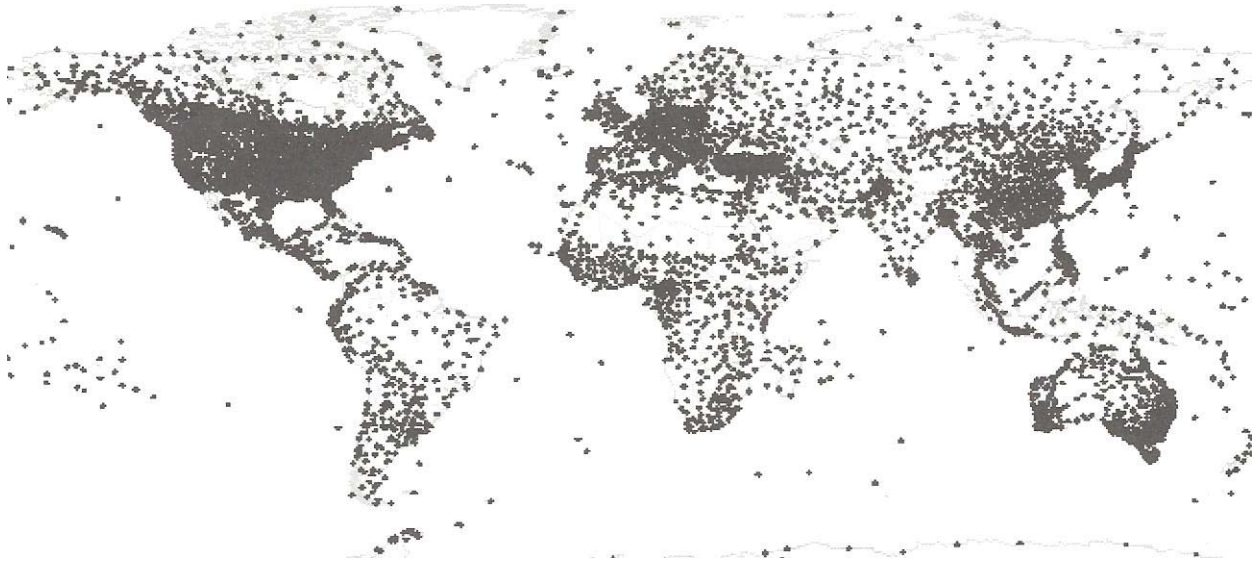




Confronto termico superfici emerse settore tropici/settore artico



Andamento settore Tropici e trend lineare



Densità Stazioni meteorologiche su scala globale