



ISSN 1827-3858

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



Semestrale dell'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia

*Semiannual Journal of the "Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia"*

Numero speciale - *Special Issue*

Anno / Year XIV - Numero / Number 2

Atti della XV Conferenza Annuale UMFVG - *Proceeding of the 15<sup>th</sup> UMFVG Annual Conference*

# { meteo D.O.C. }

XV CONFERENZA ANNUALE UMFVG - ONLUS

FULMINI  
GRANDINE  
GELO  
*gli eventi estremi  
e l'agricoltura*

Sabato 21 Novembre 2015  
ore 9-13

Cantina Produttori Cormons  
via Vino Della Pace, 31 - Cormons (GO)





UMFVG is a member of the  
European Meteorological Society

## METEOROLOGICA

Bollettino dell'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia  
Bulletin of Friuli Venezia Giulia Meteorological Union  
Reg. Trib. di Udine n. 4 del 26/02/2002

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

Publicato da / published by

Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia – O.N.L.U.S.  
Via Silvio Pellico, 9 - Cividale del Friuli - ITALY

Direttore Responsabile / Director

Marco Virgilio

Direttore editoriale / Chief Editor

Renato R. Colucci

Redazione / Editorial staff

Renato R. Colucci, Marco Virgilio, Laura Palmisano

Per ricevere il bollettino o richiedere informazioni scrivere a:

To receive the bulletin or ask for informations write to:

e-mail: [segreteria@umfvg.org](mailto:segreteria@umfvg.org)

Questo numero speciale, che rappresenta gli "Atti della XV Conferenza annuale UMFVG", è stato realizzato grazie al supporto di tutti i soci e del Parco naturale delle Prealpi Giulie. La raccolta ed organizzazione di testi e fotografie, la realizzazione grafica e l'impaginazione sono state curate da Renato R. Colucci e da Marco Virgilio

*This special issue, representing the "Proceedings of the 15th UMFVG Annual Conference", has been realized thanks to the support of all UMFVG members and the Parco naturale delle Prealpi Giulie.*

*The collection and the organization of texts and photographs, the graphic design and layout has been edited by Renato R. Colucci and Marco Virgilio*

Comitato organizzatore di UMFVG 2015

Organizing committee of UMFVG 2015

Renato R. Colucci, Andrea Ziani, Marco Virgilio, Laura Palmisano, Furio Pieri, Barbara Pernar, Fabio Pagan



Sviluppo grafico a cura di UMFVG

## 11TH EUROPEAN CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY EMS – ECAC TRIESTE 12-16 SEPTEMBER 2016



### Where atmosphere, sea and land meet: bridging between sciences, applications and stakeholders

*The climate system interacts with all aspects of the geosphere (atmosphere, land, sea, cryosphere, biosphere...) and the impacts of climate change must therefore be interpreted as a sort of continuum between all these related subsets. In such a perspective, it is crucial to understand climate and its interactions in order to promote an even better prediction of significant climate variations, both natural and as a result of anthropogenic forcing. This will help stakeholders and decision makers to mitigate as far as possible future environmental challenges and to adapt where and when necessary.*

*The ECAC theme for 2016 explores these delicate issues with special care to sea-atmosphere interactions. Ocean dynamics and its variability, sea level rise (past, present, future) and thermoaline circulation are just some of the most urgent issues that have to be faced and understood in order to optimize models able to predict the evolution of the environment and the impact of coastal areas*

Il Sistema climatico interagisce con tutti gli aspetti della geosfera (atmosfera, terra, mare, criosfera, biosfera...) e gli impatti del cambiamento climatico devono quindi essere interpretati come una sorta di continuum tra tutti questi sottoinsiemi correlati. In tale prospettiva è cruciale capire il clima e le sue interazioni al fine di promuovere una sempre migliore previsione delle variazioni climatiche più significative, sia naturali sia indotte dal forzante antropogenico. Questo aiuterà tutte le parti interessate ed i politici a mitigare le sfide ambientali future e ad adattarsi dove e quando questo sarà necessario.

Il tema di ECAC 2016 tratterà questi argomenti delicati con un'attenzione particolare riservata alle interazioni atmosfera-mare. La dinamica dell'oceano e la sua variabilità, l'innalzamento del livello marino (passato, presente e futuro) e la circolazione termoalina sono solo alcune delle più urgenti tematiche che devono essere affrontate e comprese al fine di ottimizzare modelli in grado di predire l'evoluzione dell'ambiente e l'impatto sulle aree costiere.

Conferenza Europea di Climatologia Applicata – Trieste 12-16 settembre 2016



Renato R. Colucci

Una forte avvezione di aria fredda dall'est Europa durante il febbraio 2012 porta all'ingresso di forti venti di Bora sul Golfo di Trieste per molti giorni. Le basse temperature ed i forti venti gelano lo spray marino sulle strutture del porto

*A strong cold advection from Eastern Europe in February 2012 produces a strong Bora inflow over the Gulf of Trieste for several days. Low temperatures and strong wind freezes the sea spray over harbor facilities*

# Calendario Meteorologico 2016

## Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia

*Marco Di Lenardo  
Furio Pieri  
Renato R. Colucci  
Marco Virgilio*



## FULMINI: IL PIÙ INNATURALE TRA I FENOMENI NATURALI

## Abstract

Lightning are the most unnatural phenomenon among natural phenomena because of their intrinsic exceptional characteristics. In spite of its small diameter, roughly 1 cm, its temperature is of the order of several thousand of degrees Kelvin, and the power it releases, even if for a very small fraction of a second, is of the order of a nuclear power plant and they can emit even gamma rays, i.e., produce anti-matter. Even if they are so exceptional, nevertheless they are quite common and, even in this very moment when you are reading this paragraph, several hundred of lightning are occurring all around the world. Under the physical point of view, lightning are nothing more than an electrical discharge, caused by charge accumulation in the atmosphere. Charge accumulation, on its side, is produced by microphysical mechanisms occurring at precipitation size, when ice crystals bump on graupels in clouds within an environment cold and rich of moisture. During these rebounds, graupels achieve a negative charge and ice crystals achieve a positive one. They are then separated by vertical currents of air and clouds, in particular thundery clouds, become electrified and a discharge (a lightning) can occur. The role of lightning in ecosystems is not fully understood, but they represent a significant source of nitrogen oxides, which are an important fertilizer for plants, and they might have played an important role in life formation, thanks to their energy supply in the pristine atmosphere.

## Introduzione

Con un facile gioco di parole potremmo definire i fulmini come il più innaturale tra i fenomeni naturali, viste le proprietà estreme che li caratterizzano nello stato e nel comportamento. Il fulmine che noi vediamo, o meglio che i nostri occhi riescono a percepire, ha più o meno il diametro di un pollice e la lunghezza da qualche centinaio di metri a qualche chilometro [1]. La temperatura che l'aria raggiunge all'interno di un fulmine è dell'ordine delle migliaia di gradi Kelvin, più di quella che si osserva sulla superficie del sole e, nel complesso, l'energia che si libera durante la scarica, benché per una frazione di millesimo di secondo, è quella messa a disposizione da una cen-

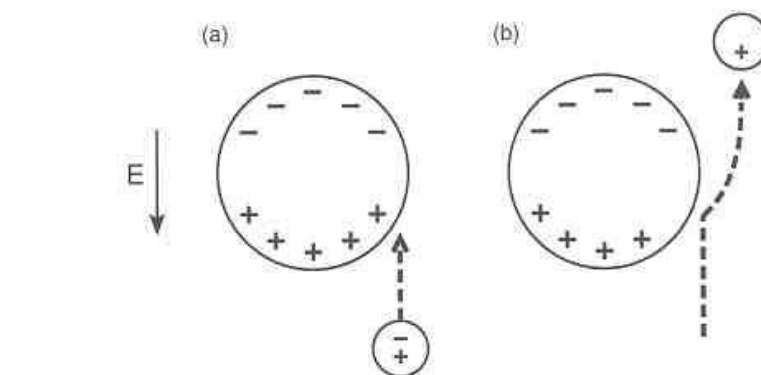


Fig. 1

Esempio di separazione delle cariche partendo da due cristalli di ghiaccio, uno piccolo ed un grande (graupel) che si muovono con velocità verticali diverse a seguito della diversa dimensione e interazione con i flussi d'aria

Example of a charge separation mechanism which starts from a couple of ice crystals, one small and the other

trale nucleare [2]. Durante la scarica elettrica le energie in gioco sono così elevate che, come scoperto di recente, nei fulmini più intensi possono venir emessi addirittura dei raggi gamma, interpretati come il risultato della formazione di antimateria [3]. Benché intrinsecamente eccezionali, i fulmini sono comunque molto frequenti e tutto sommato comuni, un po' in tutti i luoghi del pianeta.

## Cosa sono i fulmini

I fulmini sono sostanzialmente delle scariche elettriche, ovvero uno spostamento confinato di cariche elettriche che avviene nell'aria, in tutto e per tutto simili alle scariche che si osservano negli accendigas elettrici.

Se voglio generare un fulmine, pertanto, debbo avere a disposizione prima un meccanismo di separazione delle cariche (debbo riuscire a strappare elettroni dagli atomi) e poi un meccanismo di accumulo delle cariche stesse (debbo ammucciare in un volume confinato cariche dello stesso segno che, notoriamente, non vogliono stare nello stesso posto).

Per quanto riguarda la separazione delle cariche, attualmente si ritiene che all'interno delle nubi vi siano molti meccanismi in grado di portare alla separazione delle cariche, tutti questi meccanismi richiedono: 1) la presenza di precipitazioni solide o

comunque di particelle solide in aria e 2) la presenza di movimenti verticali nelle masse d'aria.

Le precipitazioni solide sono necessarie in quanto attualmente si ritiene che sia proprio l'urto tra particelle di dimensioni diverse a far sì che le particelle più piccole, solitamente dei cristalli di ghiaccio, urtando quelle più grosse si carichino positivamente perdendo degli elettroni, mentre le particelle più grandi (solitamente dei graupel) si carichino negativamente, strappando gli elettroni alle particelle più piccole durante l'urto (figura 1). Il meccanismo fisico-chimico che porta alla separazione delle cariche non è ancora stato compreso, ma è possibile riprodurlo in laboratorio. Quello che appare essere un elemento molto importante è che questi urti abbiano luogo in un ambiente ricco di vapore acqueo e a temperature comprese tra i -10 e -20 °C, cioè in corrispondenza della maggior differenza tra la pressione di vapore saturo sulla fase ghiacciata e quella liquida.

La presenza di forti movimenti nelle masse d'aria, solitamente verticali, sono necessarie in quanto una volta ottenuto delle particelle con carica opposta bisogna far sì che queste si allontanino e accumulino così come accade nelle pile con il polo positivo e negativo. Sono proprio le correnti d'aria a separare i cristalli piccoli (che vengono portati verso l'alto) dai cristalli grossi (che precipitano verso il basso), producendo gli accumuli delle cariche che costituiscono

<sup>1</sup> In realtà esiste anche un meccanismo proposto da Bernard Vonnegut, detto "convettivo", il quale non richiede la presenza di precipitazioni o nubi. Questo meccanismo, che è il solo noto potenzialmente in grado di produrre dei "fulmini a ciel sereno", richiede una forte insolazione e la presenza di un campo elettrico terrestre pre-esistente. Anche se questo meccanismo è potenzialmente presente in natura, attualmente non si ritiene che giochi un ruolo fondamentale o preponderante, dato che la maggior parte dei fulmini si hanno all'interno o comunque associati a formazioni nuvolose.

i serbatoi di corrente che alimentano i fulmini. Per poter avere grandi accumuli di carica dobbiamo pertanto avere intense correnti d'aria verticale. Quando la carica elettrica che si accumula non riesce più ad essere sostenuta dall'aria, si ha perforazione del dielettrico, cioè la scarica, ovvero il fulmine.

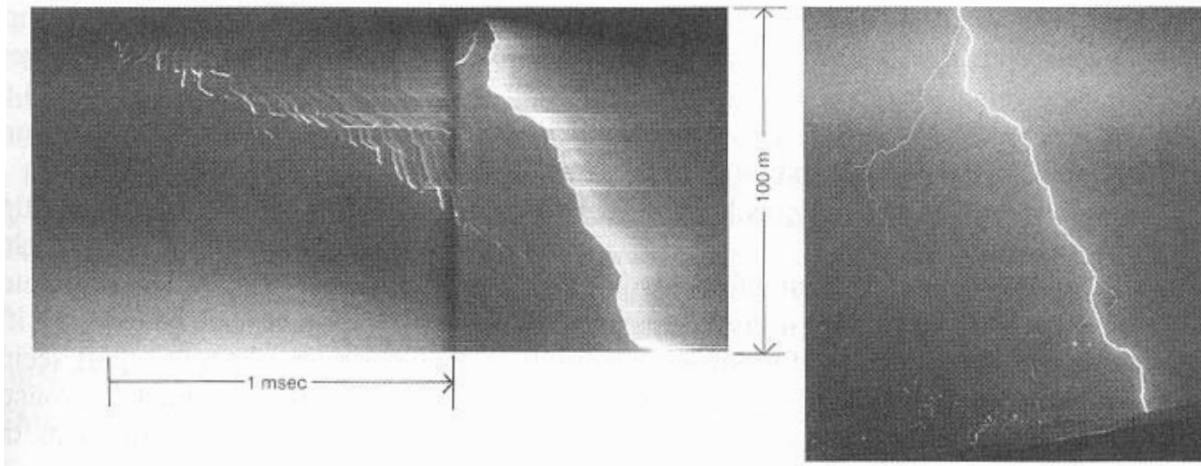
Un'altra peculiarità dei fulmini è che quello che noi conosciamo come fenomeno unitario è in realtà una sequenza di fenomeni distinti ma che non riu-

sciamo a vedere in quanto avvengono in tempi troppo brevi per essere percepiti. Una prima fase è quella nella quale le cariche cercano la strada più "veloce" per potersi "annullare" con cariche uguali, ma opposte, che si trovano a terra o in altre parti dell'atmosfera. In questa fase le cariche si spostano a "salti" di una decina di metri per cercare la strada che oppone la minor resistenza al passaggio delle corrente. Quando, a seguito dei salti, la carica rag-

giunge l'accumulo di carica opposta o la terra, si completa quello che viene chiamato "canale di ionizzazione" e che rappresenta una sorta di strada per il passaggio della scarica elettrica, cioè del fulmine (figura 2).

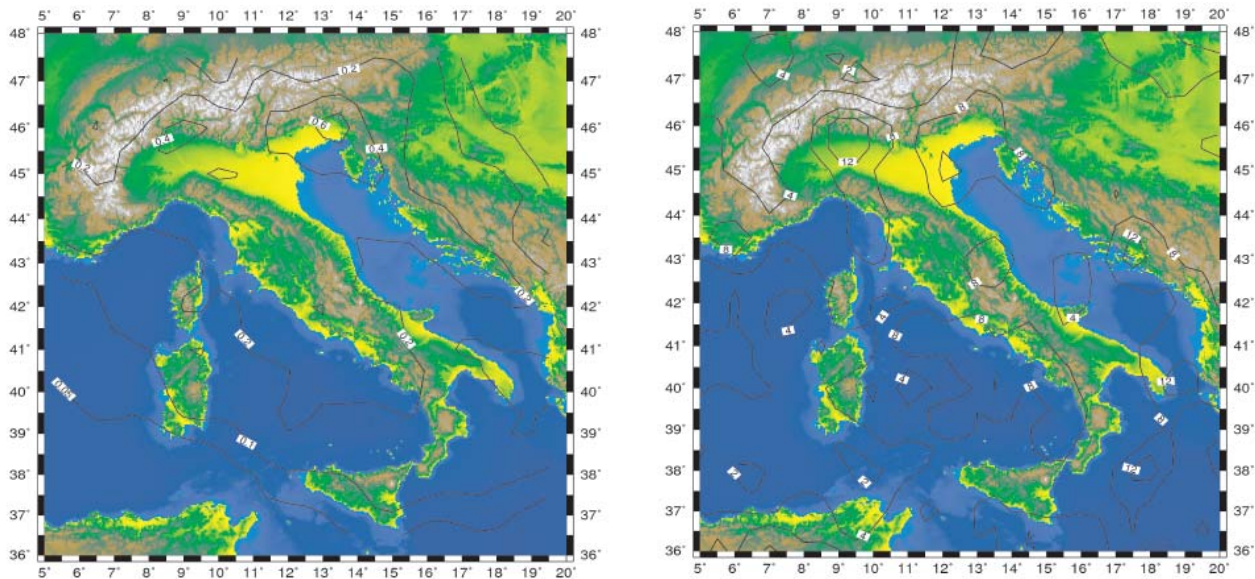
**Climatologia dei fulmini in Italia e nel Mondo**

Se gli ingredienti necessari per la formazione dei fulmini sono la presenza di precipitazioni e di corren-



**Fig. 2**  
 Il fulmine visto ad occhio nudo (pannello di destra) e attraverso una pellicola fotografica scorrevole (pannello di sinistra) che consente di distinguere la fase in cui le cariche elettriche cercano di trovare la strada più agevole (che offre meno resistenza) per giungere al suolo e la fase di scarica che si ha quando il canale di ionizzazione di forma tra il volume d'aria caricato elettricamente e il suolo

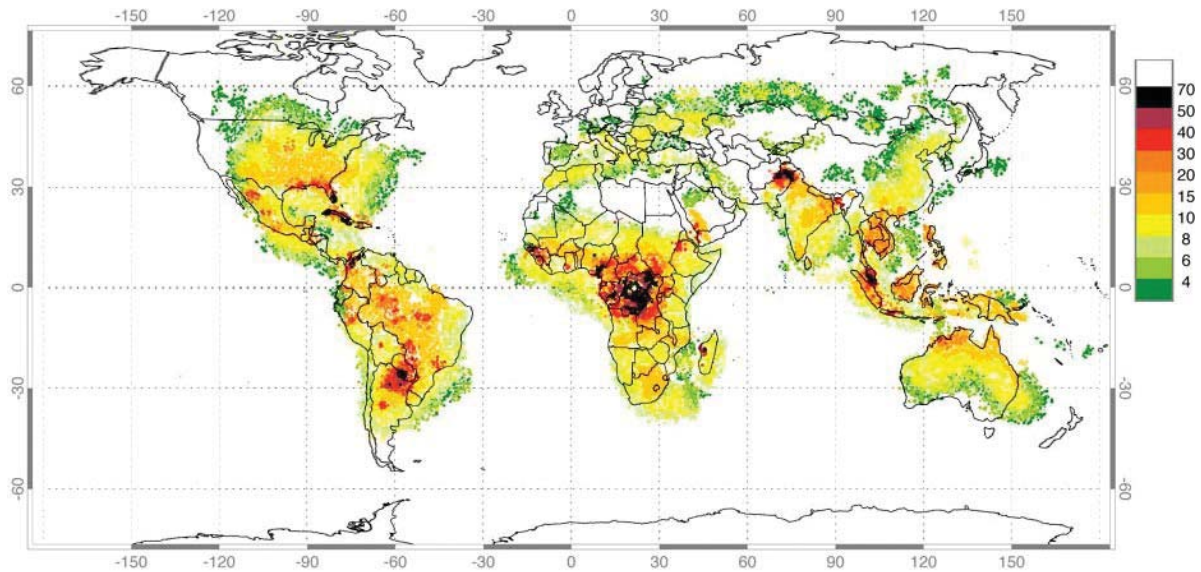
*Lightning as seen by a naked eye (right panel) and through a fast moving film (left panel) that makes possible to distinguish the phase in which the electrical charge tries to find the easiest road (which reduces resistance) to reach ground and the discharge that occurs when the ionized channel is formed between the charge center and ground*



**Fig. 3**  
 Numero medio annuo di fulmini nube suolo per km quadro (periodo 1995-2000, pannello di sinistra) e numero medio annuo di fulmini totali (periodo 1995-2000, pannello di destra)

*Average number of cloud to ground lightning per squared km (years 1995-2000, left panel) and average number of total lightning (years 1995-2000, right panel)*

<sup>2</sup> Si può avere la separazione delle cariche elettriche anche in presenza di eruzioni vulcaniche o tempeste di sabbia caratterizzate dalla numerose particelle microscopiche river- sate in aria.



Global distribution of lightning April 1995 - February 2003

Sources: NASA OTD (4/95-3/00) and LIS (1/98-2/03) instruments

Fig. 4

Mappa globale della distribuzione di fulmini (sia nube-nube che tra nube e suolo)

Global lightning distribution map (both cloud-to-cloud and cloud-to-ground)

ti convettive molto forti, è evidente che questi fenomeni saranno più frequenti nelle zone e stagioni che più di sovente ospitano la convezione atmosferica umida e profonda. A livello nazionale queste aree sono situate a ridosso delle zone montane (Friuli e Lombardia) ma non solo (figura 3). Il periodo dell'anno in cui più frequenti sono i fulmini, invece, è tipicamente rappresentato dalla stagione estiva, quando più frequenti e intense sono le correnti convettive e maggiore è la disponibilità di vapore acqueo. Il fatto che vi siano alte temperature al suolo, però, non è un elemento necessario, in quanto la separazione delle cariche comunque avviene a temperature abbondantemente inferiori allo zero termico. A riprova di questo si può anche ricordare che la separazione delle cariche e la formazione di fulmini si è osservata anche su Titano, un satellite di Saturno, caratterizzato da temperature dell'ordine degli 80 Kelvin (-193 °C) dove l'acqua non esiste allo stato liquido e le precipitazioni, solide e liquide necessarie alla separazione delle cariche sono costituite da metano.

Nel mondo i fulmini sono molto frequenti un po' dappertutto (figura 4), sono assenti solo in corrispondenza delle aree desertiche situate ai tropici. La maggior parte dei fulmini si osserva comunque sulle zone continentali e sotto vento alle stesse così come nell'interfaccia tra le zone di terra e mare, nonché in presenza di orografia complessa.

#### Ruolo dei fulmini nell'ecosistema

Aldilà della loro "bellezza" e dell'indubbio interesse scientifico, ha senso anche chiedersi quale possa essere il ruolo di questi fenomeni così energetici e frequenti nell'ambiente. Fino a diversi anni fa si riteneva che i fulmini potessero aver giocato un ruolo molto importante per la formazione delle prime molecole organiche, quindi per la nascita della vita sul nostro pianeta. Questo era almeno l'esito del celeberrimo esperimento di Miller [4]. Più recentemente questo ruolo è stato in parte messo in discussione dal ritrovamento delle tracce di molecole organiche su comete e altri corpi celesti che non possono ospitare fulmini. C'è comunque da dire che su questi corpi celesti, proprio in quanto privi o quasi privi di atmosfera, l'energia necessaria alla sintesi delle molecole organiche potrebbe venire dalla radiazione solare ultravioletta non schermata o dai raggi cosmici, che quindi potrebbero assumere il ruolo dei fulmini sulla Terra.

Un ruolo che innegabilmente hanno i fulmini è quello di produttori di ossidi di azoto. Questi ossidi sono molto importanti, in quanto assieme ad altre molecole, costituiscono un importante nutrimento

per le piante. Attualmente le maggiori emissioni di ossidi di azoto sono di origine antropica, ma questo è vero solamente da qualche centinaio d'anni dopo la rivoluzione industriale. Prima di quest'epoca, la produzione di ossidi di azoto, quindi, indirettamente, di fertilizzanti era appannaggio dei soli fulmini che hanno pertanto svolto un importante ruolo di sostegno all'ecosistema.

#### Energia dai fulmini?

I fulmini sono tanti, energetici e abbastanza ben distribuiti sul territorio, quindi perché non pensare di utilizzarli come fonte energetica? Paradossalmente il vincolo non è tanto di tipo tecnologico, cioè legato alla capacità di imbrigliare e accumulare la grande quantità di energia liberata in un brevissimo istante, quanto di tipo predittivo, cioè quella di conoscere in anticipo dove andranno a "cadere" i fulmini per cercare di carpirne l'energia. Anche cercando di "attrarre" i fulmini, infatti, non è così facile riuscire a prenderli per la coda e la probabilità di controllare il percorso della scarica è estremamente bassa e quasi trascurabile.

#### Bibliografia e sitografia

[1] *The electrical nature of storms*: Mac Gorman & Rust (Oxford Univ. Press)

[2] *Lightning*: Uman & Rakov (Cambridge University Press) pp. 700

[3] *Gamma rays from thunderstorms*. [http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/31dec\\_tgfs/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/31dec_tgfs/)

[4] [https://it.wikipedia.org/wiki/Esperimento\\_di\\_Miller-Urey](https://it.wikipedia.org/wiki/Esperimento_di_Miller-Urey)

## LA VITE IN FRIULI VENEZIA GIULIA NEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

### Abstract

*Viticulture is an important agricultural sector in Friuli Venezia Giulia. The current climatic conditions in the region meet the climatic requirements of the culture. Climate change, already underway, will determine a change in the regional viticulture. The adaptability of the species, the agricultural technique, the genetic improvement suggest that viticulture will have less difficulty adapting to future climate conditions of the region with respect to other economic sectors*

### Riassunto

La viticoltura rappresenta un importante settore dell'agricoltura del Friuli Venezia Giulia. Le attuali condizioni climatiche della regione soddisfano le richieste ambientali della cultura. I cambiamenti climatici, già in atto, determineranno dei mutamenti nella viticoltura regionale. Le capacità di adattamento della specie, l'agrotecnica, il miglioramento genetico fanno supporre che la viticoltura avrà minori difficoltà ad adattarsi alle future condizioni climatiche della regione rispetto ad altri settori economici.

### Premessa

Con quasi 20.000 ettari, circa il 9% della superficie coltivata della regione e di cui ben il 71% in zona DOP (DOC e DOCG), la viticoltura in Friuli Venezia Giulia rappresenta un importante componente dell'agricoltura regionale. Nel 2012 il fatturato del settore vitivinicolo si è attestato intorno ai 105 milioni di euro cioè il 10% di quello dell'intero comparto agricolo (1.052 milioni di euro) e il 22% se confrontato con quello delle sole coltivazioni agricole (490 milioni di euro) escludendo quindi allevamento e servizi connessi (Cisilino 2014, Silvestri 2013, Istat 2005-2014).

La vite è una pianta che si adatta a diverse condizioni climatiche: nel mondo la sua coltivazione si estende dal 30° al 50° grado di latitudine nord e sud, e ad un'altitudine compresa tra il livello del mare e i 1000 metri circa. La specie presenta un ampio panorama varietale con vitigni più o meno adatti ai diversi ambienti: in regione le varietà maggiormente coltivate sono quelle a bacca bianca (Pinot grigio, Tocai friulano, Chardonnay, Sauvignon, Glera-Prosecco, ...), a cui sono destinate il 69% delle

superfici, mentre il 31 % sono destinate a quelle a bacca rossa (Merlot, Cabernet, Refosco, ...).

La possibilità di vivere e fruttificare in questa ampia zona geografica è legata, oltre alle caratteristiche biologiche intrinseche della vite, anche alle possibilità di adottare forme di allevamento molto diverse che possono compensare eventuali limitazioni climatiche.

### Risorse e limitazioni climatiche per la vite in Friuli Venezia Giulia

In linea di massima le risorse climatiche del Friuli Venezia Giulia, intese come quantità di pioggia, di radiazione solare, di livelli di temperatura media ecc..., riescono a soddisfare adeguatamente le esigenze della coltura, ma non mancano delle avversità o limitazioni climatiche.

Con riferimento alla pioggia, o meglio alla sua mancanza, le situazioni di siccità in regione sono più legate alla natura dei terreni, spesso caratterizzati da scarsa capacità di ritenuta idrica, che alla mancanza di piogge durante il periodo di vegetazione della coltura. Tale stato di cose è adeguatamente illustrato in figura 1, che mostra il numero medio di giorni in cui la vite si trova in condizioni di stress idrico nelle diverse zone delle province di Trieste e Gorizia in assenza di irrigazione. La forte discontinuità territoriale dello stress suggerisce come sia più la natura dei terreni che la distribuzione pluviometrica a determinare lo stato di stress nelle diverse zone indagate (Cicogna et al. 2008).

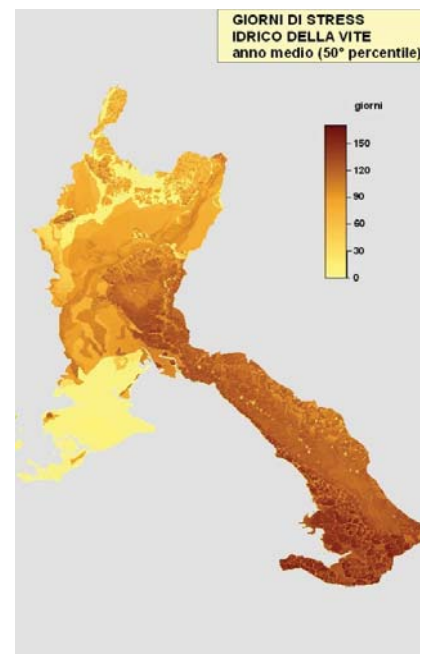
Eccessi di pioggia, intesi anche come elevato numero di giorni piovosi, possono creare parecchi problemi sia dal punto di vista fitosanitario, con l'aumento della pressione delle malattie fungine viticole, sia come intralcio alla vendemmia. In questo senso molto negativa è stata l'annata 2014, quando da maggio a settembre a Udine si sono registrati 81 giorni con misure di pioggia maggiori o uguali a 0.2 mm, contro una media climatica di 60 giorni.

Per quanto riguarda le altre idrometeorie, abbastanza comune, specie in alcune zone viticole della regione, è la grandine, con danni che occasionalmente possono essere molto elevati.

La radiazione solare risulta più che adeguata per soddisfare le necessità della coltura con la sola eccezione dei versanti settentrionali in zona collinare.

Per quanto riguarda la temperatura i maggiori rischi climatici sono legati a freddi invernali molto intensi, che fortunatamente si ripresentano con dei tempi di ritorno abbastanza lunghi (ogni 20-30 anni). Più frequenti risultano i danni dovuti a gelate primaverili, il cui ultimo caso si è verificato il 16 aprile 2014 nell'Isontino (fig.2). Per quanto riguarda questa avversità occorre ricordare l'estrema variabilità territoriale che i danni da gelata possono arrecare, specie in zone collinose dove la topografia può modificare di molto la temperatura minima raggiunta dall'aria in ogni punto del territorio.

Sempre per quanto riguarda la temperatura, si sottolinea come vi sia una chiara e intuitiva relazione tra andamento termico e crescita delle piante. Entro certi limiti tanto più fa caldo tanto più velocemente una pianta cresce. Tale relazione viene meglio espressa da indici che mettono in relazione l'energia ambientale con la crescita delle piante (Orlandini et al., 2003) e che possono descrivere quanto un determinato territorio sia vocato alla coltivazione di una specie. Nel caso della vite tra gli indici più



**Fig. 1**  
Numero di giorni di stress idrico per la coltura della vite nell'anno medio nelle province di Trieste e Gorizia. I dati pluviometrici di partenza fanno riferimento al periodo 1961-2000

*Number of days of water stress for the cultivation of vines in the average year in the provinces of Trieste and Gorizia. The initial rainfall data refer to the period 1961-2000*



Fig. 2

Foto del 22 aprile 2014: danni da gelo su giovani germogli di vite nell'azienda Vie di Romans, Mariano del Friuli (GO). La gelata si è verificata nella notte tra il 15 e il 16 aprile 2014 interessando l'area compresa tra le località di Mariano del Friuli, Farra, Villanova, S. Lorenzo, Plessiva, Cormons e Dolegna del Collio  
*Photo of 22 April 2014: frost damage on young shoots of vines in company Vie di Romans, Mariano del Friuli (GO). The frost occurred in the night between 15 and 16 April 2014 involving the area between the towns of Mariano del Friuli, Farra, Villanova, St. Lawrence, Plessiva, Cormons and Dolegna del Collio*

comunemente usati ricordiamo quello eliometrico di Huglin (Turri e Intrieri, 1987):

$$IH = \sum_{01.04}^{30.09} [(T_{med} - 10) + (T_{max} - 10)] K / 2$$

dove:

T<sub>med</sub> = Temperatura media giornaliera

T<sub>max</sub> = Temperatura massima giornaliera

K = coefficiente di latitudine che per il Friuli Venezia Giulia è pari a 1,04

Esiste un'ampia bibliografia che mette in luce come le diverse varietà di vite manifestino la necessità di specifici cumuli termici per concludere il ciclo (Tabella 1) e pertanto la mappatura del territorio con questi indici consente di identificare, in linea di larga massima, le zone più vocate per i diversi vitigni.

Huglin	1500	1600-1800	1900-2000	2200-2400
Vini Bianchi	Muller-T.	Cardonnay Pinot B. Riesling R. Sauvignon Pinot G. Prosecco-Glera	Pinot B. Prosecco Riesling I.	
Vini neri	Pinot N.	Cabernet F. Pinot N.	Cabernet S. Merlot	Refosco

Tab. 1

Esigenze termiche espresse come gradi Huglin per alcuni vitigni tipici del Friuli Venezia Giulia (Rielaborazione da Autori vari)

*Thermal requirements expressed as degrees Huglin for some grape varieties typical of Friuli Venezia Giulia (Reworking by various authors)*

Seguendo questo approccio sono stati effettuati ampi lavori di studio di vocazionalità viticola anche in regione (Michelutti 2005, Michelutti 2006, Michelutti et al. 2007).

Le mappe in figura 3 mostrano gli indici di Huglin medi nei periodi 1961-1900 e 2000-2015: si nota come, specie nell'ultimo quindicennio, le esigenze termiche delle varietà maggiormente coltivate in regione sono soddisfatte.

#### Prospettive dalla coltivazione della vite in Friuli Venezia Giulia nel cambiamento climatico

Vari studi condotti attestano come il clima, anche in regione, stia cambiando (Cicogna et al. 2012) e anche le mappe in figura 3 mostrano la misura di questo cambiamento, in alcuni casi anche maggiore rispetto alle tendenze globali.

Le proiezioni condotte in studi a livello nazionale e internazionale (ISPRA-SCIA 2015, IPCC 2013) ci restituiscono, per i prossimi 30 o 60 anni, una situazione climatica che nel Friuli Venezia Giulia vedrà una diminuzione delle piogge, specie quelle estive, e un aumento delle temperature maggiormente accentuato sempre nel periodo estivo.

Date queste prospettive gli impatti futuri sulla coltivazione della vite in regione potrebbero riguardare:

a) una minore disponibilità idrica dovuta alla diminuzione delle piogge. Da qui la prospettiva di dover incrementare l'irrigazione della coltura e/o introdurla in zone che per ora non sono interessate a questa pratica agricola; ad oggi circa il 30% della superficie regionale destinata a vigneto è irrigata. Si potrebbe imporre anche la necessità di abbondare terreni oggi destinati a vite e caratterizzati da capacità di ritenuta idrica troppo bassa e dove l'intensificazione o l'introduzione dell'irrigazione non sia economicamente sostenibile.

b) Una minore piovosità potrebbe determinare un minor uso di fitofarmaci per contenere infezioni di *Plasmopora viticola*, che oggi in regione è la principale avversità della coltura. Per contro si può ipotizzare l'incremento di altre patologie meno legate alla pioggia e che si sviluppano maggiormente con alte temperature, come ad esempio l'oidio.

c) Una disponibilità termica media più elevata potrà determinare un cambiamento delle scelte varie-tali ed eventualmente potrebbero essere utilizzate superfici poste a quote più elevate (Eccel e Caffarra 2010).



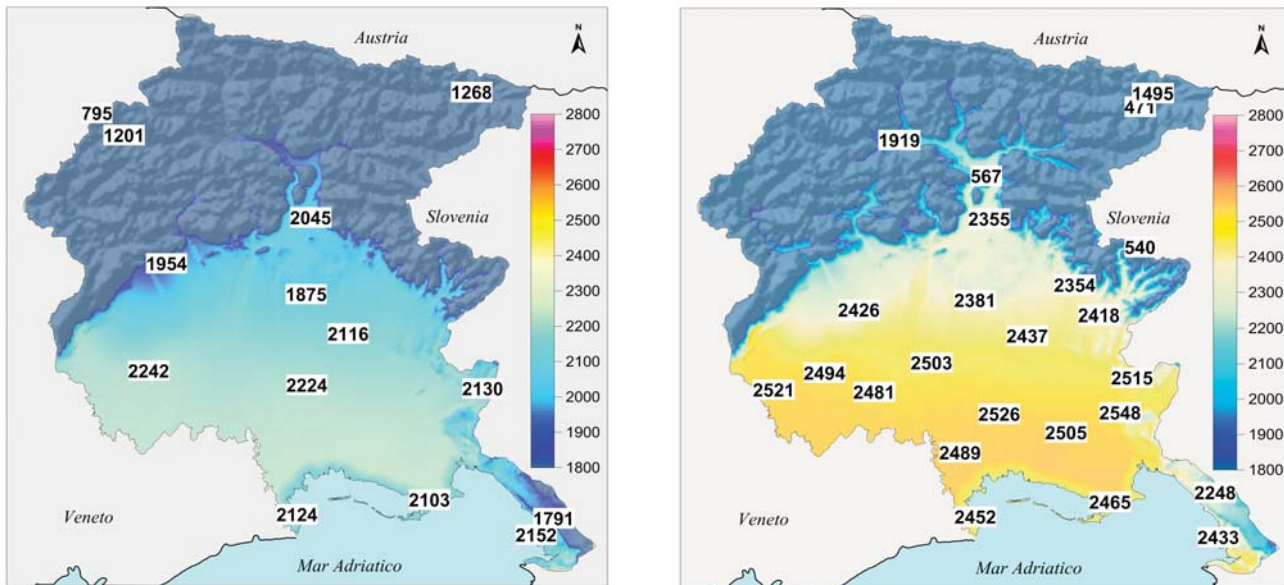


Fig. 3  
Indice medio di Hugin nei periodi 1961-1990 (sinistra), 2000-2015 (destra)  
Average Index Hugin during 1961-1990 (left), 2000-2015 (right)

d) L'aumento della temperatura in inverno-primavera potrà determinare un anticipo del risveglio vegetativo, esponendo la coltura a un maggior rischio di danni da gelate primaverili.

Per continuare a mantenere elevati standard qualitativi potrebbe essere necessario rivedere l'agrotecnica della coltura, per es. abbassare la fascia produttiva per sfruttare una maggiore escursione termica o modificare la gestione della chioma.

### Conclusioni

I cambiamenti climatici avranno sicuramente delle ripercussioni anche sulla viticoltura regionale, ma bisogna sottolineare come la vite ha grandi capacità di adattamento alle diverse condizioni climatiche e come l'agrotecnica, entro certi limiti, potrà limitare gli effetti più dannosi del riscaldamento.

La necessità di dover modificare il panorama viticolo regionale potrebbe essere l'occasione per introdurre nuove varietà. In questo senso ricordiamo il grande lavoro di miglioramento genetico che proprio in regione viene portato avanti con la costituzione di nuove varietà resistenti alla *Plasmopora viticola* (Sartori 2015).

Rispetto ad altri settori economici probabilmente la viticoltura avrà minori difficoltà di adattamento alle future condizioni climatiche della regione.

### Bibliografia

Cicogna A., Barbieri S., Michelutti G., Bianco D. - 2008 Deficit idrico in Friuli Venezia Giulia- province di Pordenone, Gorizia e Trieste , Notiziario ERSA ed ERSA Friuli Venezia Giulia n°2 2008 pp25-29

Cicogna A., Gani M., Micheletti S., 2012- Rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2012 - Tematiche ambientali in primo piano nel Friuli Venezia Giulia - Cambiamenti Climatici (Ed. ARPA FVG) pp 29-53

Cisilino F. (a cura di) 2014 -Il contesto socio-economico e ambientale del Friuli Venezia Giulia nello scenario di sviluppo rurale 2014-2020 . INEA, ROMA pp. 318

Eccel E., Caffarra A.- 2010 Cambia il clima: la vite sale a mille Terra trentina n° 1-2010 pp53

IPCC, 2013: Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ISPRA – SCIA, 2015 - "Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali"

Istat - tavole per tema – Viticoltura 2005-2014 [http://agri.istat.it/sag\\_is\\_pdwout/jsp/NewDownload.jsp?id=97A|15A|21A](http://agri.istat.it/sag_is_pdwout/jsp/NewDownload.jsp?id=97A|15A|21A)

Michelutti G.(a cura di)2005- Vocazione viticola della zona a D.O.C. "Friuli Grave" - Provincia di Udine (collana Suoli e Vigneti Ed. ERSA FVG) pp. 182

Michelutti G.(a cura di)2006- Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia 2. Province di Gorizia e Trieste (Ed. ERSA FVG) pp. 636

Michelutti G., Failla O., Cicogna A. (a cura di) 2007 Collio – Clima e suolo all'origine della qualità del vino. Zonazione e manuale d'uso del territorio viticolo (collana Suoli e Vigneti Ed. ERSA FVG) pp. 235

Orlandini S., Zipoli G., Mancini M., Dalla Marta A., 2003 - Monitoraggio agroclimatico a scala aziendale. Informatore Agrario Supplemento 14 pp 19-25

Sartori E. 2015 – Le nuove varietà resistenti alle malattie VignaVini n°10-2015 pp 42-46

Silvestri I. (a cura di) 2013 - 6° censimento generale dell'Agricoltura in Friuli Venezia Giulia dati definitivi . Regione Friuli Venezia Giulia pp. 37

Terri S., Intieri C., 1987 - Mappe isoterme ed insediamenti viticoli in Emilia Romagna - VigneVini 10 pp 37-41

## ORIGINI E SVILUPPO DELLA VITICOLTURA

**Abstract**

Domestic grapevine (*Vitis vinifera*), with its multiple varieties, has survived until today thanks to the gradual process of domestication of wild grape (*V. vinifera silvestris*) which began several thousands of years ago in the areas of the Near East and the Middle East. Subsequently, over a long period of time its cultivation spread first in the European region and more specifically in Greece, Italy, Spain, France, Germany and later on in all continents.

In the Northern Hemisphere, grapevine fits the best growing conditions in areas between the 35th and the 45th parallels. In the past the limit for its cultivation was considered to be the 50th parallel but nowadays viticulture is expanding northwards as a result of global warming, as confirmed by the presence of productive vineyards in places such as Scandinavia.

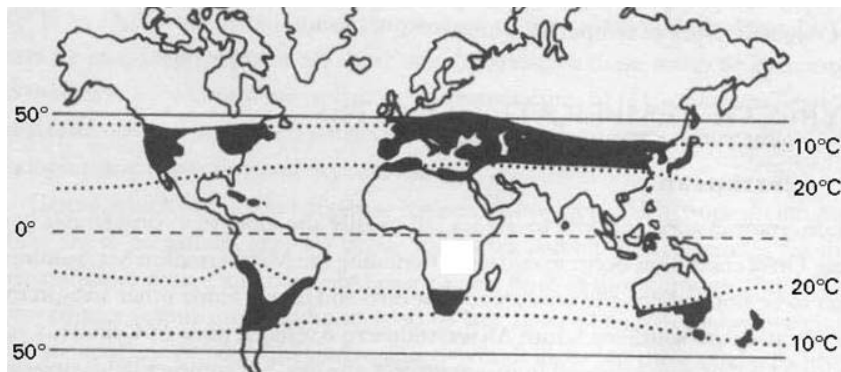
In ancient Rome viticulture had an important role: CATONE, COLUMELLA, PLINIO and other Latin georgic writers dealt with grapevines and wine issues in their literary works where cultivation techniques, varieties features and wine quality were described in great detail. Concerning the Friulian-Istrian viticulture, its importance has been widely documented since Roman times, when the Aquileia area was the center of economic activity.

In a thousand year old evolution and domestication, grapevine has shown a great ability to adapt to different geographical areas with different soil and climate types. It is expected that climate change will affect the area and the methods of cultivation as well as the product quality. In traditional wine-growing areas, in order to overcome any negative effects it will be necessary to develop proper strategies regarding agronomic, plant protection and winemaking aspects.

**Riassunto**

La vite domestica (*Vitis vinifera*) con le sue molteplici varietà, è giunta a noi grazie ad un progressivo processo di domesticazione, iniziato alcuni millenni fa nelle aree del Vicino e Medio Oriente, della vite selvatica (*V. vinifera silvestris*). Successivamente, in un lungo arco di tempo, la sua coltura si è diffusa dapprima nelle regioni europee di Grecia, Italia, Spagna, Francia e Germania e in seguito in praticamente in tutti i continenti.

Nell'emisfero settentrionale, la vite trova le sue

**Fig. 1**

Aree geografiche nelle quali la vite trova le sue condizioni ottimali (da [www.eviticlimate.eu](http://www.eviticlimate.eu))

Geographical areas where grapevine finds its optimal conditions (by [www.eviticlimate.eu](http://www.eviticlimate.eu))

condizioni ottimali nelle aree comprese tra il 35° e il 45° parallelo. Mentre negli anni passati il limite per la sua possibile coltivazione era considerato il 50° parallelo, a seguito del riscaldamento terrestre, la viticoltura si sta espandendo verso Nord, con presenza di vigneti produttivi anche in Scandinavia.

Nell'antica Roma la viticoltura assumeva un ruolo di notevole rilievo: CATONE, COLUMELLA, PLINIO e gli altri georgici latini trattano della vite e del vino - dalle tecniche di coltivazione, alle diverse varietà, alla qualità dei vini - con dovizia di particolari. Per quanto riguarda la viticoltura friulano-istrian, la sua importanza è ampiamente documentata a partire dall'epoca romana, quando il centro principale era costituito dal territorio di Aquileia.

Nella sua millenaria storia di evoluzione e domesticazione, la vite ha sempre dimostrato una grande capacità di adattamento alle diverse aree geografiche e alle rispettive caratteristiche pedologiche e climatiche. È da attendersi che i cambiamenti climatici in atto e futuri avranno ripercussioni sull'areale e le modalità della sua coltivazione e le caratteristiche dei prodotti; nelle zone tradizionali, per superare eventuali effetti negativi, si renderanno necessarie strategie, opportunamente studiate, a livello agronomico, fitosanitario ed enologico.

**Approfondimento**

La vite, assieme all'olivo, può ritenersi un simbolo dell'agricoltura mediterranea. Come si vedrà più avanti, la coltura della vite era considerata quella di maggior pregio, e più redditizia nelle aziende dell'antica Roma, e ad essa è dedicato lo spazio maggiore nei trattati dei georgici latini.

Ma la sua storia è molto più antica: è infatti alla fine del periodo Neolitico che comincia a svilupparsi

e diffondersi una viticoltura embrionale a partire dalla vite selvatica (*Vitis vinifera silvestris*) che prosperava sui *dump heap*, gli immondezzai formati in prossimità dei primi villaggi, nati agli albori dell'agricoltura con la progressiva transizione dal cacciatore nomade al coltivatore stanziale. Questi ambienti, umidi e ricchi di sostanza organica, presentavano le condizioni più favorevoli per diverse specie vegetali, fra cui appunto la vite selvatica, una pianta lianosa, produttrice di bacche eduli e fermentescibili, dioica ma con una piccola percentuale di fiori ermafroditi, facilmente riproducibile per via vegetativa e pertanto con piante figlie uguali, sotto tutti gli aspetti alla pianta madre. Queste peculiarità hanno permesso, nel corso dei millenni, di privilegiare e moltiplicare, mediante una selezione massale, gli esemplari che risultavano possedere i caratteri quali/quantitativi preferiti. Infatti, già i primi coltivatori dovettero osservare che solo le piante femminili e quelle con fiori ermafroditi, producevano frutti, che potevano essere più o meno buoni, mentre erano improduttive le piante maschili. Si è quindi passati dalla vite selvatica ad una forma domesticoidale, che man mano veniva acquistando i caratteri tipici della vite domestica (*Vitis vinifera*). Un criterio utilizzato dagli archeobotanici per distinguere le due sottospecie è l'aspetto dei vinaccioli: prevalentemente di forma tozza nella vite selvatica, in maggioranza più allungati in quella domestica; il rapporto tra le due forme permette di evidenziare, nelle diverse epoche, la progressiva domesticazione.

Il centro primario di domesticazione della vite è stato individuato da molti autori nella regione siriano-mesopotamica, la cosiddetta *Mezzaluna fertile*, all'incirca nel V millennio a.C. Questo processo si è poi diffuso, a partire dalla Media Età del

Bronzo, nella vicina Grecia e, nella successiva Età del Ferro, con importante coinvolgimento etrusco, nell'Italia Centro-meridionale. La colonizzazione punica, greca e romana della Spagna sud-orientale determinò un 4° centro di domesticazione, e parallelamente il 5° ed ultimo centro venne a costituirsi nelle regioni padano-venete, nella Francia meridionale e nella Spagna nord-orientale.

La diffusione e l'importanza della vite e del vino è ampiamente attestata da numerosi scritti e reperti riferibili alle antiche civiltà mesopotamiche (sumerica, assira, babilonese), egiziana, greca e romana.

Nel più antico trattato di agricoltura dell'antica Roma, il *De agricultura* di CATONE, risalente alla metà del II secolo a.C., su un totale di 64 capitoli dedicati alle diverse colture, erbacee e arboree, e ai loro prodotti, la trattazione della vite e del vino, ne occupa oltre la metà; il vigneto specializzato di riferimento è di 25 ha. CATONE non fa menzione delle diverse varietà di vite, ma COLUMELLA (I sec. d.C.) cita circa 54 vitigni, di cui 42 da vino e 12 da tavola. A questo proposito egli aggiunge: "ci sono oltre a queste molte altre varietà di viti di cui non posso riferire con certezza né il numero né i nomi, perché, come dice il poeta – riferendosi a VIRGILIO (Georgiche, I sec. a.C.) – se qualcuno vuole saperlo, vada nel deserto Libico e conti i granelli di sabbia che il vento solleva".

Secondo PLINIO (I sec. d.C.) esistono 185 qualità diverse di vino che diventano quasi il doppio tenendo conto delle varietà. La viticoltura è diffusamente trattata anche dagli altri georgici, di cui ci sono pervenute le opere, VARRONE (I sec. a.C.) e PALLADIO (IV o V sec. d.C.).

Durante l'Impero romano la coltivazione della vite viene estesa a tutte le province, anche a latitudini relativamente elevate - Francia, Germania etc., - a dimostrazione della notevole adattabilità pedo-climatica della specie.

Ancora nel XIX secolo il celebre agronomo Filippo RE considerava incalcolabile il numero di varietà di vite e "grandissimo, anche solo esaminando quelle che coltivansi in Italia"; aggiunge che "Le viti cambiando ... territorio subiscono tali e tanti cambiamenti di forma e di qualità che malagevolmente possano riconoscersi".

Attualmente la viticoltura può essere praticata nelle fasce comprese tra i 23° ai 53° di latitudine Nord e tra 20° e i 42° di latitudine Sud. All'interno di queste aree trova le sue condizioni ottimali a temperature medie annue comprese tra i 10 °C e i 20 °C, tipiche delle regioni situate tra il 35° e il 45° par-

allelo Nord e tra il 31° e il 38° parallelo Sud. Condizioni vincolanti sono evidentemente le caratteristiche favorevoli di tipo orografico, pedologico, di altitudine, di disponibilità di acqua. In questa ampia fascia rientrano, per es., la California, l'Argentina, il Cile, l'Australia e il Sudafrica, diventati fra i maggiori produttori di vino. Mentre fino ad alcuni anni fa il 50° parallelo Nord veniva considerato come limite per la coltivazione redditizia della vite, recentemente questa coltura si è spinta, sia pure come caso isolato, fino al 58° parallelo Nord sull'isola svedese di Gotland, a settentrione di Malmö, dove si produce il Ran, cuvée da uva bianca. In Svezia, a seguito del riscaldamento terrestre, sta crescendo l'interesse per la viticoltura che ad oggi ricopre, nella zona tra Malmö e Gotland, circa 30 ha con le varietà Ortega, Rondo, Riesling e Chardonnay. La Scandinavia aveva già conosciuto un periodo di temperature elevate nel Medioevo, in corrispondenza del ritiro dei ghiacci polari, tanto che i vichinghi avevano chiamato Vinland una nuova terra per i vitigni selvatici che vi crescevano (forse Terranova).

La vite trova le sue condizioni ottimali nelle aree di pianura e collinari; in alcune zone d'Italia con clima molto favorevole la vite si coltiva fino a quote limite di 1.200 m (es. Etna e Val d'Aosta). In Friuli Venezia Giulia, negli ultimi anni sta crescendo l'interesse da parte di alcuni comuni carnici per una possibile diffusione di questa coltura anche in zone montane, con esposizione favorevole.

La viticoltura friulano-istriana è ampiamente documentata a partire dall'epoca romana. Il Centro di maggiore importanza era rappresentato dal territorio di Aquileia, città portuale fondata dai romani nel II sec. a.C. La buona disponibilità di strumenti di ferro permetteva di praticare un tipo di agricoltura, quindi anche di viticoltura, particolarmente efficiente. Scritti di vari autori - per es. la richiesta di CASSIODORO (V sec. d.C.) rivolta ai viticoltori di Aquileia e Cividale per il rifornimento di vino destinato all'esercito - e numerosi bassorilievi (attrezzi del bottaio, pigiatura, torchio a vite) attestano l'importanza e il pregio dei

vini prodotti nelle zone succitate. Tra questi, il bianco *Pucinum*, prodotto nella fascia costiera più orientale del territorio aquileiese, apprezzato da Livia - moglie di Augusto, vissuta fino all'età, eccezionale per quei tempi, di 86 anni - che attribuiva la sua longevità alle proprietà salutari di questo vino, già citato da PLINIO. Più avanti nei secoli, la fama della produzione viticola delle aree udinese, triestina e aquileiese, viene elogiata dal medico e naturalista Andrea BACCI (XVI sec.), che ne attribuisce i meriti alla fertilità del suolo e alla posizione favorevole "rivolta di fronte verso oriente e piega poi verso mezzogiorno, con a tergo, verso settentrione, una serie ininterrotta di colli". Egli ribadisce il pregio del vino Pucino e anche di un vino nero prodotto da uva Pucina, presente nell'area istriana di Capodistria. La fama dei vini prodotti in regione si protrae nel corso dei secoli. In tempi più recenti si è passati dal Marzemino e dalla Schiava, non più coltivati, agli attuali vitigni autoctoni più rilevanti come i Refoschi, la Ribolla, il Picolit, il Tocai, il Verduzzo, oltre, naturalmente ad alcune varietà internazionali, come Merlot, Pinot grigio, Chardonnay, Sauvignon.

Nella sua millenaria storia di domesticazione e diffusione, la vite ha sempre dimostrato una grande capacità intrinseca di adattamento alle diverse aree geografiche e alle rispettive caratteristiche pedologiche e climatiche in cui si è sviluppata. I mutamenti climatici, con i quali, come sembra ormai accertato, bisognerà confrontarsi negli anni a venire, avranno certamente delle ripercussioni anche sulla coltivazione della vite e sulle caratteristiche dei vini. Pur auspicando l'entrata in vigore di azioni concrete volte a interrompere, o almeno mitigare i fenomeni in atto, dovranno essere adottati opportuni accorgimenti di tipo agronomico, fitosanitario ed enologico, per superare, o almeno attenuare i possibili effetti negativi. Si può osservare, d'altra parte, che l'aumento delle temperature medie potrebbe aprire alla viticoltura aree finora interdette a causa della latitudine o dell'altitudine.

#### Bibliografia

- [BACCI A. Citato da DEL ZAN et al., 2004.  
 CATONE Marco Porcio - *Liber de Agricultura* - 1964, Roma, Ramo Edit. Agricoltori.  
 CASSIODORO, Citato da DEL ZAN et al., 2004.  
 COLUMELLA Lucio Giunio Moderato - *De re rustica* - 1947, Roma, Ramo Edit. Agricoltori.  
 DEL ZAN F., FAILLA O., SCIENZA A., 2004 - *La vite e l'uomo. Dal rompicapo delle origini al salvataggio delle reliquie* - ERSa, Gorizia.  
 PLINIO Caio P. Secondo - *Storia naturale [Naturalis Historia]* - 1982, Torino, Einaudi, I Millenni.  
 RE F., 1851 - *Nuovi elementi di agricoltura (4° ediz.)* - Milano, Tipografia G. Silvestri.  
 PALLADIO Rutilio Tauro Emiliano - *La villa [Opus agriculturae]* - 1550, Venezia, Fr. Sansovino.  
 VARRONE Marco Terenzio - *Il fondo rustico [De re rustica]*, in *Id.: Opere* - 1996, Torino, UTET.

## EVENTI METEO SPAZIALI ESTREMI: NUOVE INDICAZIONI DAGLI STUDI CLIMATOLOGICI

### Abstract

*Extreme space weather events and their impacts on geospace have been reported for recent solar activity cycles, and mitigation procedures have been set up according to the estimated geo-effectiveness. Notwithstanding, recent space climatological studies based on analysis of ice cores have pointed out that even more intense space storms have occurred well before the space era. This will lead to reconsider the safety levels today used e.g. in the design of space systems and planning of human space missions.*

L'attività del Sole è caratterizzata da una serie di fenomeni come le macchie solari legati all'evoluzione dei campi magnetici nella stella, dalla loro generazione da parte di un processo interno di dinamo fino alla loro concentrazione nelle macchie per effetto della rotazione differenziale ed al rilascio esplosivo di energia in varie forme quando le configurazioni magnetiche divengono instabili. Si parla in questi casi di "tempeste solari", fenomeni transienti come emissione di lampi di radiazione X ed UV ed accelerazione di elettroni e ioni ad energie quasi-relativistiche oppure emissione di bolle di

plasma (eiezioni di massa dalla corona solare, CME) nello spazio interplanetario.

Tali perturbazioni fotoniche e particellari si propagano nel "vento solare", il flusso di particelle cariche emesso continuamente dal Sole con densità e velocità variabili, dando origine alle "tempeste spaziali" che interessano i pianeti, riscaldando e ionizzando le atmosfere e perturbando le magnetosfere, ove presenti come nel caso della Terra (Figura 1). Il tempo di propagazione fino alla Terra varia da 8,3 minuti per i fotoni, a qualche decina di minuti per le particelle più energetiche fino alle decine di ore per le bolle di plasma.

Gli impatti delle tempeste spaziali sono molteplici (Figura 2) e dipendono dalla loro intensità: tipicamente quelle di bassa e media intensità determinano un aumentato livello di radiazioni alle altitudini satellitari, ma con basso rischio per i sistemi spaziali, ed aurore polari, tempeste geomagnetiche e correnti geomagneticamente indotte (GIC; fattore di rischio per le centrali elettriche) alle alte latitudini, poichè le particelle di origine solare vengono veicolate primariamente nelle regioni polari; si possono inoltre verificare interruzioni e disturbi alle comunicazioni radio. Quando però la

tempesta spaziale è particolarmente intensa, la fenomenologia citata assume livelli di impatto molto elevati con aumentato rischio per i sistemi spaziali, per le comunicazioni radio, per la localizzazione con i GPS, per l'integrità delle centrali elettriche anche a latitudini medio-basse.

In alcuni casi gli eventi meteo spaziali sono stati classificati come "estremi" per la loro intensità e per il livello catastrofico degli impatti rilevati nel geospazio, regione che comprende la magnetosfera, l'atmosfera e la superficie terrestri. Il concetto di "estremo" è ancora relativo nella Meteorologia dello Spazio, branca di studio ancora giovane ed in fase di sviluppo dinamico al progredire delle osservazioni e che necessita di una consolidata, ma difficile da conseguire, Climatologia dello Spazio ovvero dello studio del meteo spaziale sul lungo periodo, che, in termini astronomici, comporta una scala di tempo estesa dal secolo al miliardo di anni.

Nel 1847 una corrente elettrica anomala fu rilevata nella linea telegrafica Derby-Birmingham ed è stata la prima rilevazione di un effetto del meteo spaziale (*space weather*) sulla tecnologia. Il 28 e 29 agosto 1859 il servizio telegrafico subì un'inter-

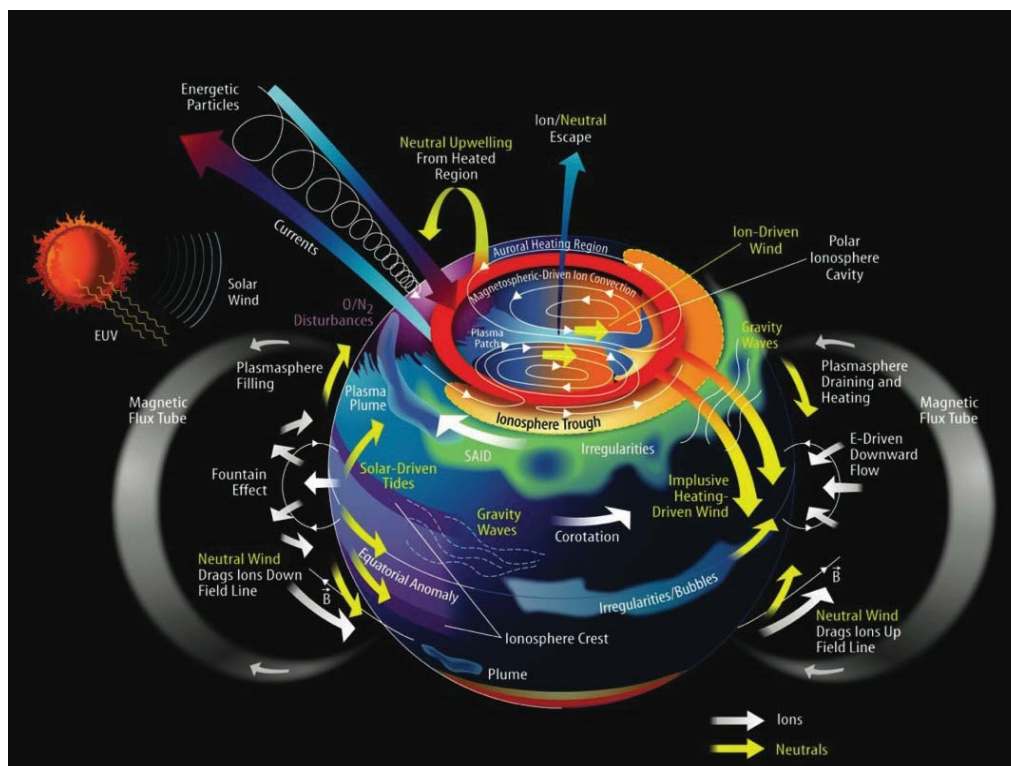
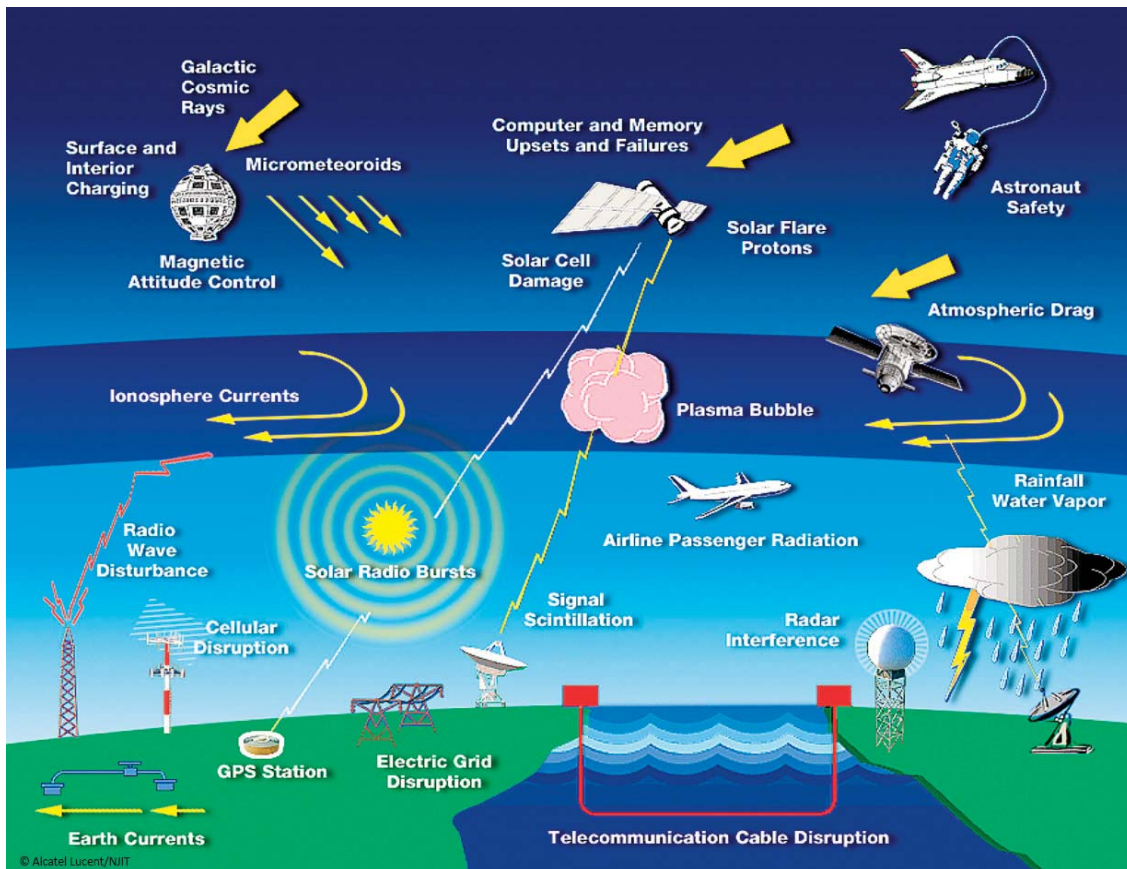


Fig. 1  
Le complesse interazioni delle emissioni solari con la ionosfera terrestre [NASA]  
The complex interactions of solar emissions with the Earth's ionosphere [NASA]



**Fig. 2**  
Sinossi degli impatti delle perturbazioni spaziali sui sistemi tecnologici e biologici della Terra [Alcatel Lucent/NIJT]  
Synopsis of space perturbation impacts on Earth's technological and biological systems [Alcatel Lucent/NIJT]

ruzione a livello mondiale a causa di una super-tempesta geomagnetica. Nei giorni 1 e 2 settembre 1859 si verificò una delle più intense super-tempeste, quella di Carrington-Hodgson. Il 16 maggio 1921 avvenne la più intensa tempesta dell'era moderna, che interruppe il servizio telegrafico, causò incendi ed il bruciamento di cavi. La prima supertempesta dell'era spaziale si è verificata il 13 marzo 1989, nel corso della quale la tempesta geomagnetica associata ha messo fuori uso la rete elettrica del Quebec e, dopo pochi secondi, la rete nord-orientale e quella centro-occidentale degli Stati Uniti; il blackout elettrico è durato 9,6 ore prima che fosse possibile il ripristino. Tra il 19 ottobre ed il 7 novembre 2003 avvennero le "tempeste di Halloween", una serie di perturbazioni che hanno determinato interruzioni nel funzionamento dei GPS e soppressione delle comunicazioni ad onde corte, rendendo necessarie procedure di emergenza negli impianti nucleari in Canada e negli Stati Uniti nord-orientali, e distruggendo molti trasformatori di potenza delle centrali elettriche del Sudafrica.

Questi eventi meteo spaziali estremi sono stati studiati in dettaglio, ricostruendo le cause e sti-

mando quantitativamente gli effetti per quelli anteriori all'era spaziale. In base a tali studi sono state identificate delle soglie di sicurezza e, rispettivamente, di rischio per i sistemi tecnologici spaziali e terrestri, di cui si tiene conto in fase di progetto per minimizzare i possibili impatti.

D'altra parte gli studi in questo campo sono in continua evoluzione. Infatti una recentissima ricerca pubblicata su *Nature Communications* (Mekhaldi et al., 2015) evidenzia come eventi di meteo spaziale estremi ancora più intensi di quelli finora noti si sono verificati in epoche storiche, precisamente negli anni 774/5 e 993/4. In questi anni sono stati evidenziati due picchi nella concentrazione in atmosfera del radioisotopo Carbonio-14, la cui origine viene imputata ad eventi di origine non-terrestre. Studiando la concentrazione del radioisotopo Berillio-10 in carote di ghiaccio artiche ed antartiche, gli autori supportano l'ipotesi che gli eventi siano stati determinati da tempeste

solari estreme. Inoltre confrontando le concentrazioni del Cloro-36 con quelle del Berillio-10, essi dimostrano che entrambi gli eventi furono caratterizzati da flussi di particelle energetiche con spettro molto duro ed energie dei protoni superiori ai 100 MeV. In particolare, l'evento del 774/5 ebbe un'intensità almeno cinque volte superiore a qualsiasi altro evento solare di cui si abbiano osservazioni strumentali.

Questo studio climatologico dello spazio ha particolare rilevanza, poichè fornisce nuove informazioni circa la possibilità che eventi meteo spaziali estremi ancora più intensi possano essersi verificati nel passato. Di questo aspetto dovranno tener conto le stime di soglia per la progettazione e la mitigazione degli impatti oltre che le missioni di esplorazione planetaria con equipaggio umano come quella del pianeta Marte prevista entro il 2030.

#### Bibliografia

F. Mekhaldi, R. Muscheler et al., *Multiradionuclide evidence for solar origin of the cosmic-ray events of AD 774/5 and 993/4*, *Nature Communications* **6**, 8611, 2015

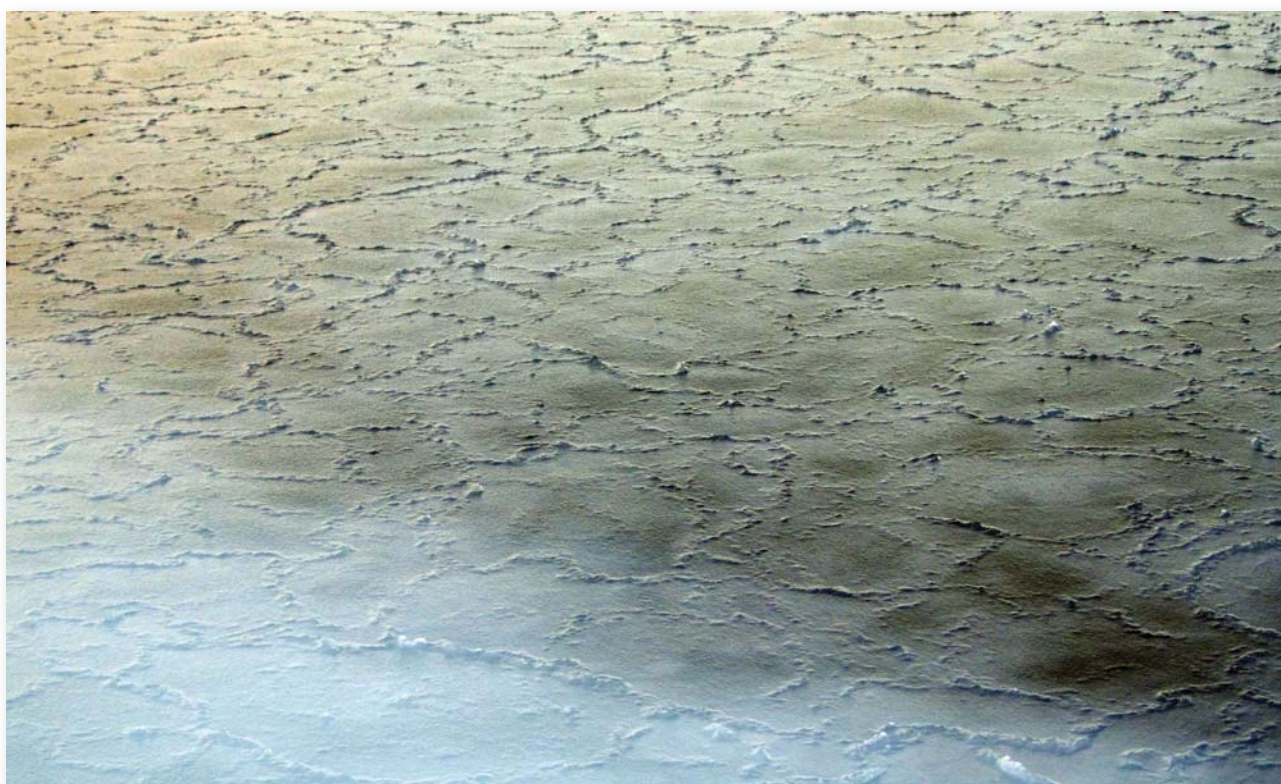
## CURIOSITA' GHIACCiate

### Pancake Ice

*Sea ice starts to form as frazil ice in cold moving water and it is composed of fine ice crystals floating at the surface. If the ocean is rough the frazil crystals accumulate into slushy circular disks, called pancakes or pancake ice, because of their shape. Pancake ice has raised edges from slush freezing around the edge of the ice disc or from collisions between ice pieces. According to scientific measurements, both the thickness and extent of summer sea ice in the Arctic have shown a dramatic decline over the past thirty years. This is consistent with observations of a warming Arctic. This trend is a major sign of climate change in the polar regions and represents an indicator of the effects of global warming which could lead to positive feedbacks caused by changes in the albedo of the Arctic Ocean.*

### Le frittelle di ghiaccio

Il ghiaccio marino inizia a formarsi inizialmente sotto forma di *frazil ice*. Questo avviene in acqua fredda in movimento ed è composto da finissimi cristalli di ghiaccio che galleggiano in superficie. Se il mare è agitato questi *frazil* si accumulano in dischi circolari chiamati *frittelle* o *pancake ice*, a causa della loro forma. Il *pancake ice* a seguito delle collisioni con le altre placche di ghiaccio forma dei bordi al contorno di ogni *frittella* di ghiaccio galleggiante. Sia lo spessore e l'estensione di mare estivo ghiacciato nell'Artico hanno mostrato un drastico calo nel corso degli ultimi trent'anni. Ciò è ovviamente in sintonia con l'osservato riscaldamento dell'Artico. Questa tendenza è un segno importante del cambiamento climatico nelle regioni polari e rappresenta un indicatore degli effetti del riscaldamento globale, che potrebbero portare a ulteriori feed back positivi dovuti al cambio dell'albedo del Mar Glaciale Artico.



Oceano Artico intorno alle Isole Svalbard, Norvegia. Marzo 2011, foto Renato R. Colucci  
Arctic Ocean around Svalbard, Norway. March 2011, photo Renato R. Colucci

## Hexagonal ice

*Hexagonal ice (ice Ih) is the form of all natural snow and ice on Earth as evidenced in the six-fold symmetry in ice crystals grown from water vapor (even snow flakes are hexagonal, think to dendrites). Hexagonal ice crystals form hexagonal plates and columns where the top and bottom faces are basal planes, and the six equivalent side faces are called the prism faces. Secondary prism faces may be formed down the planes formed by the sides of the chair structures. Here (picture) films of water on rock walls percolating in the karstic voids, reaches a rock at temperature below the freezing point producing this centimetric hexagonal structure in the ice. In this case the rock is in permafrost conditions, thus permanently maintaining a below 0°C temperature.*

## Il ghiaccio esagonale

Il ghiaccio esagonale (ghiaccio *Ih*) è la tipica forma cristallina di tutta la neve naturale e del ghiaccio presenti sulla Terra, così come evidenziato nella simmetria dei cristalli di ghiaccio derivate dalla sublimazione del vapore acqueo (anche i fiocchi di neve sono esagonali, pensiamo alle dendriti). I cristalli di ghiaccio esagonali formano piastre esagonali e colonne in cui le facce superiore ed inferiore sono piani basali, e le sei facce laterali equivalenti sono chiamate le facce del prisma. Facce secondarie del prisma possono essere formate lungo i piani formati dai lati delle strutture. In questo caso (foto) acqua pellicolare sulle pareti rocciose percolante nel sistema carsico, raggiunge una roccia a temperatura al di sotto del punto di congelamento producendo questa spettacolare struttura esagonale di dimensioni centimetriche. In questo caso la roccia è in condizioni di permafrost, mantenendo così permanentemente una temperatura inferiore a 0 °C.



Grotta di ghiaccio nel massiccio del Canin, FVG-Italia. Foto Renato R. Colucci  
Cave of ice in the Canin massif, FVG-Italy. Photo Renato R. Colucci

# CAMBIAMENTI CLIMATICI IN CORSO

**XV CONFERENZA ANNUALE UMFVG – 21 NOVEMBRE 2015**

- ore 09.00**     **ISCRIZIONE AL CONVEGNO**
- ore 10.00**     **APERTURA XV CONFERENZA ANNUALE**
- ore 10.30**     **FULMINI: IL PIÙ INNATURALE TRA I FENOMENI NATURALI**  
A cura di Fulvio Stel e Dario Giaiotti  
Centro Regionale di Modellistica Ambientale  
Agenzia Regionale per l'Ambiente F.V.G.  
Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia
- ore 11.00**     **LA VITE IN FRIULI VENEZIA GIULIA NEL CAMBIAMENTO CLIMATICO**  
A cura di Andrea Cicogna  
Osservatorio Meteorologico Regionale  
Agenzia Regionale per l'Ambiente F.V.G.  
Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia
- ore 11.30**     **ORIGINI E SVILUPPO DELLA VITICOLTURA**  
A cura di Giorgio Malossini  
ERSA - Agenzia regionale per lo sviluppo rurale  
Servizio fitosanitario e chimico, ricerca, sperimentazione e assistenza tecnica  
Settore viticoltura
- ore 12.00**     **EVENTI METEO SPAZIALI ESTREMI: NUOVE INDICAZIONI DAGLI STUDI CLIMATOLOGICI**  
A cura di Mauro Messerotti  
INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste e Dipartimento di Fisica  
Università degli Studi di Trieste
- ore 12.30**     **CONCLUSIONE XV CONFERENZA ANNUALE UMFVG**  
Visita guidata alle Cantine Produttori Commons e brindisi finale
- ore 13.30**     **PRANZO SOCIALE UMFVG**