



# **GELATE IN SARDEGNA - ANALISI E PREVISIONE DEI FENOMENI**

**Luigi Mariani**

**Alghero, 16 luglio 2021**

# Galileo e l'importanza di ragionare in base ai dati osservativi



**Prima metà del XVII secolo: Galileo Galilei (1564-1642) e i suoi allievi inventano i sensori** (termometro, pluviometro, evaporimetro, barometro). Nel **1657 l'Accademia del cimento** (società scientifica toscana fondata dai Medici e che per prima applicò il metodo sperimentale galileiano) intraprende monitoraggi sistematici con misure giornaliere (rete toscana: 1657 – 1667, la prima rete del mondo).



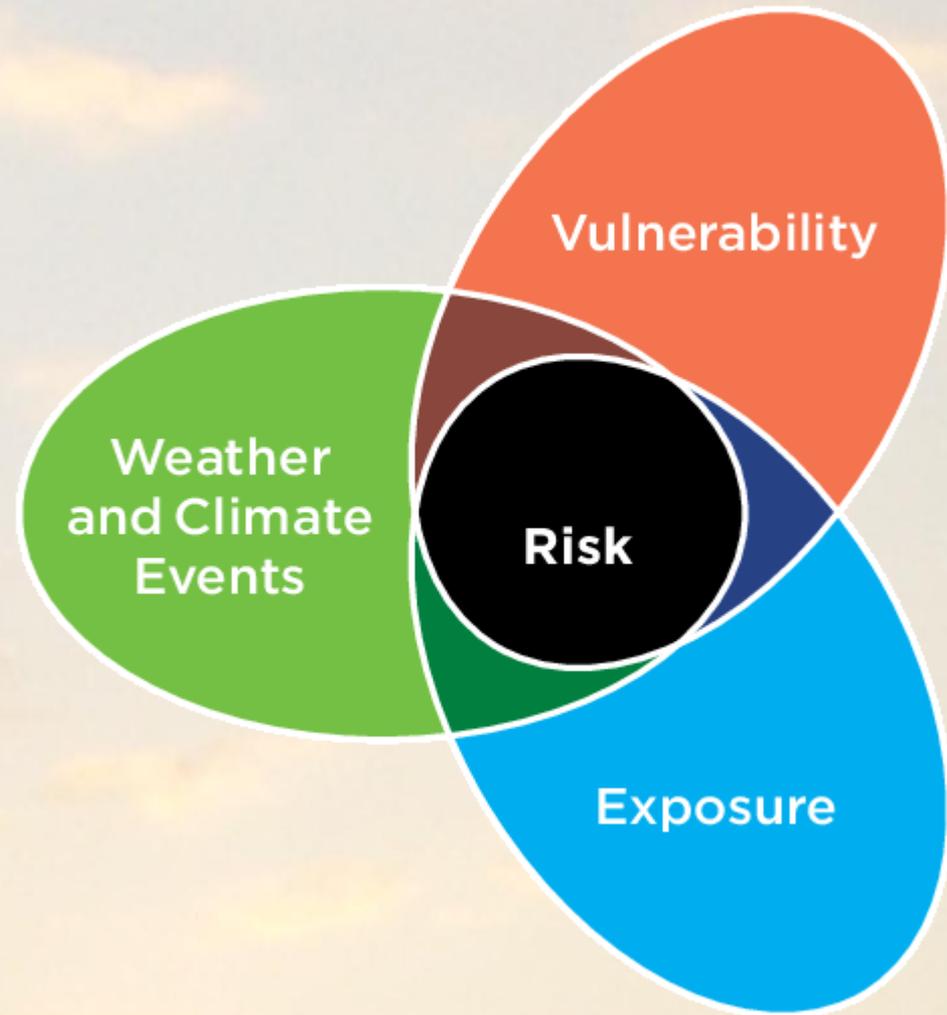
**Lettera a Pietro Dini del 21 maggio 1611:** *“i primi inventori trovarono et acquistarono le cognizioni più eccellenti delle cose naturali e divine con gli studii e contemplazioni fatte sopra **questo gradissimo libro, che essa natura continuamente tiene aperto innanzi a quelli che hanno occhi nella fronte e nel cervello**”; “occhi sulla fronte” per osservare e “occhi nel cervello” per interpretare.*

Immagini di strumenti tratte da **Lorenzo Magalotti, Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento**, In Firenze, per Giuseppe Cocchini, 1667 In 16°, pp. CCLXIX [17], ill.; 35,7x25,7 cm, Firenze, Istituto e Museo di Storia della Scienza, MED 2144, p. III

# Rischio meteorologico in agricoltura

3 elementi chiave:

- **evento** (gelo, grandine, ondate di caldo, ecc.)
- **suscettibilità** dipende dalla fase fenologica (es: vite in pieno riposo ha la soglia critica di danno a  $-15/-18^{\circ}\text{C}$ )
- **esposizione** dipende dalla presenza o meno in campo della coltura o dalla presenza di idonei sistemi di protezione (serre, tunnel, difesa antigelo, ecc.)



) FROM IPCC 2012.<sup>452</sup>

## Gelate tardive - affresco complessivo

Fenomeni complessi perché vedono all'opera molti dei meccanismi su cui si fonda il sistema climatico del pianeta e cioè:

- la **circolazione atmosferica** che trasporta orizzontalmente aria fredda da grandi distanze (avvezione sinottica)

- l'**inversione termica** come conseguenza del raffreddamento della superficie del pianeta per emissione di fotoni verso lo spazio

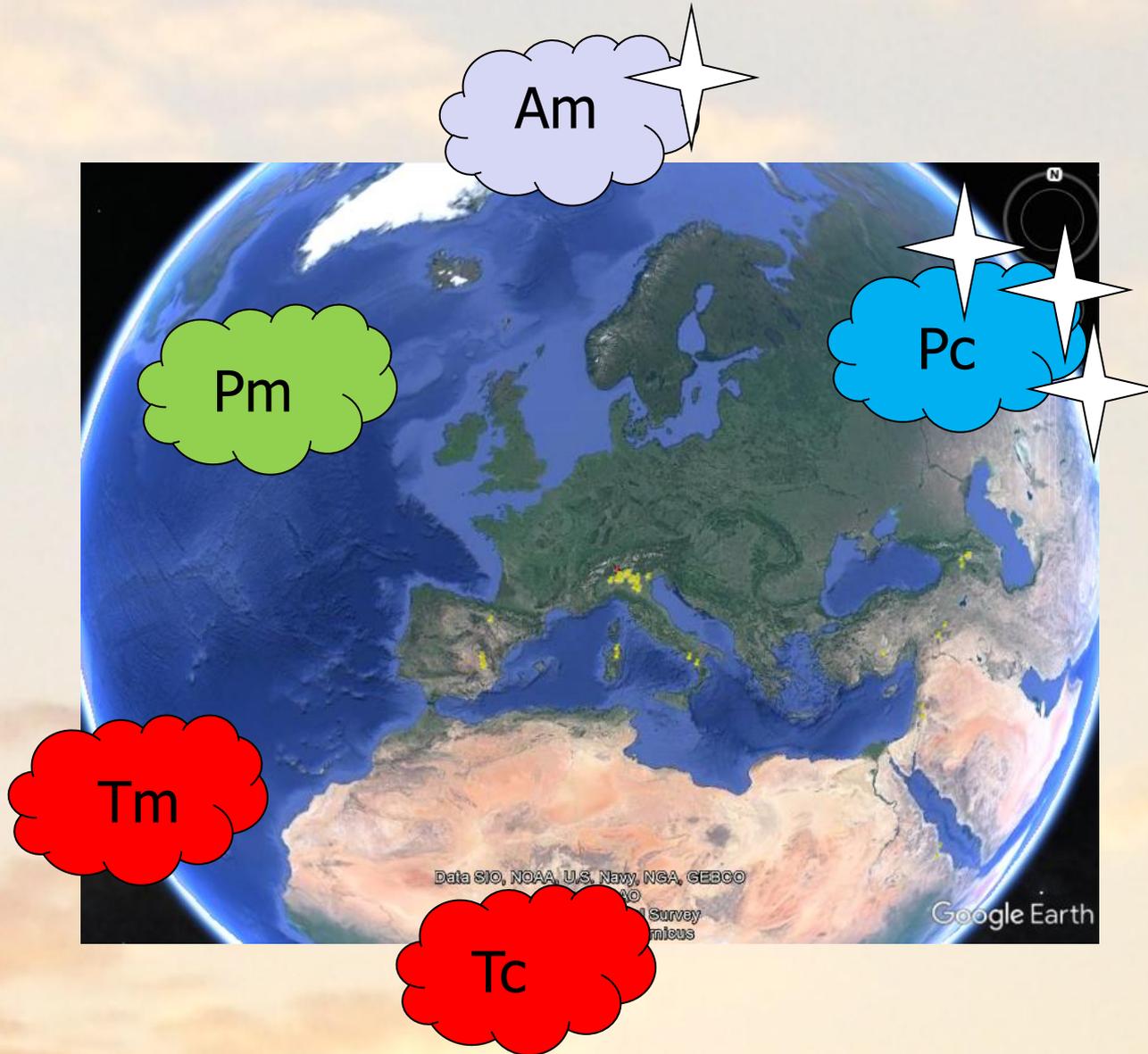
- l'**effetto serra** e cioè il contrasto al raffreddamento garantito da nubi, pulviscolo e gas serra

- il **fattore di visione del cielo** per cui se un luogo «vede» molto cielo si raffredda di più emettendo più fotoni.

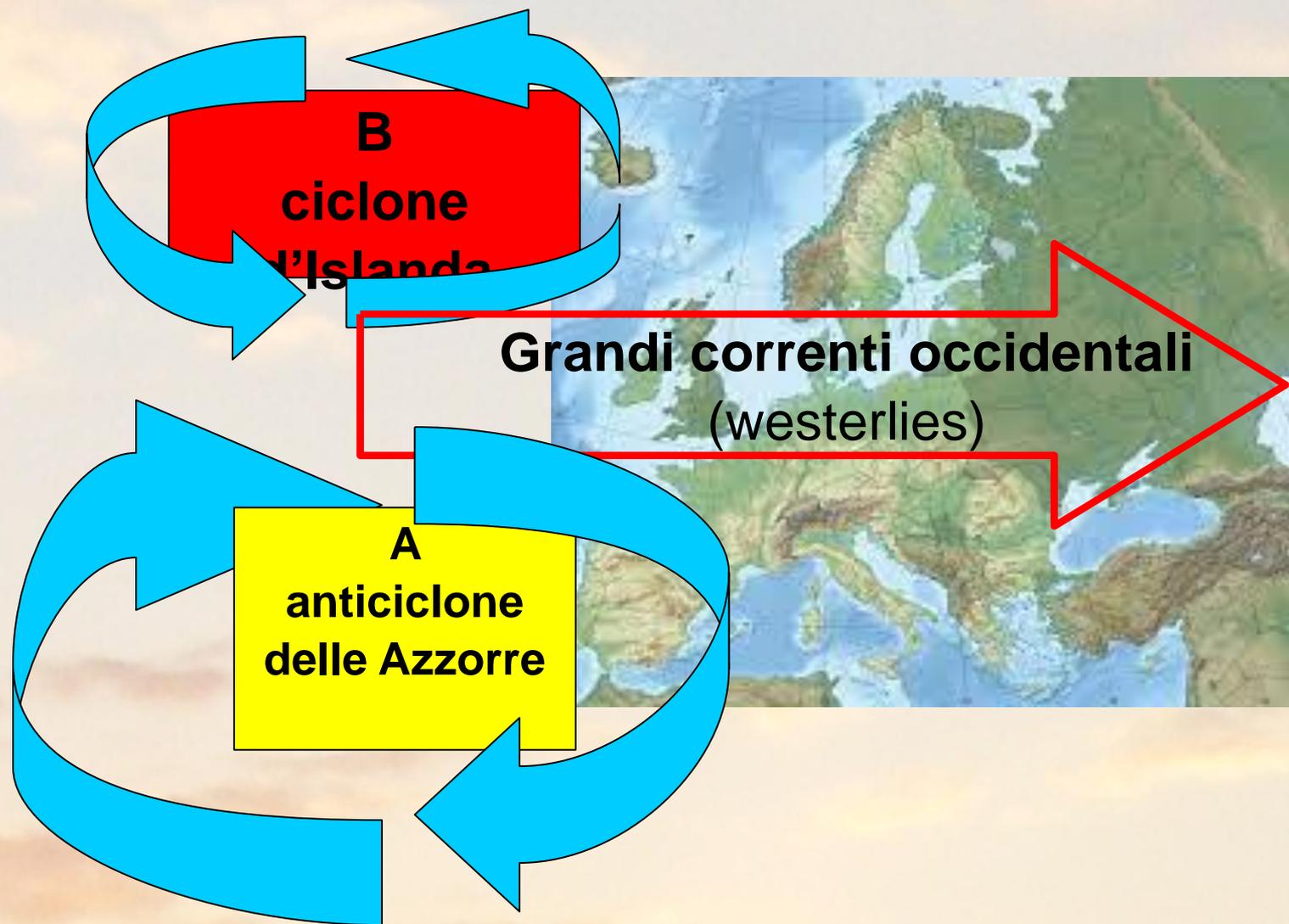
- i **laghi freddi** che si formano nei fondivalle per drenaggio dai monti di aria fredda più densa

- l'**acqua come vettore dei trasferimenti di energia** tramite i cambiamenti di stato

# Trasporto di aria fredda a grandi distanze (avvezione a macroscala)

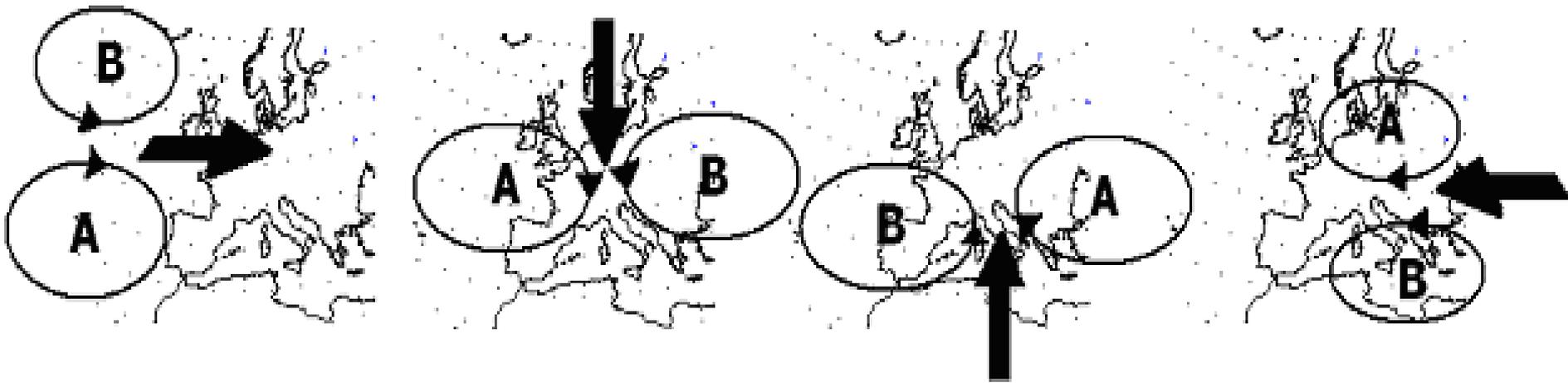


# CLIMA E CIRCOLAZIONE EURO-MEDITERRANEA



# Dal regime zonale ai regimi di blocco

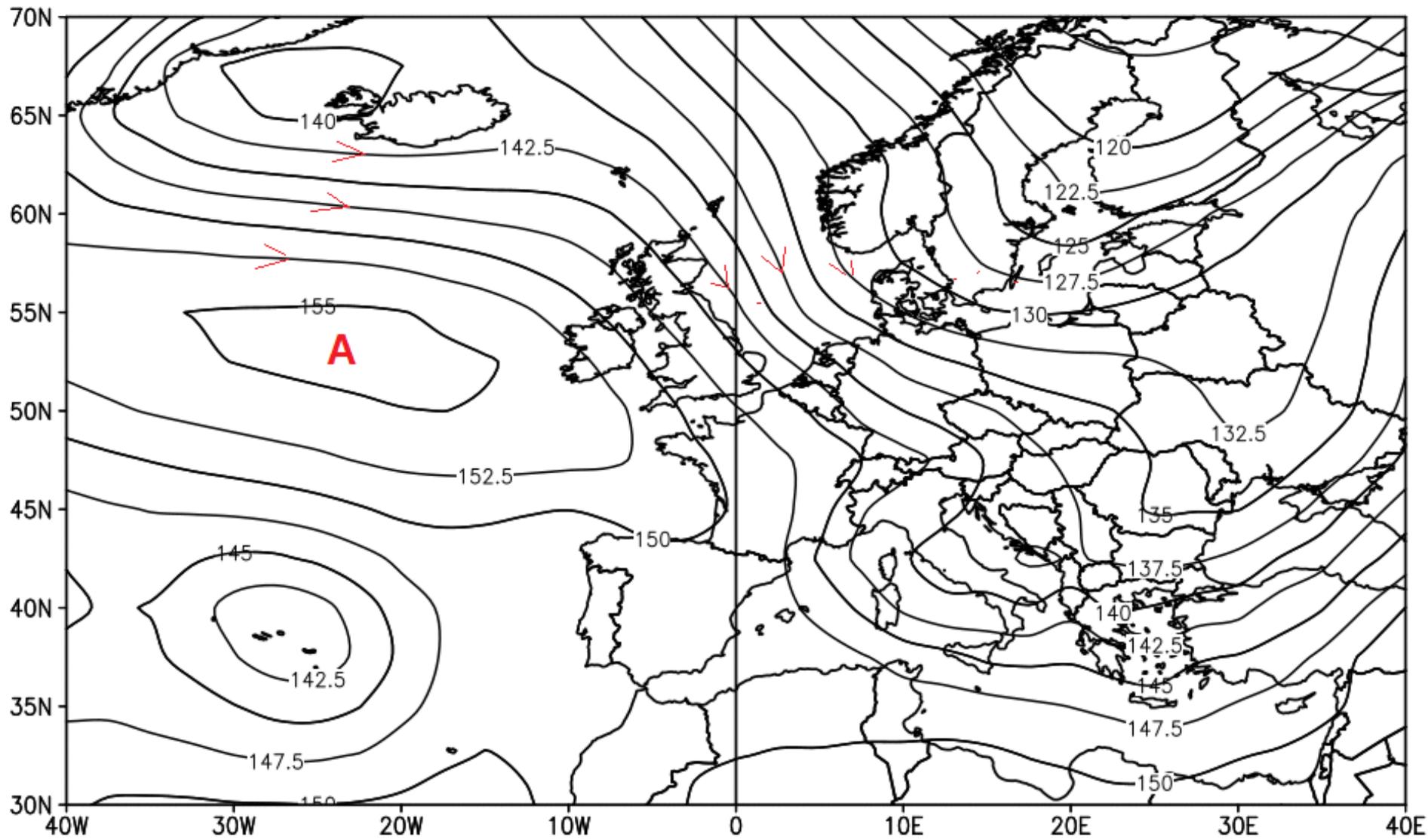
**Regimi di blocco:** grandi depressioni e grandi anticicloni posti in posizione tale da ostacolare il procedere verso est delle correnti occidentali. Qualora persistano a lungo questi regimi sono responsabili di **anomalie severe** (ondate di freddo e di caldo, siccità, fasi piovose prolungate).



Regime zonale

Regimi di blocco

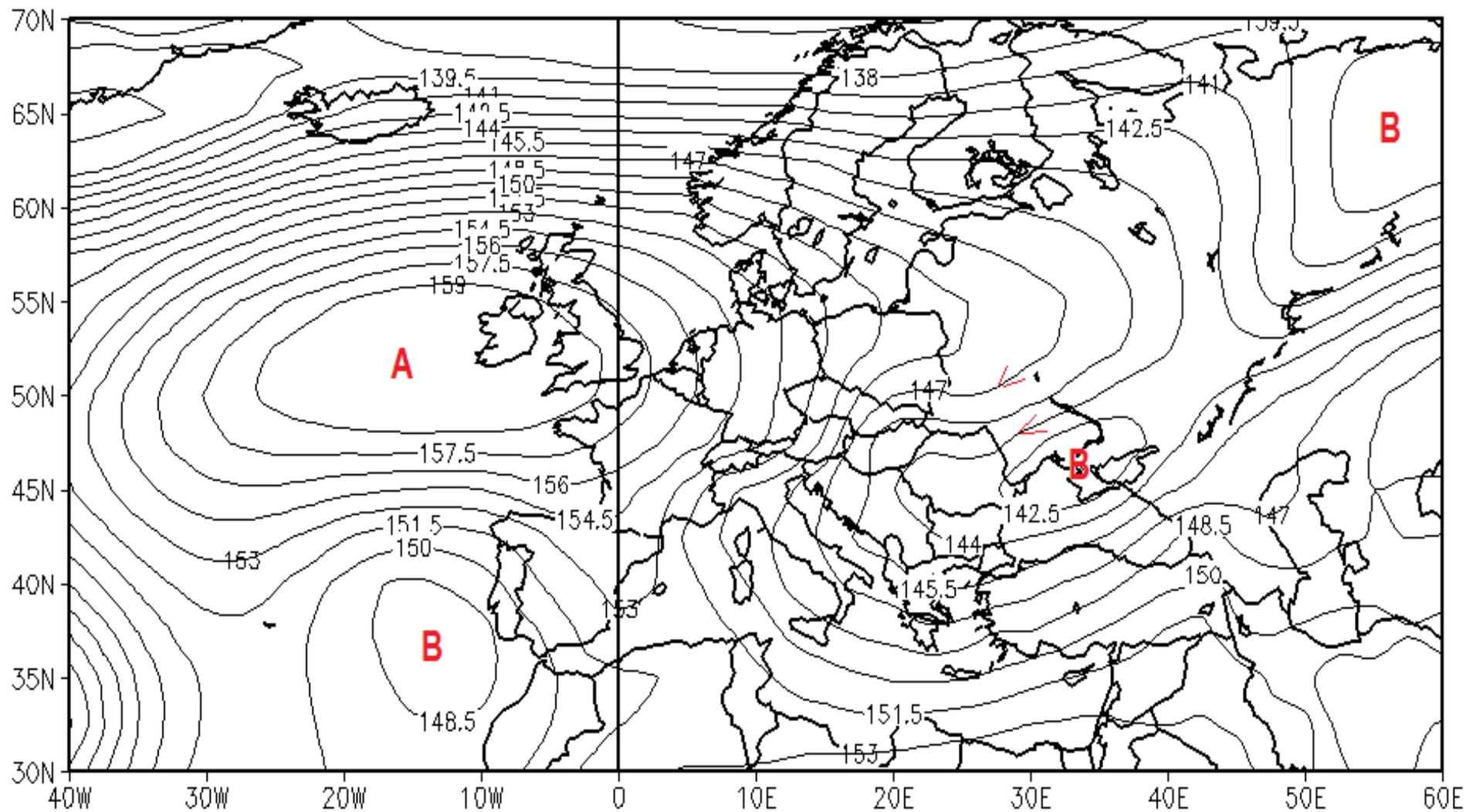
# Avvezione a macroscala ( 7-8 aprile 2021)



850mb GEOPOTENTIAL HEIGHTS (dam) 01-DAY MEAN FOR:  
Wed APR 07 2021

NCEP OPERATIONAL DATASET

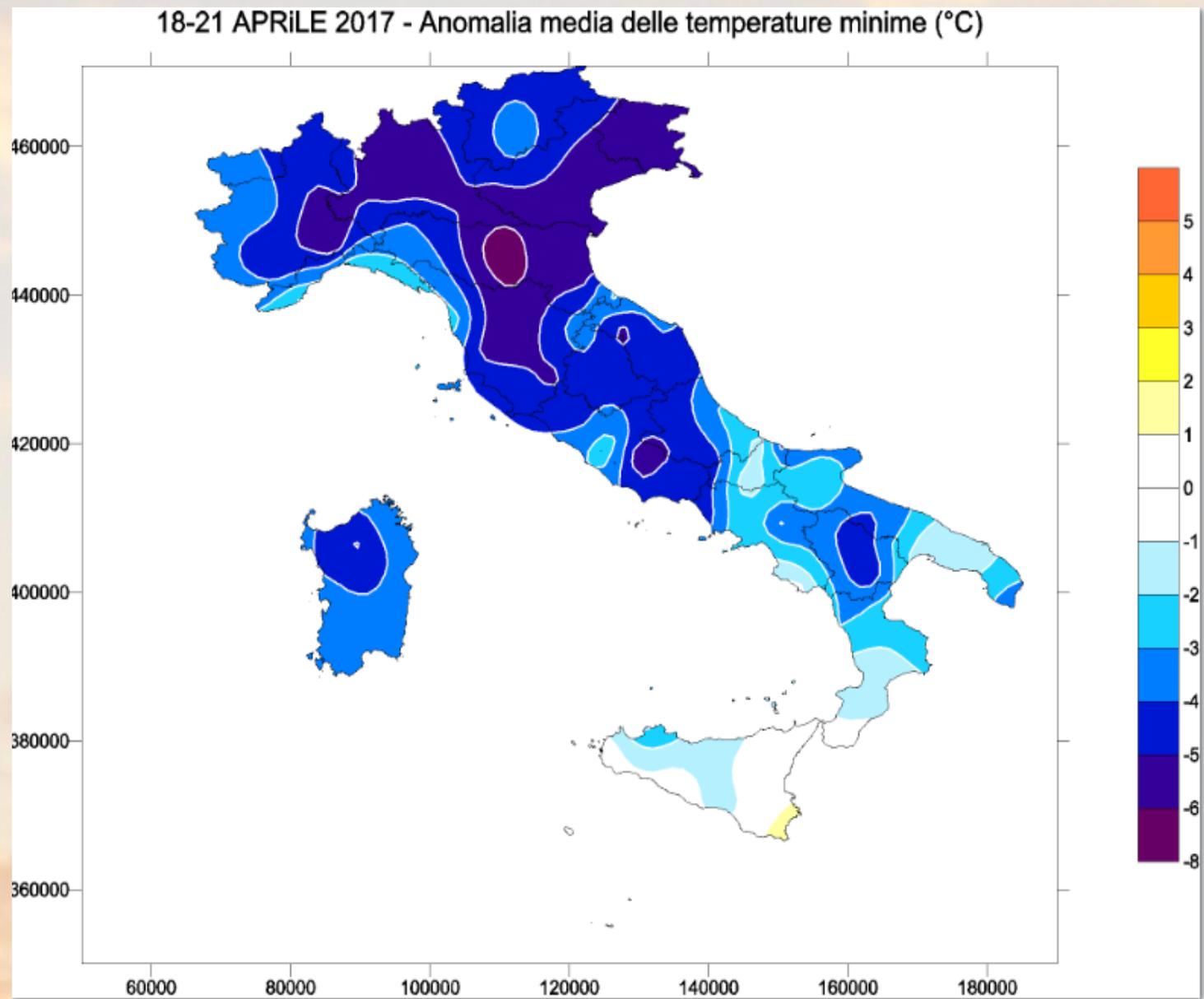
# Avvezione a macroscala (18-21 aprile 2017)



850mb GEOPOTENTIAL HEIGHTS (dam) 04-DAY MEAN FOR:  
Tue APR 18 2017 – Fri APR 21 2017

NCEP OPERATIONAL DATASET

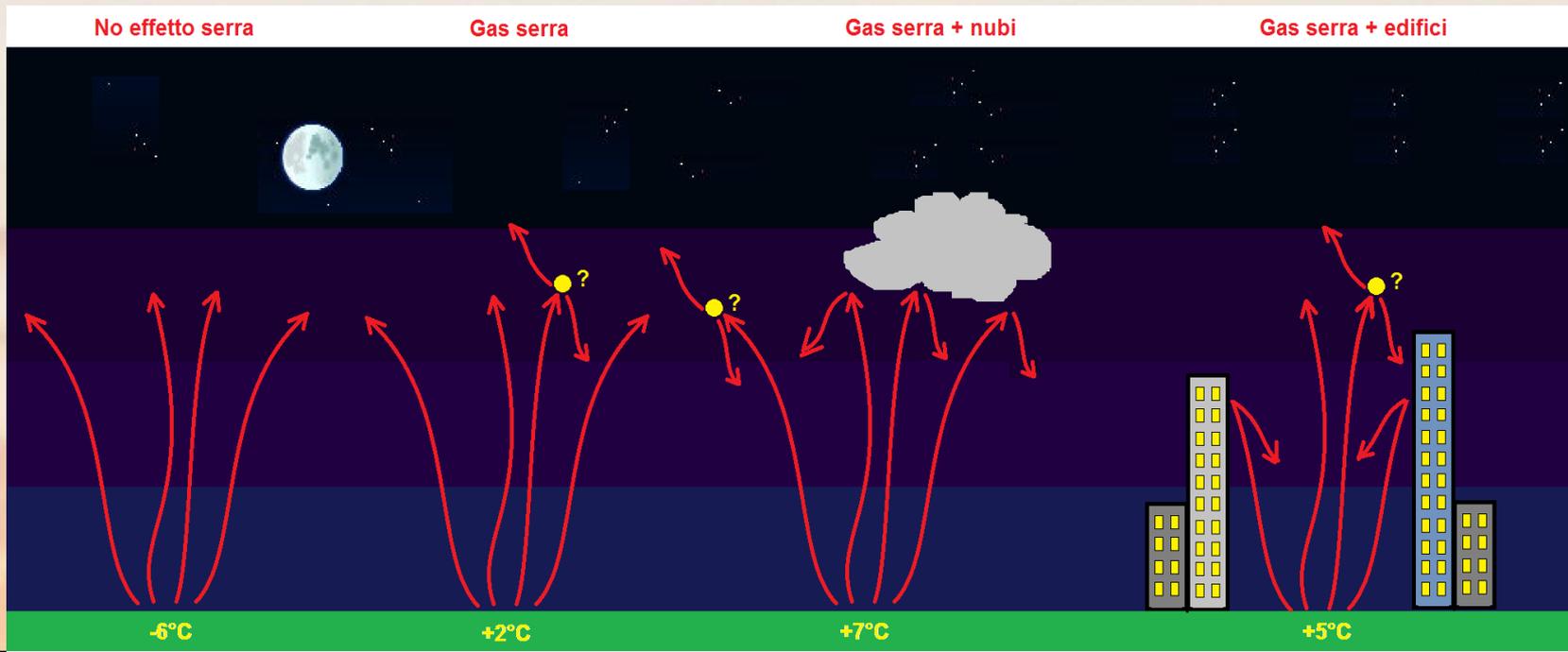
# Aprile 2017 - anomalia termica (scostamento da media 1987-2016)



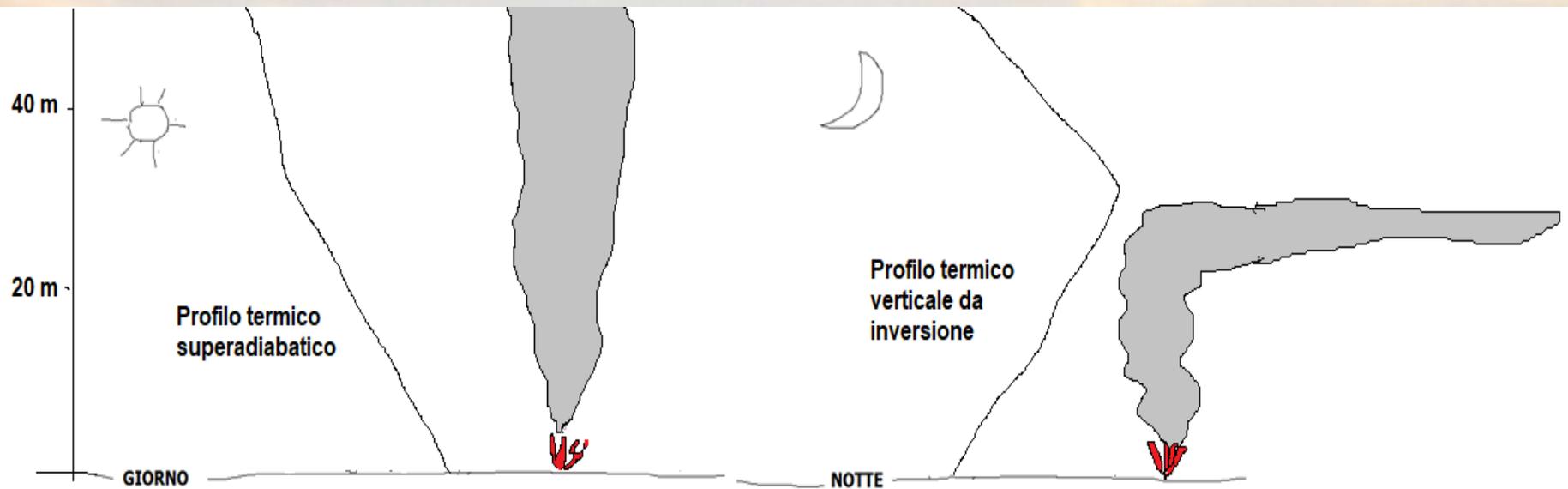
# L'effetto serra

La superficie del pianeta (suolo, piante, ecc.) si raffredda in continuo emettendo radiazione verso lo spazio (fotoni). Solo di giorno il raffreddamento è compensato dalla radiazione solare.

**Effetto serra:** contrasta il raffreddamento ed è dovuto a vapore acqueo (51%) , nubi (24%), CO<sub>2</sub> (18%) e poi metano, protossido d'azoto e aerosol (7%). Pertanto basta un aumento della nuvolosità o del vapore acqueo nei bassi strati per fermare l'irraggiamento e far regredire una gelata.



# Raffreddamento del suolo e inversione termica



Un suolo che si raffredda irraggiando fotoni verso lo spazio raffredda l'aria al suo contatto generando un profilo termico verticale caratteristico (inversione).

Traccianti della presenza dell'inversione:

- fumo di un fuoco di sterpi che arresta la sua salita
- foschie e nebbie basse (perché si formino occorrono temperature basse, sufficiente umidità e un briciolo di turbolenza)

# Fumo come tracciante delle inversioni



**INVERSIONE EVIDENZIATA DAL FUMO**  
Lochcarron (Scozia) - foto ripresa in un pomeriggio di gennaio  
[https://it.wikipedia.org/wiki/Inversione\\_termica](https://it.wikipedia.org/wiki/Inversione_termica)

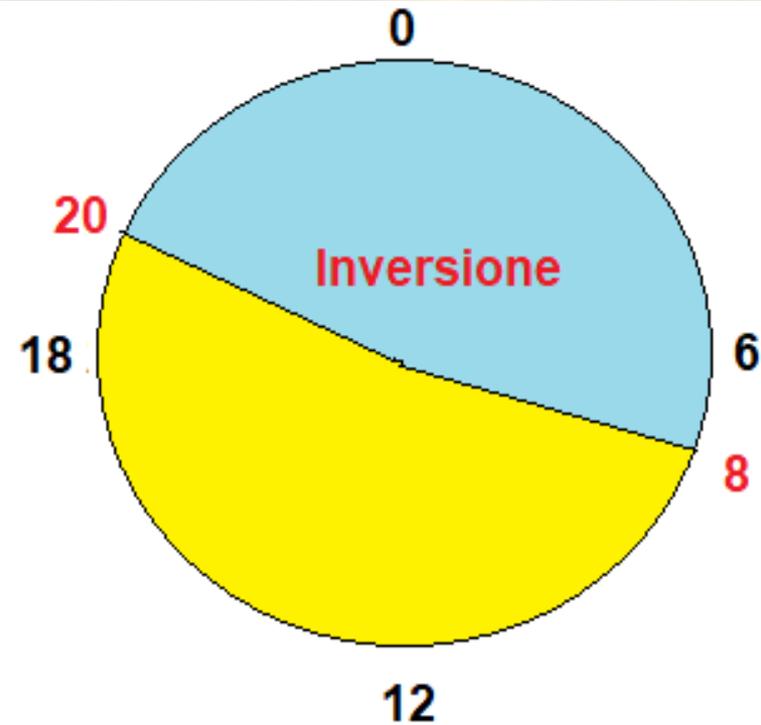
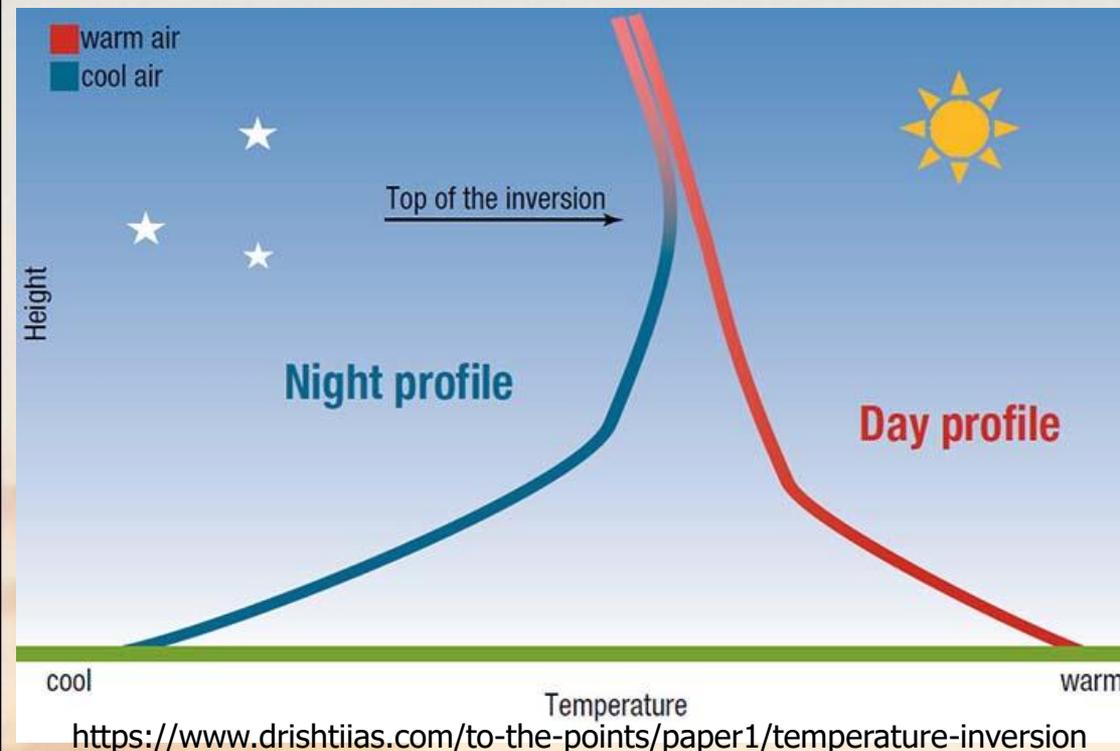
# Nebbia bassa come tracciante delle inversioni



Nebbia bassa come tracciante di un'inversione termica (University of Nebraska)

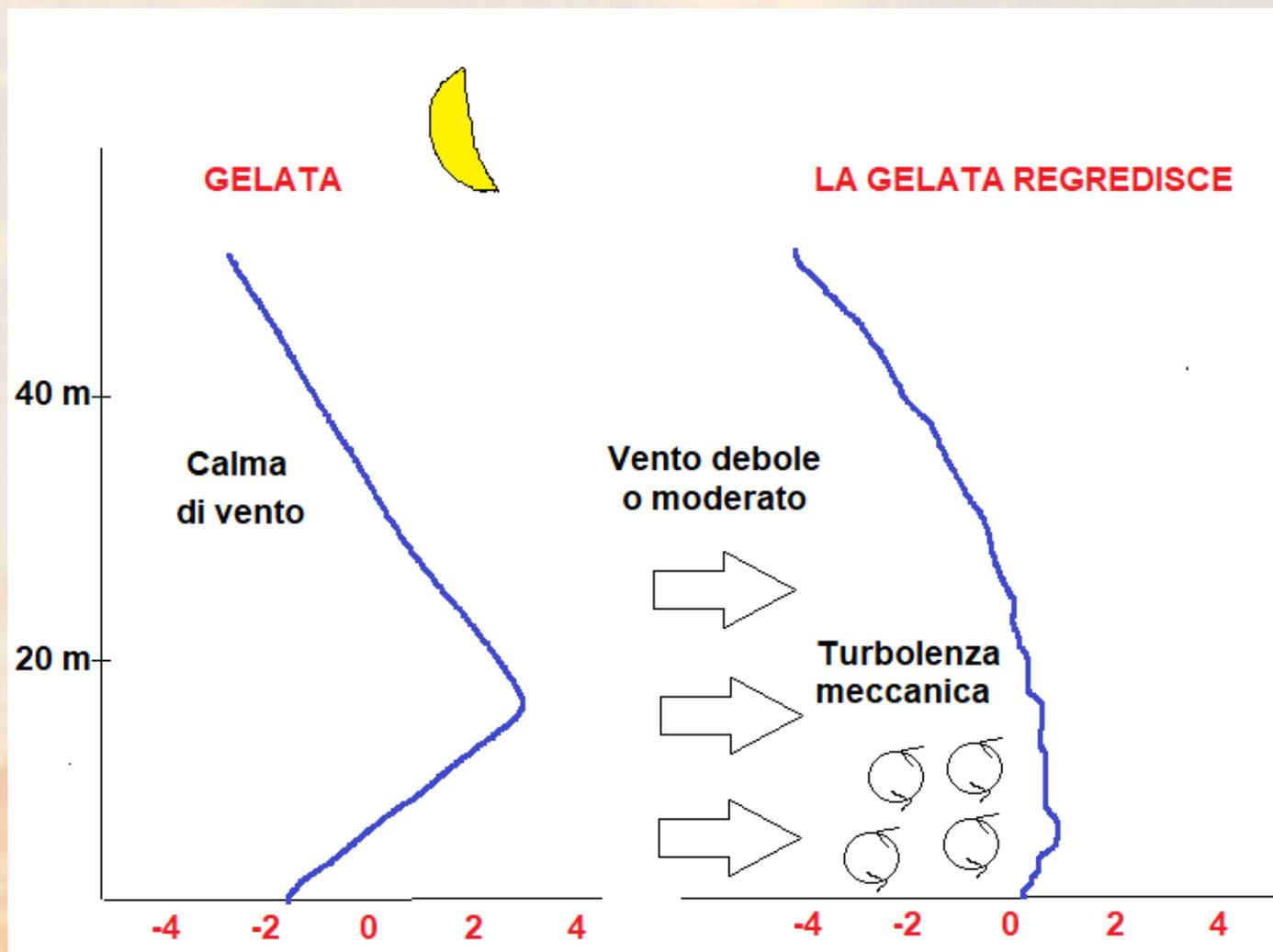
# Inversione termica– quando si verifica

In giornate con cielo sereno, tempo stabile e calma di vento l'inversione si registra in tutte le stagioni dal tardo pomeriggio a 1-2 ore dopo il sorgere del sole.



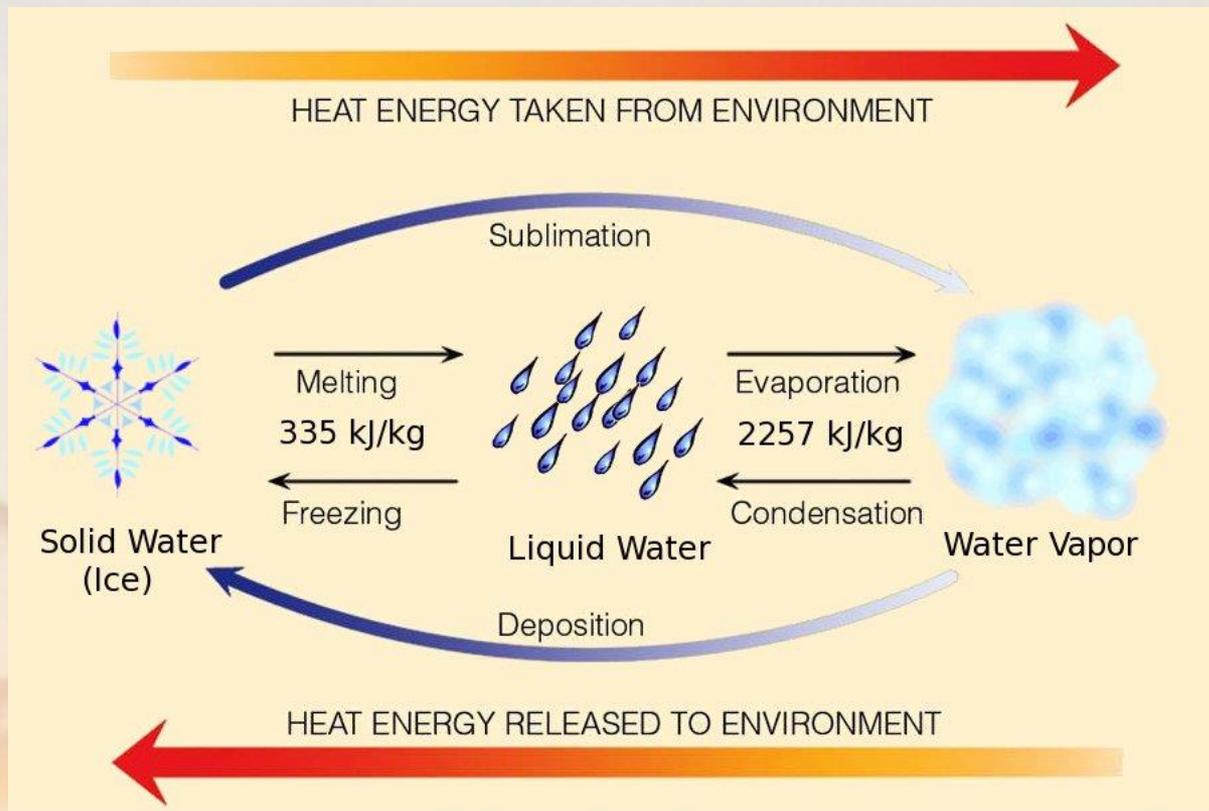
# Effetto del vento sull'inversione

Il vento tende a erodere lo strato di inversione. **Su tale principio si basa la difesa con ventilatori.**



# Cambiamenti di stato dell'acqua e trasferimenti di energia

1 g di acqua evaporando assorbe 2260 J e la stessa quantità viene emessa con la condensazione. Fondendo il ghiaccio assorbe 333 J e una analoga quantità viene emessa solidificando. Su tale principio si basano i **metodi di irrigazione antigelo**.



# Brina e gelate

I danni alle piante sono dovuti al gelo, non alla brina.

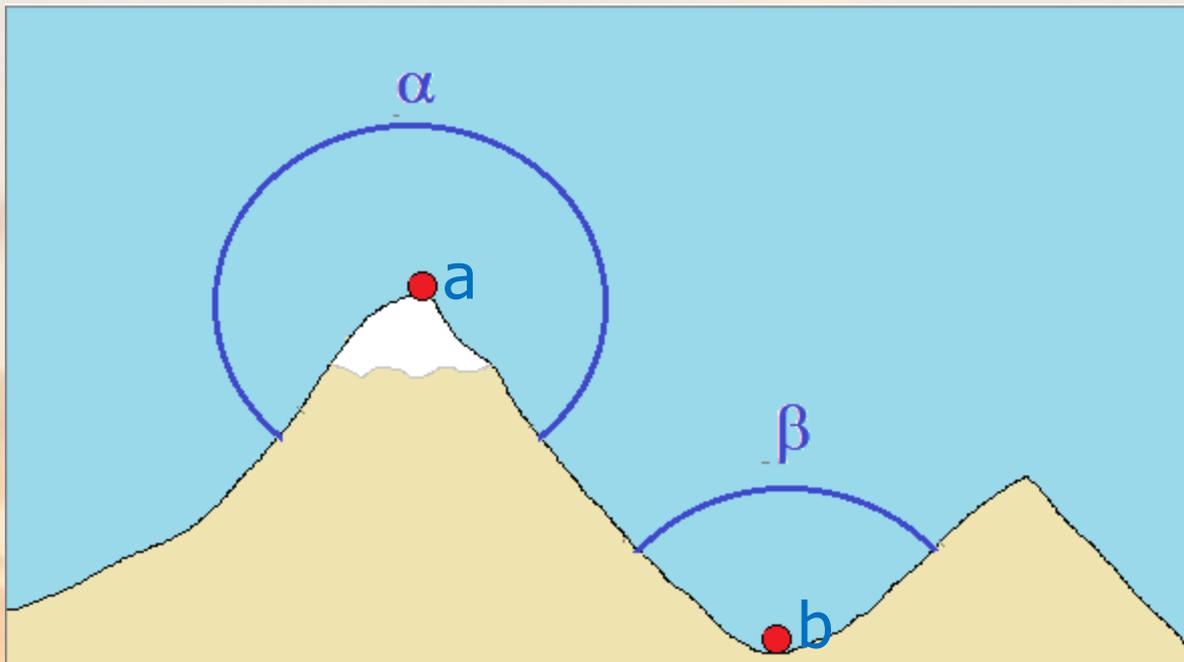
La brina è solo un indicatore della presenza di gelo (e anzi, seppur in modo poco significativo, ne attenua gli effetti liberando  $334 \text{ J/g}$  come calore latente di congelamento)



# Il fattore di visione del cielo (FVC)

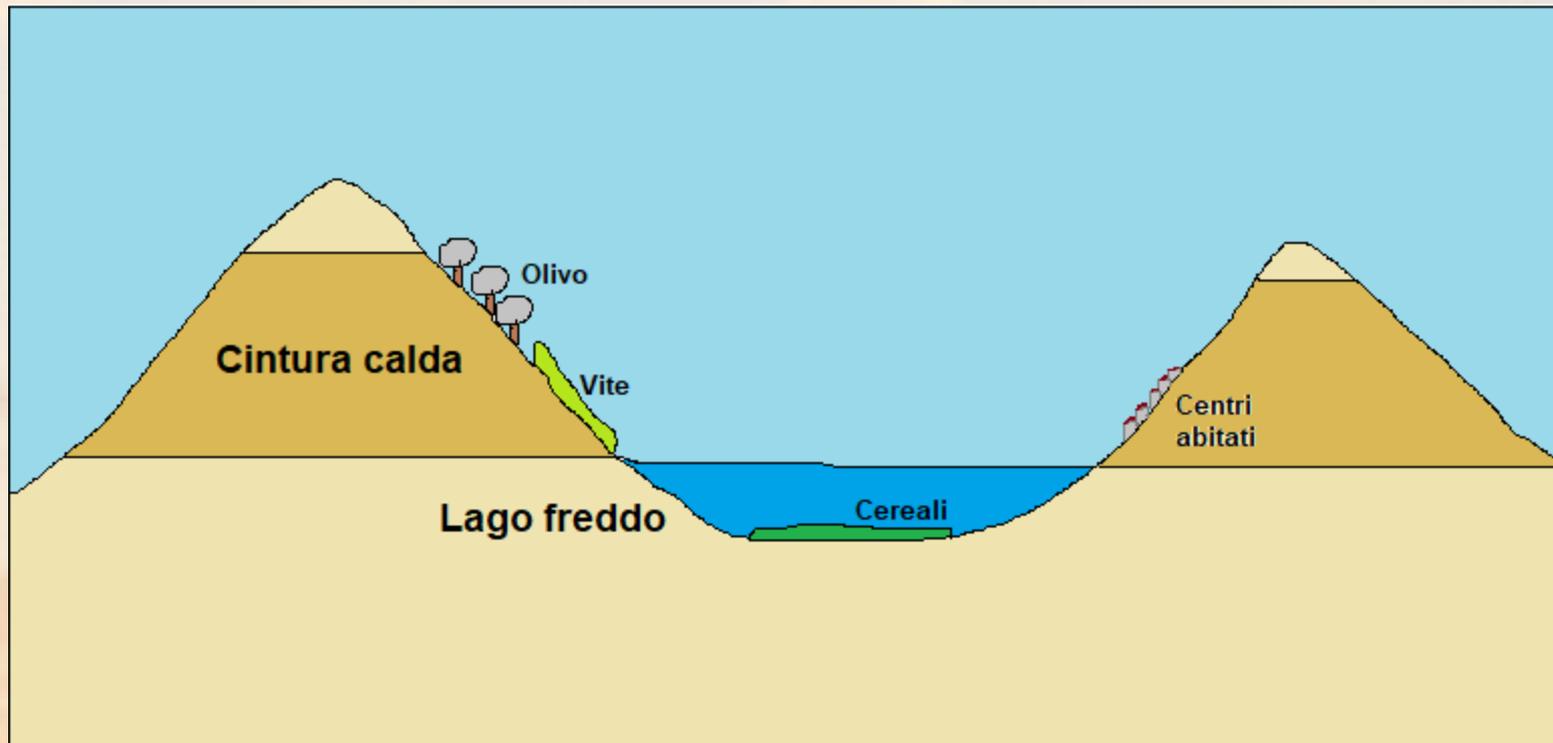
La cima di un monte (punto a) vede moltissimo cielo (FVC = angolo  $\alpha$ ) per cui perde più fotoni e dunque si raffredda molto di più rispetto a un fondovalle (punto b, FVC=angolo  $\beta$ ).

**Ma allora i fondivalle sono più protetti dalle gelate?** No, perché si raffreddano ricevendo aria fredda che “drena” dalle cime -> **pendici meno esposte alle gelate dei fondivalle.**



# I drenaggi di aria fredda e gli effetti sull'uso del suolo

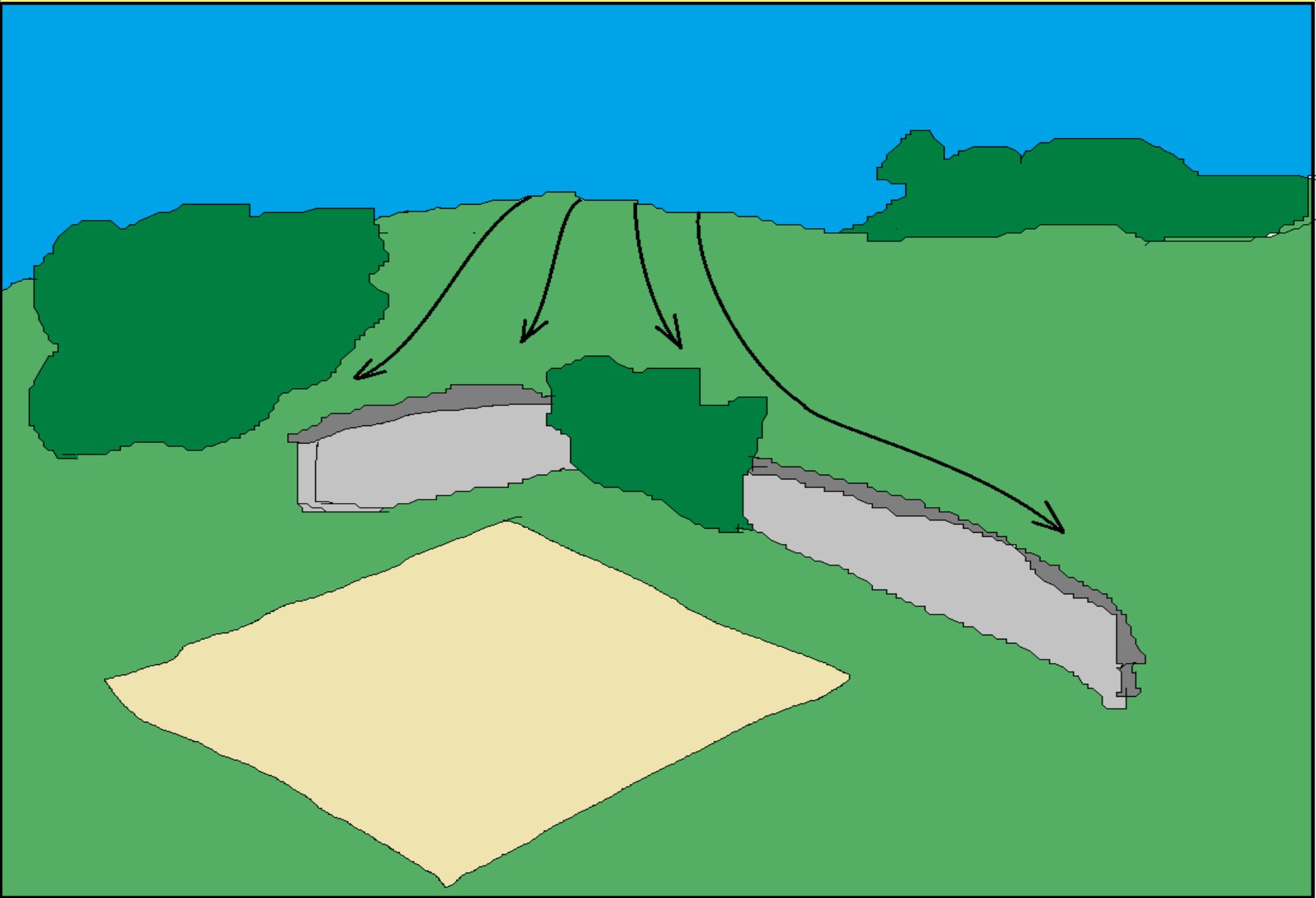
L'aria fredda è più densa, per cui quella che si forma sulle cime delle montagne scivola a valle e si accumula nei fondivalle dando luogo al "**lago freddo**" (cold lake) e ad una "**cintura calda**" (thermal belt) sulle pendici al di sopra di esso.



# Esempio di lago freddo



# Drenaggi d'aria fredda modulati dalla micromorfologia



# Effetti di microscala (2017 Franciacorta)



# Favorire l'allontanamento dell'aria fredda



Michigan State University – extension service -

[http://msue.anr.msu.edu/news/analyzing\\_and\\_improving\\_your\\_farms\\_air\\_drainage](http://msue.anr.msu.edu/news/analyzing_and_improving_your_farms_air_drainage)

# Favorire l'allontanamento dell'aria fredda

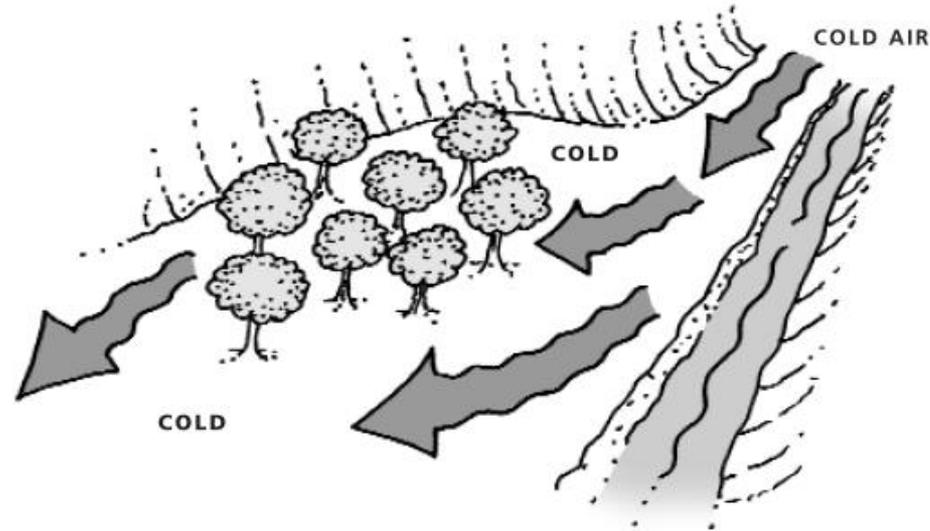


Michigan State University – extension service -

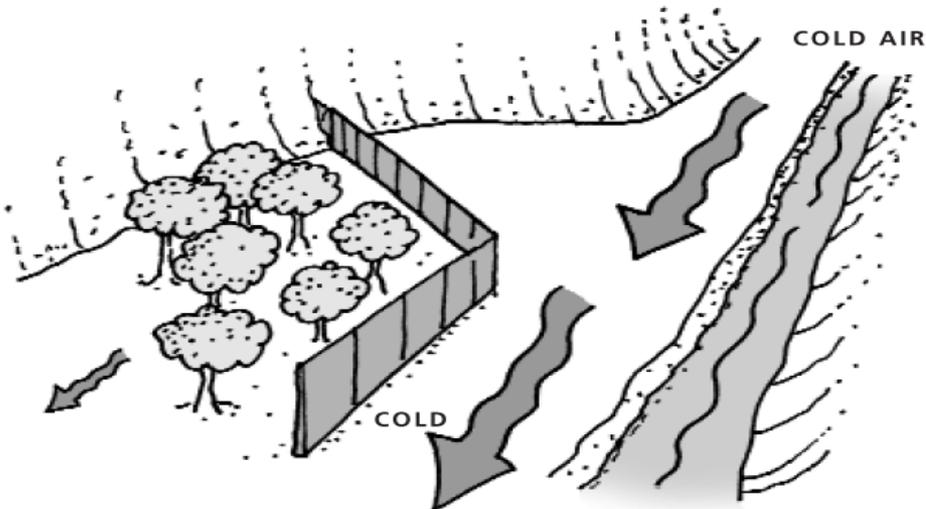
[http://msue.anr.msu.edu/news/analyzing\\_and\\_improving\\_your\\_farms\\_air\\_drainage](http://msue.anr.msu.edu/news/analyzing_and_improving_your_farms_air_drainage)

# Come difendersi dall'avvezione di aria fredda dai rilievi circostanti

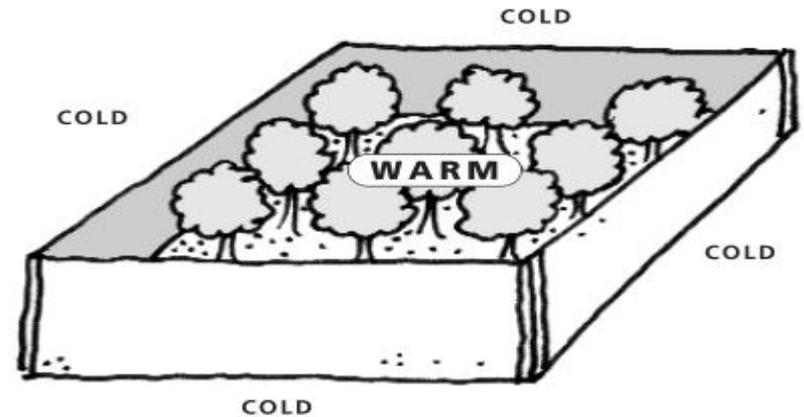
Cold Air Drainage



Divert Cold Air

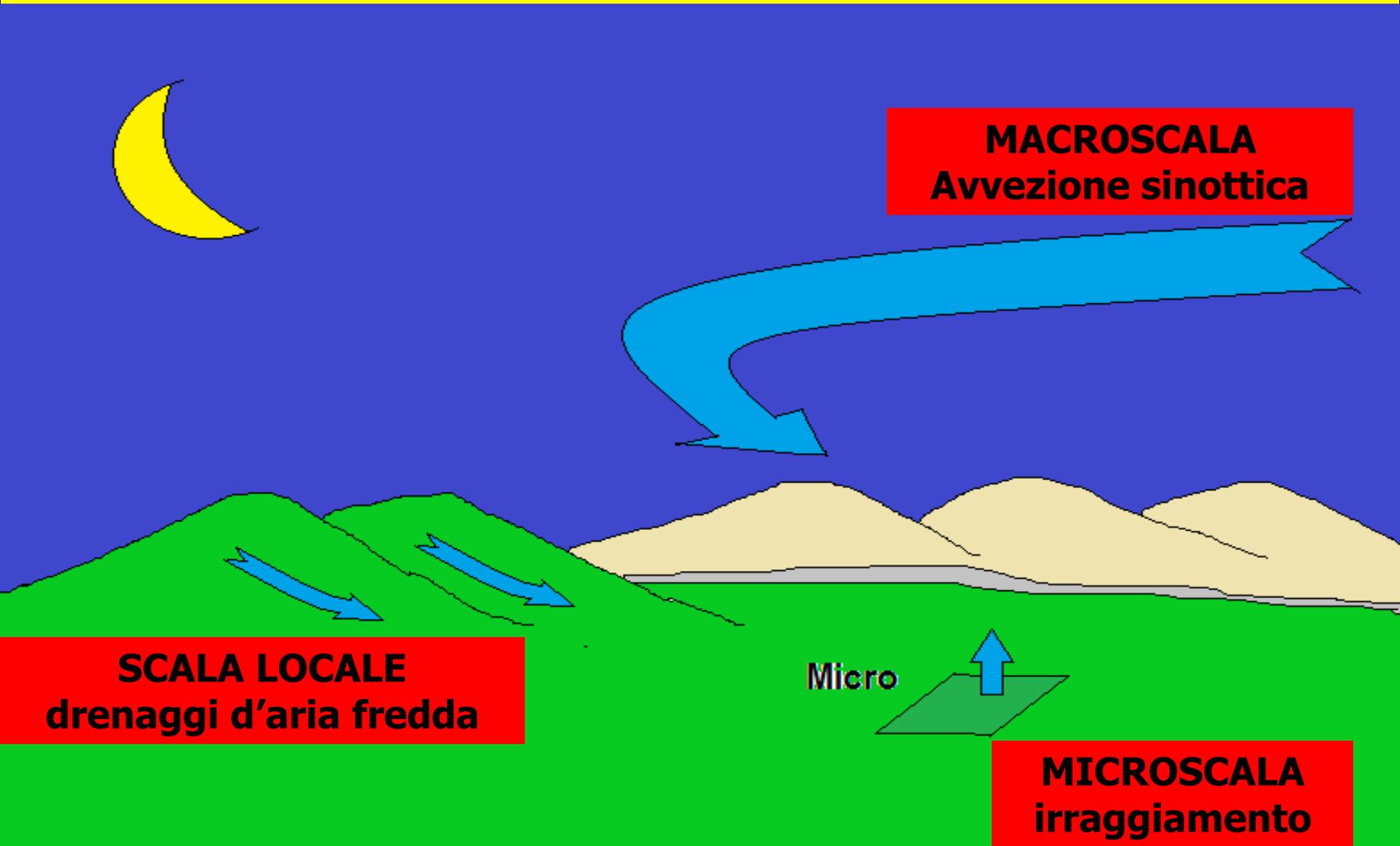


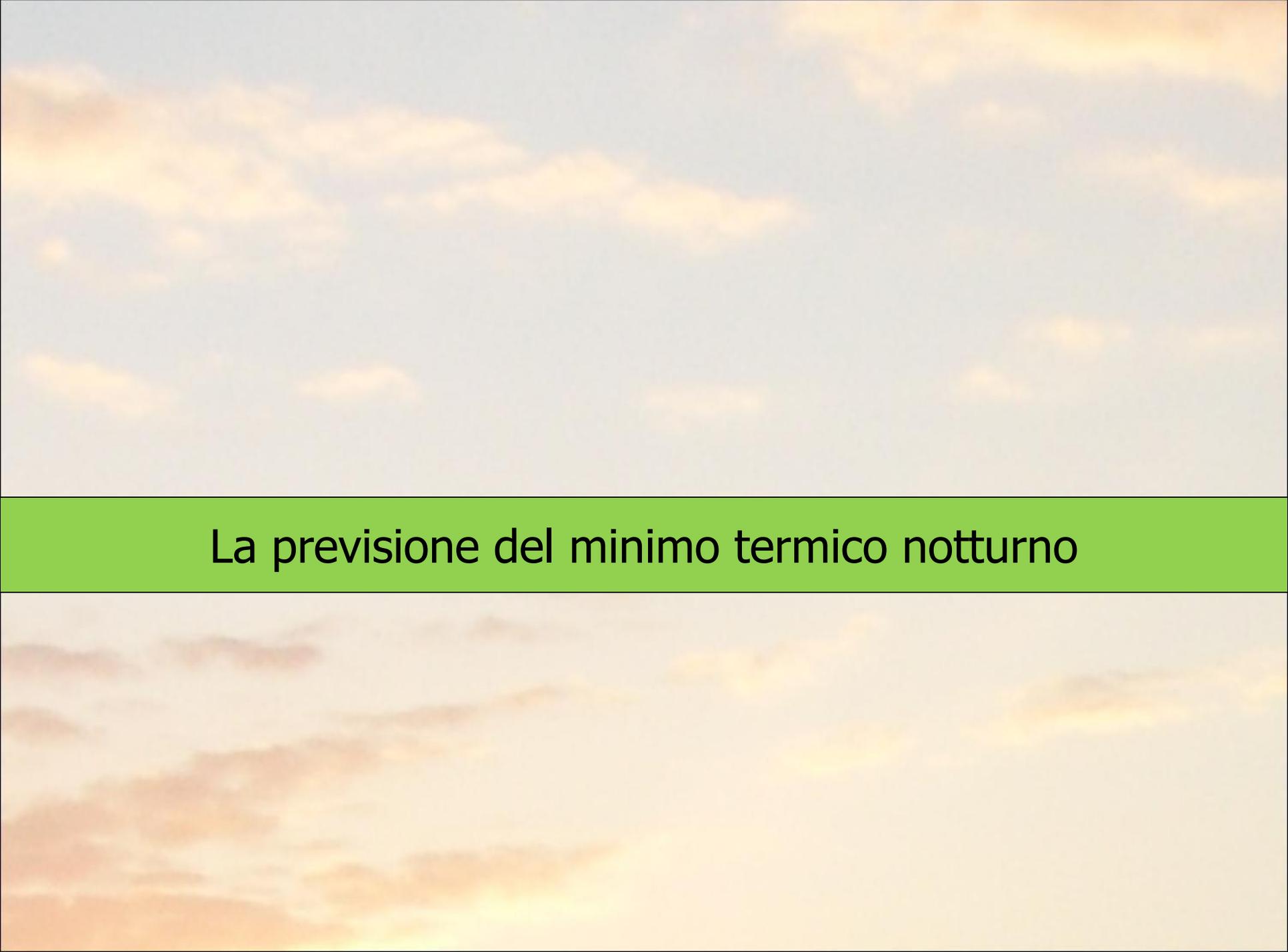
Block Out Cold



*A solid fence built around an orchard to keep out cold air.*

# Sintesi dei tre principali fattori in gioco nelle gelate tardive





## La previsione del minimo termico notturno

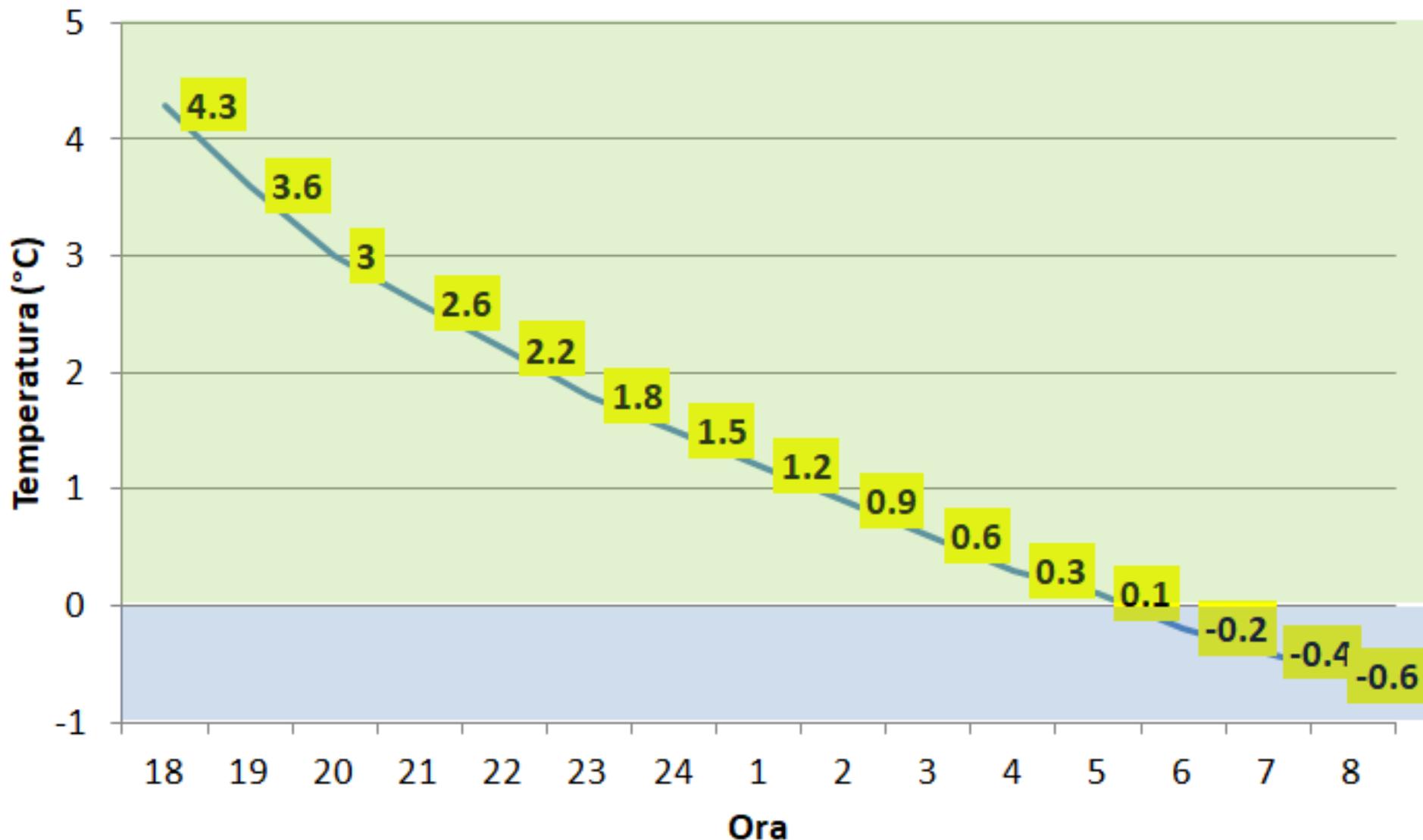
# Cenni ai modelli previsionali



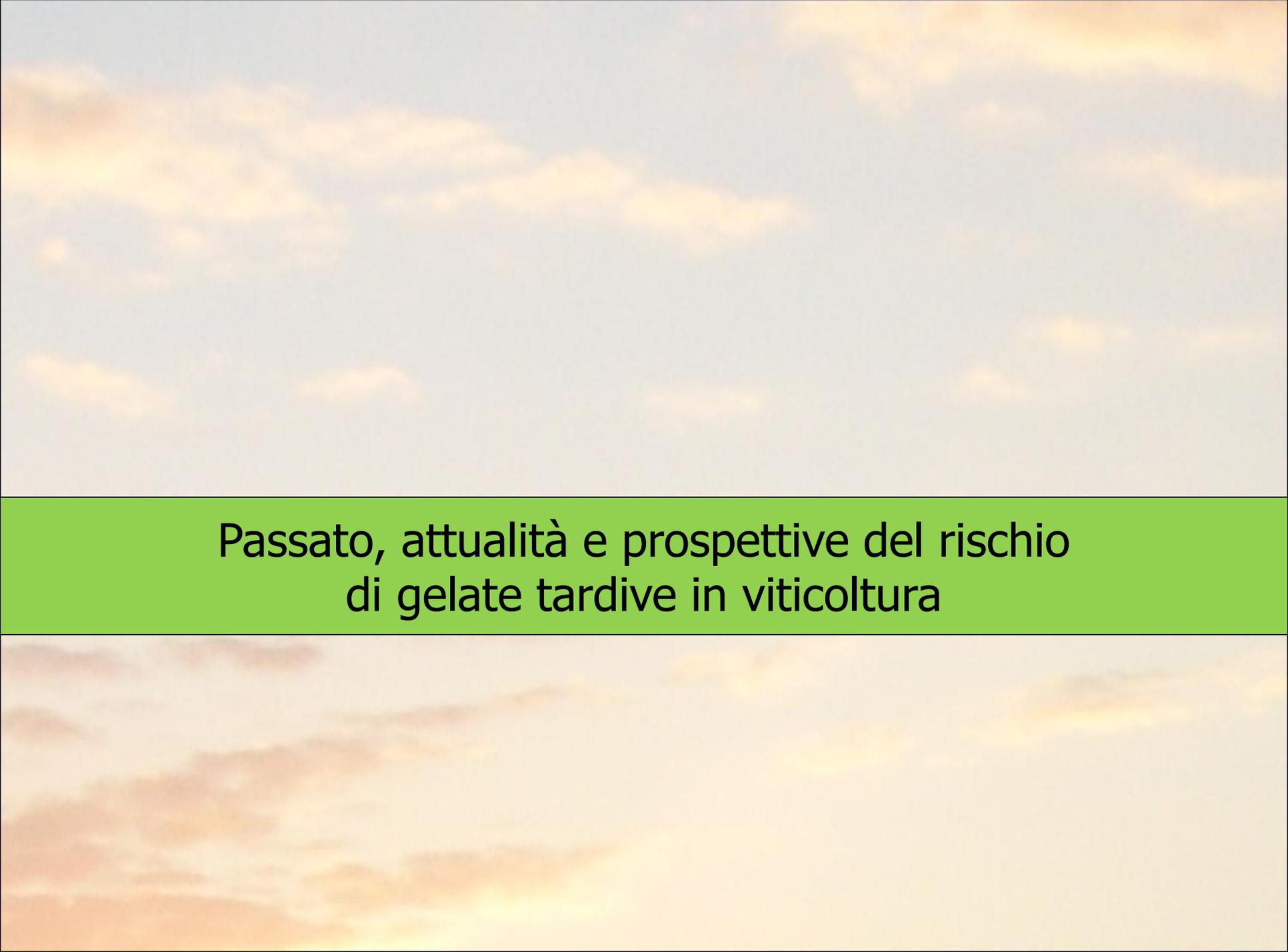
Sir David Brunt (1886-1965)  
<https://www.npg.org.uk/>

Previsione del minimo termico che serve ad es. per decidere quando attivare gli irrigatori antigelo.  
Esempio: il **modello di Brunt** esegue il calcolo della radiazione uscente netta adottando la legge di Stefan Boltmann cui sono applicate correzioni empiriche per umidità dell'aria, stato del suolo e copertura nuvolosa. Tale modello:  
- funziona per gelate da irraggiamento  
- non è l'unico esistente - es: modello di Swinbank e modelli proposti da Snyder e de Melo Abreu (2005).

## Previsione di gelata con il modello di Brunt

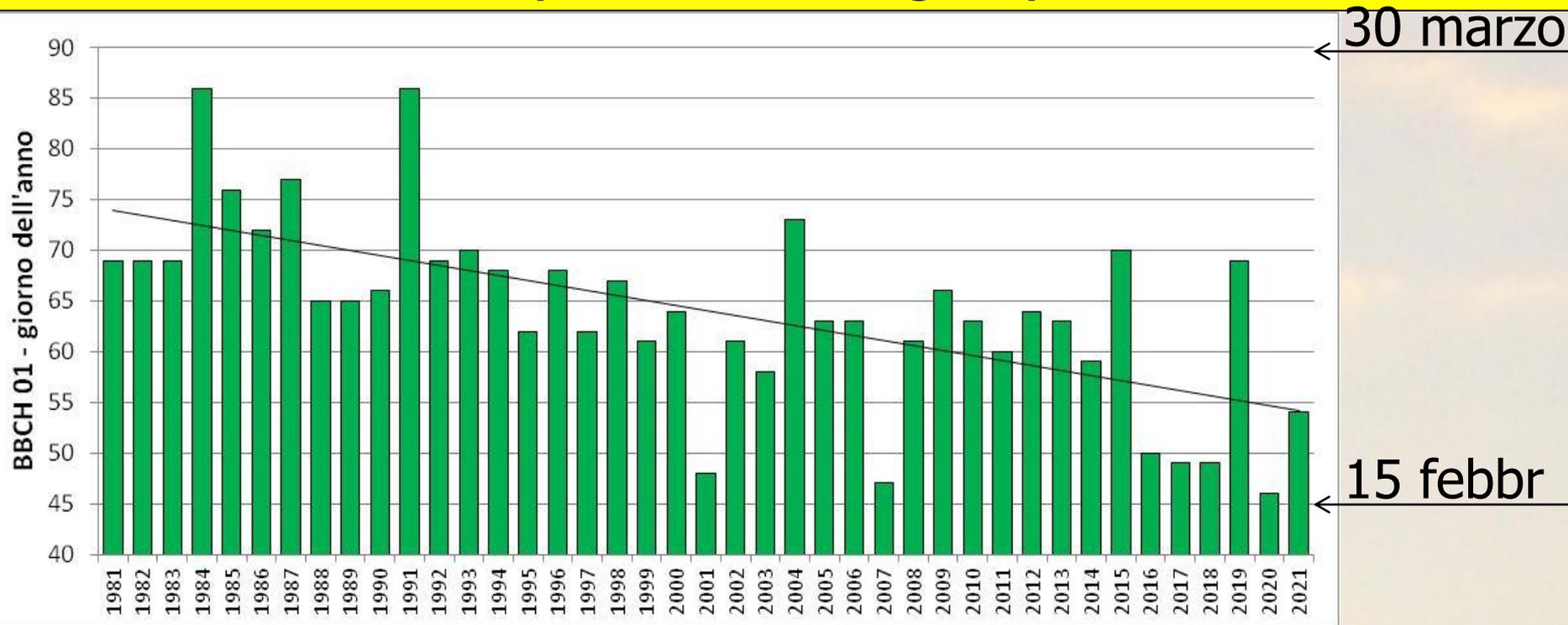


**Mese:** febbraio. **Dati al tramonto:** temperatura aria: 6°C; Umidità relativa: 57%; nuvolosità: 3/8 per cumuli; suolo bagnato



Passato, attualità e prospettive del rischio  
di gelate tardive in viticoltura

# ALGHERO - DATA INIZIO GERMOGLIAMENTO – BBCH 01 (Cabernet Sauvignon)



**Trend in calo significativo al 99%\***

Media 1973-2000: 11 marzo (giorno 70)

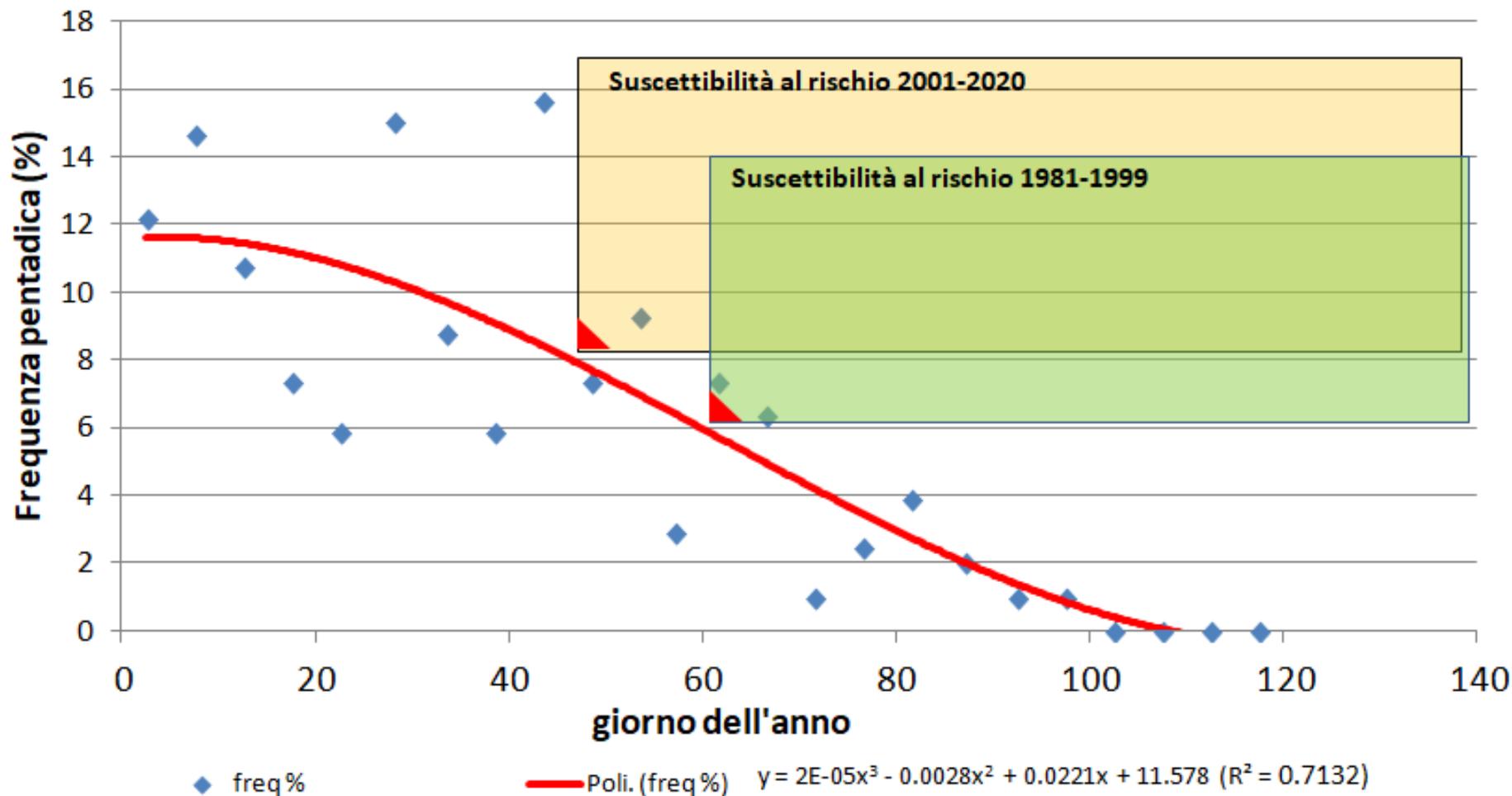
Media 2001-2021: 28 febr (giorno 59).

**Anticipo medio di 12 giorni**

(\*) Mann Kendall + test Z (Makesens)

Elaborazioni su dati GSOD

# Rischio potenziale e suscettibilità per Alghero (16520)



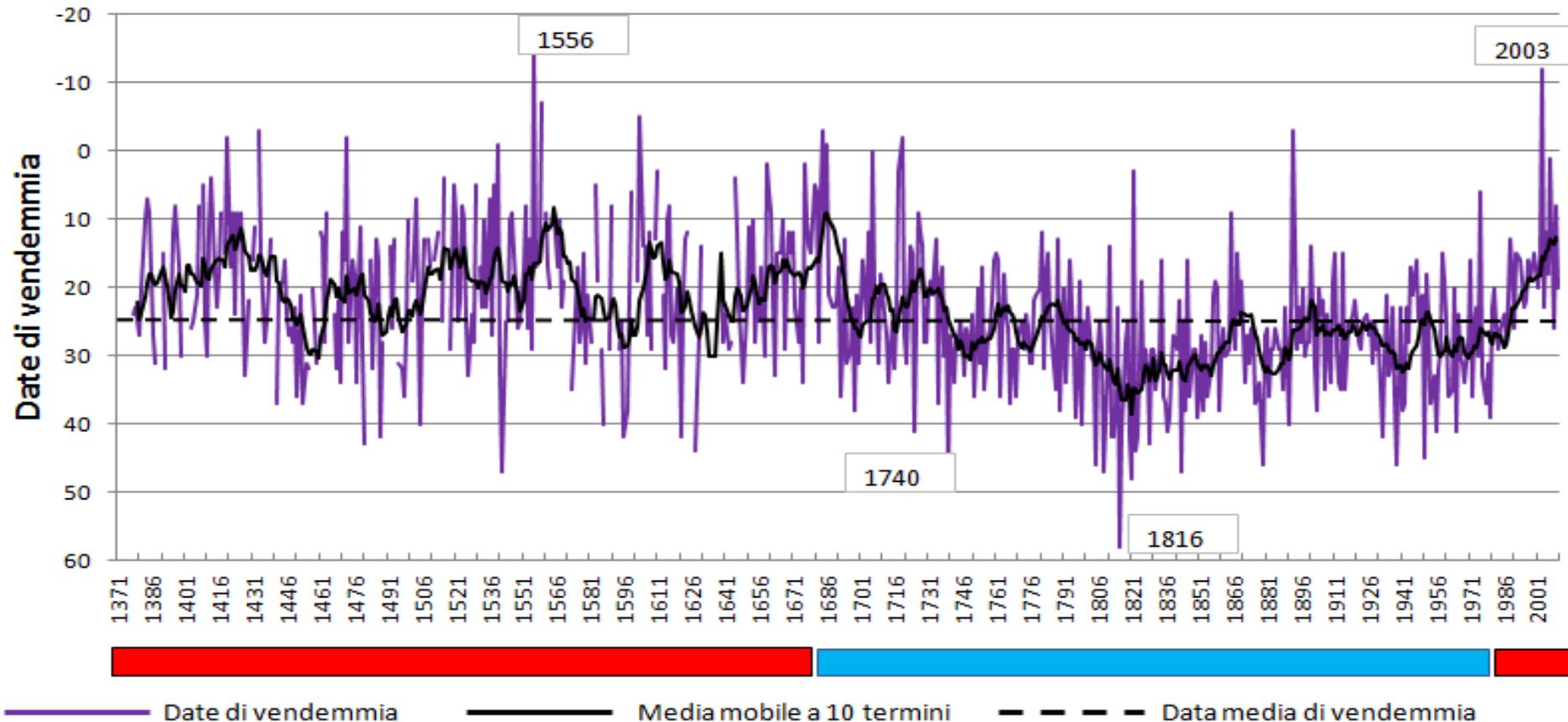
**Pentadi:** 1-5 gen, 5-10 gen, 10-5 gen, ecc.

**Frequenza pentadica:** valutata sull'intera serie (1981-2021)

Un frequenza dell'8% indica che la gelata si verifica in 8 casi su 100

# Date di vendemmia (1371-2010)

Dati per Beaune (Côte-d'Or, Borgogna) su Pinot nero



Labbé T., Gaveau F., 2013. Les dates de vendange à Beaune (1371-2010). Analyse et données d'une nouvelle série vendémiologique, *Revue historique*, n° 666, 2013/2, p. 333-367.

# Conclusioni

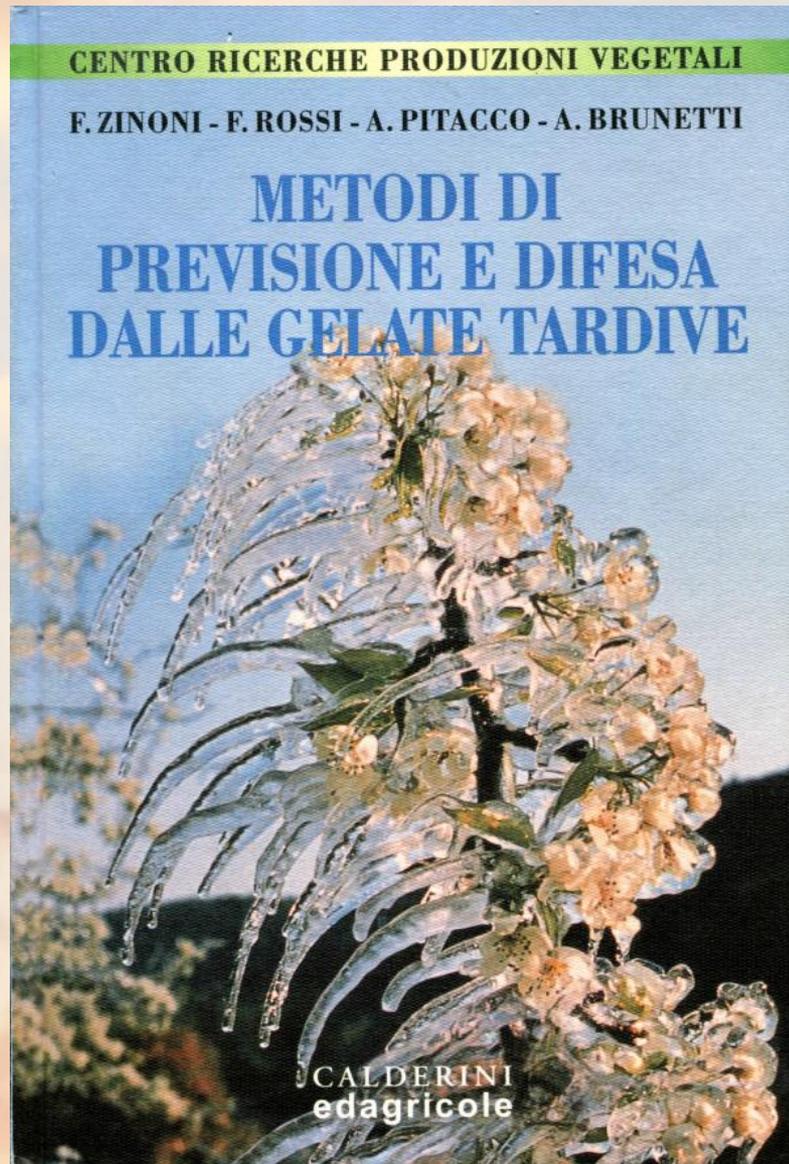
Abbiamo analizzato le gelate tardive concentrandoci su:

- **fattori d'innescio**: avvezioni sinottiche di aria fredda
- **fattori rafforzatori**: irraggiamento notturno, drenaggio di aria fredda dalle pendici
- **fattori naturali di contrasto**: copertura nuvolosa, vento che erode l'inversione, umidità elevata, ecc.

Abbiamo visto che la suscettibilità della vite è in aumento in virtù dell'anticipo fenologico.

Secondo l'illustre storico del clima Emmanuel Le Roy Ladurie la civiltà è da vedere come la millenaria lotta dell'umanità contro la dittatura del clima. Le gelate tardive sono un **fattore di rischio emergente** per l'attività viticola e devono essere contrastate tramite idonee misure di adattamento.

# Per approfondimenti



## **Frost Protection: fundamentals, practice and economics**

Volume ①

**Richard L Snyder**

University of California, Atmospheric Science,  
Department of Land, Air and Water Resources - Davis, California, USA

**J. Paulo de Melo-Abreu**

Technical University of Lisbon, Instituto Superior de Agronomia (ISA)  
Departamento de Ciências do Ambiente  
Apartado 3381, 1305-905 Lisboa, Portugal

10

ENVIRONMENT AND NATURAL RESOURCES SERIES [ASSESSMENT AND MONITORING] GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE  
2-SPATIAL DATA AND INFORMATION ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

<http://www.fao.org/3/y7223e/y7223e00.htm>



Vendemmia e pigiatura nel calendario del mese di Ottobre 1604 di Johann Willenberg (da Brazdil R. et al 2008)