



Mauro.valt@gmail.com

# meteo e neve al suolo

di mauro valt



# Neve

Station code: MORN2

Station type: AWS\_SNOW

Station name: Monti Alti Di Ornella Cae

Elevation: 2227 m a.s.l.

Charts

Stratigraphies

Tables

Aspect

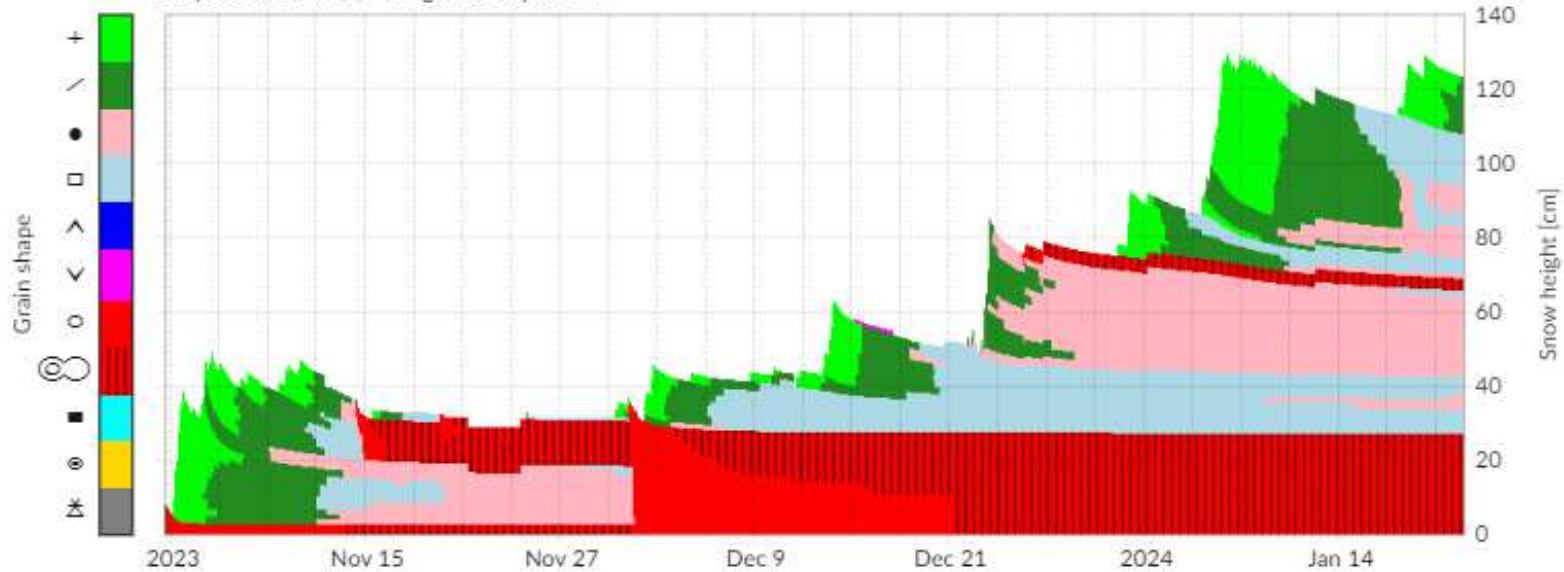
Main

Time period

Current season

1/10/2023 - 21/1/2024

Monti Alti Di Ornella Cae (46.4765° N 11.8859° E), 2227m  
Slope: 0°, Azimuth: 0°, Avg. timestep: 60 min



# Quindi, quando la neve arriva al suolo ...

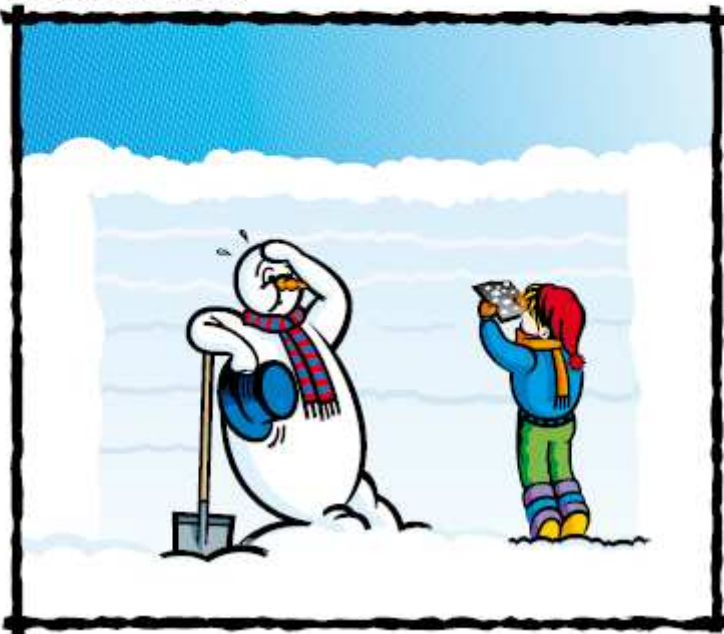
- La neve è soggetta a continui mutamenti a causa della sua temperatura prossima al punto di fusione.
- Per METAMORFISMO si intende la trasformazione della neve governata da precise leggi e grandezze termodinamiche
- Del controllo dei processi sono responsabili soprattutto le seguenti leggi fisiche:
  - Tendenza dei cristalli ad assumere minor superficie esterna;
  - Le condizioni della pressione di vapor acqueo
  - Il trasporto di vapore per diffusione
  - Il bilancio energetico

meteorologiche,

Dopo una caduta movimentata, non appena depositato, il cristallo (che ormai si chiama grano) subisce ulteriori trasformazioni dette **metamorfismi**,

Essi proseguiranno fino alla fusione primaverile, a meno che, i grani caduti ad altitudini elevate, non diventino "neve perenne",

A seconda dell'umidità del manto nevoso e delle temperature, possono prodursi due tipi di **trasformazioni**.



## I metamorfismi della neve asciutta



## Il metamorfismo della neve umida



# Metamorfismo della neve asciutta



**Primo caso:**  
basso gradiente  
di temperatura

# Metamorfismo della neve asciutta

## Primo caso

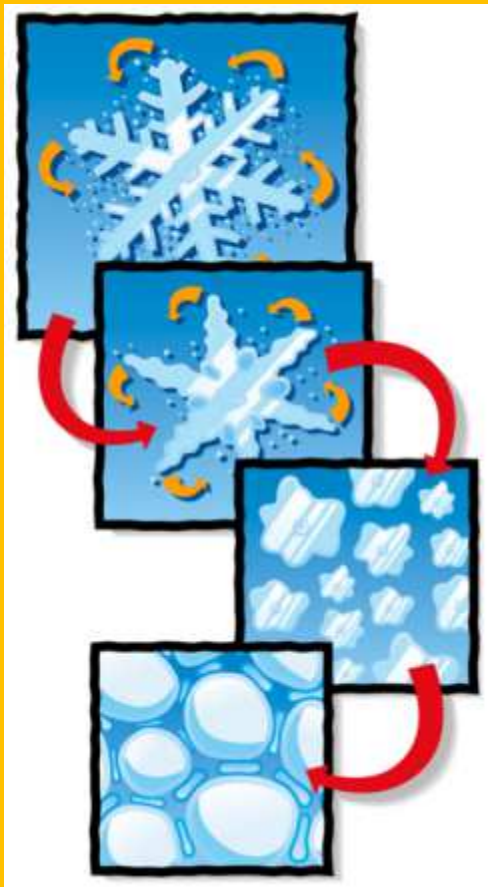
Questo metamorfismo si produce quando la variazione di temperatura nel manto nevoso è debole. I grani di neve si arrotondano. Le parti sporgenti si smussano trasformandosi in vapore che sublima nelle parti concave. Si ottengono **grani arrotondati** (simbolo ●), con diametro intorno a 0,5 mm, che si saldano tra loro attraverso ponti di ghiaccio.

Questo metamorfismo provoca l'assettamento e la coesione della neve. Il manto nevoso si stabilizza. Sulle piste, dopo il passaggio di mezzi battipista, si ottiene una neve molto compatta.



**Primo caso:**  
basso gradiente  
di temperatura

# Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura

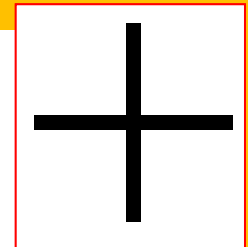
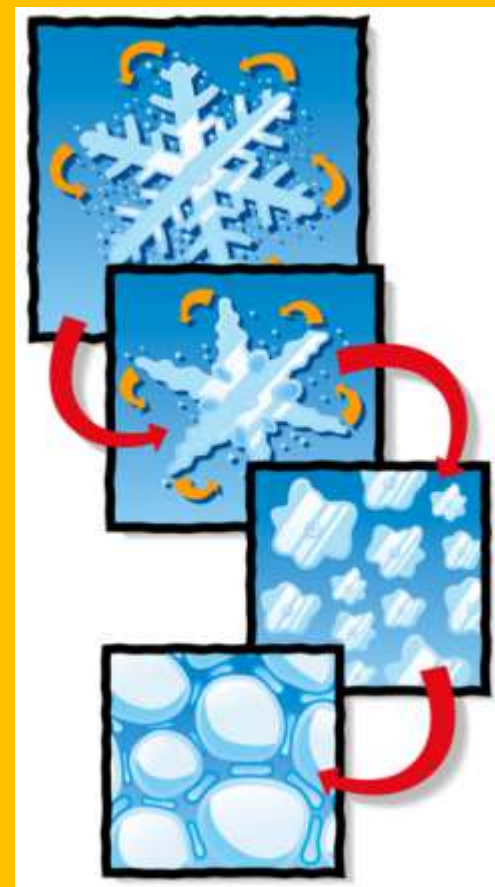


- **Condizioni:** ridotto gradiente di temperatura nel manto nevoso
- **Effetti:**
  - generale arrotondamento dei grani
  - Rafforzamento dello scheletro di ghiaccio
  - Aumento della densità
- **Velocità del processo:**
  - Dipende dalla temperatura, quasi nullo  $-40^{\circ}\text{C}$

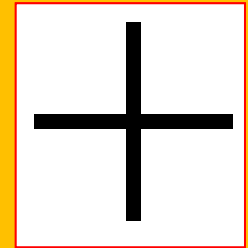
# Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



Particelle di precipitazione (PP)

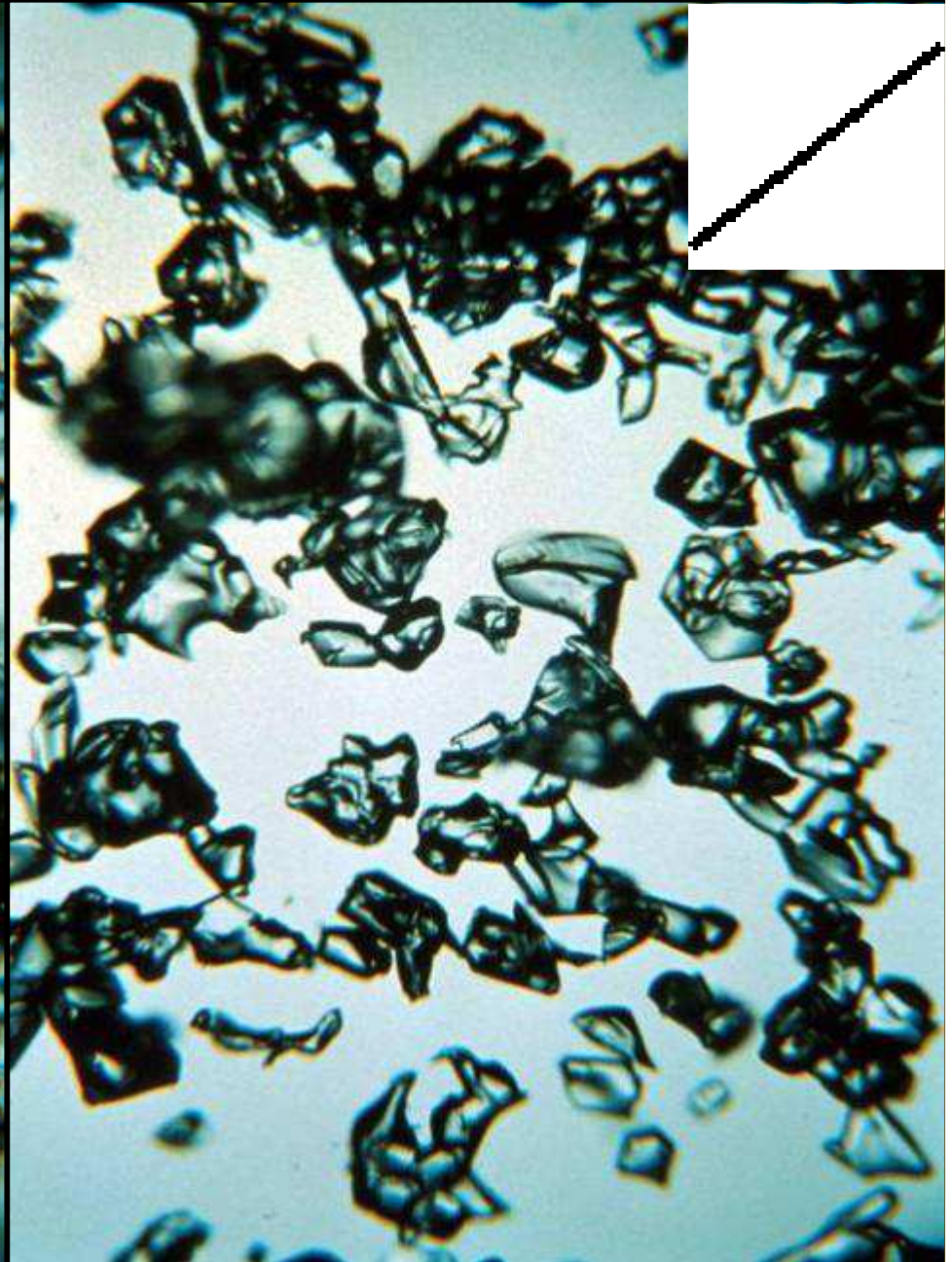
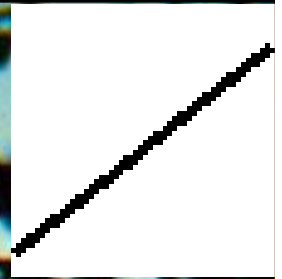
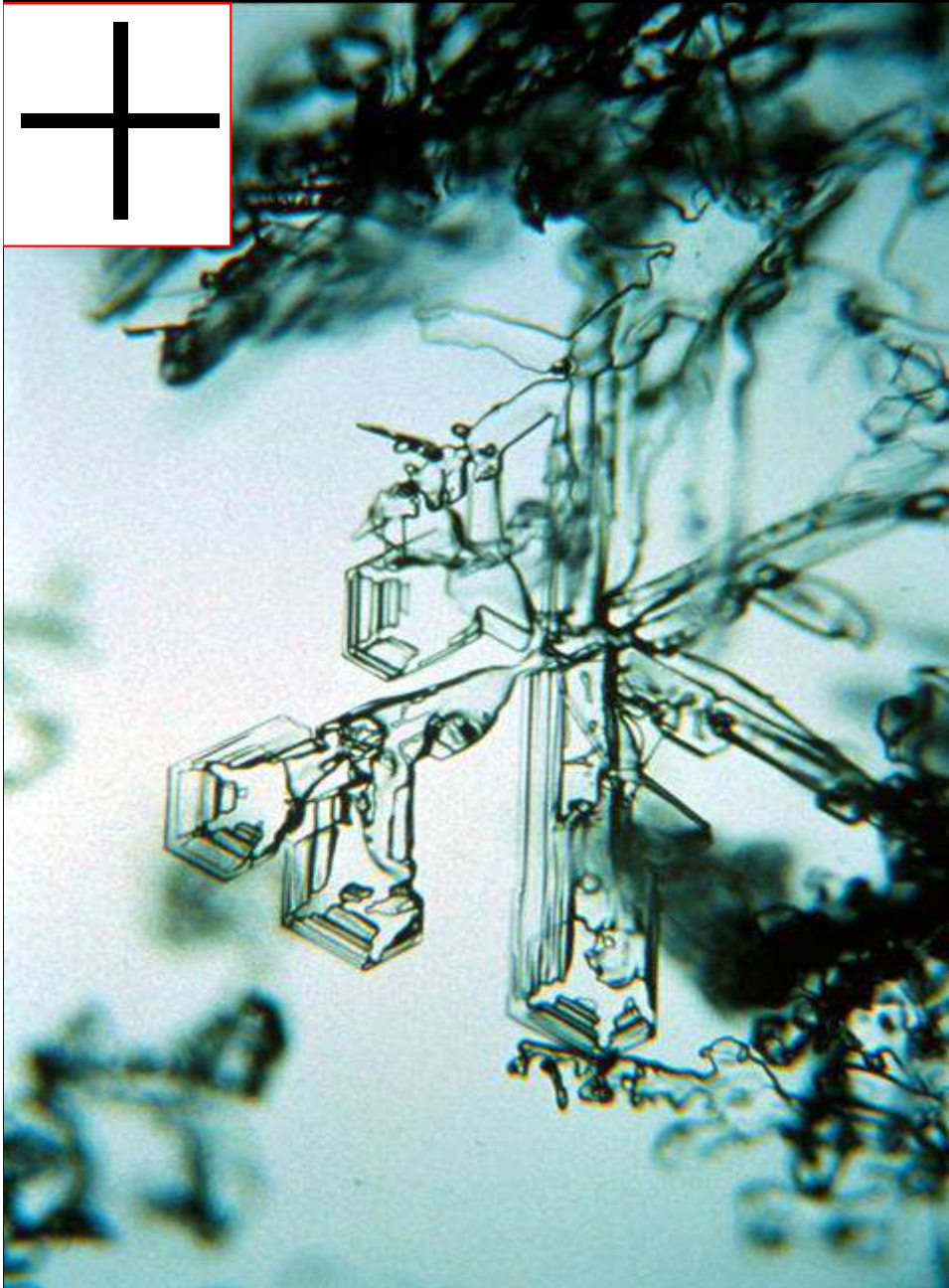
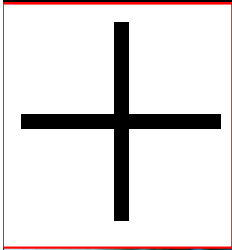


# Neve fresca PP

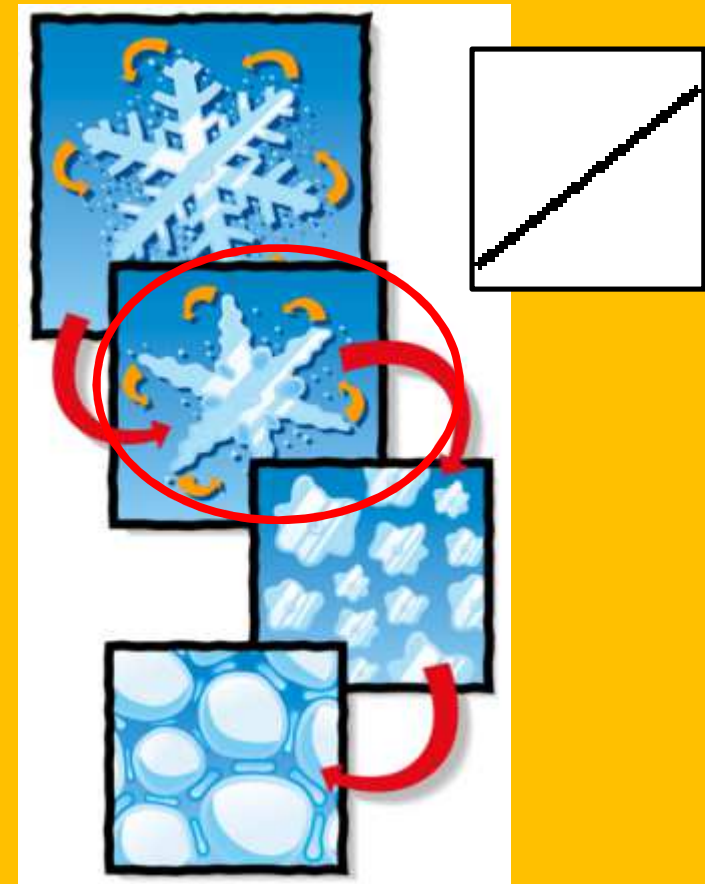
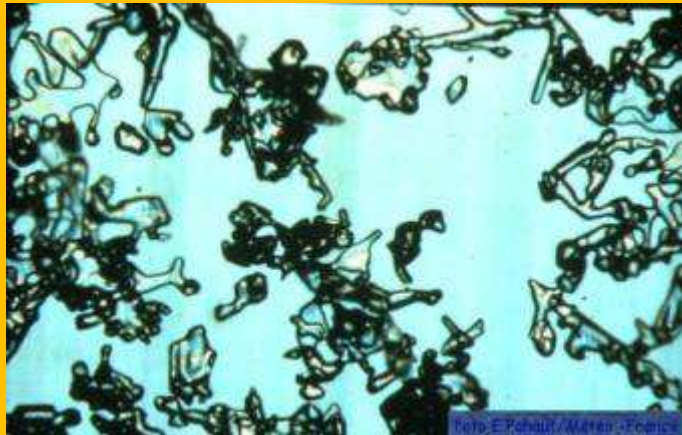
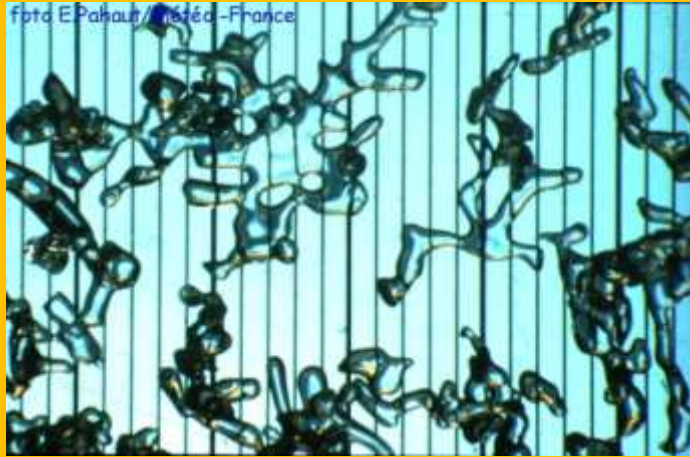


14 h

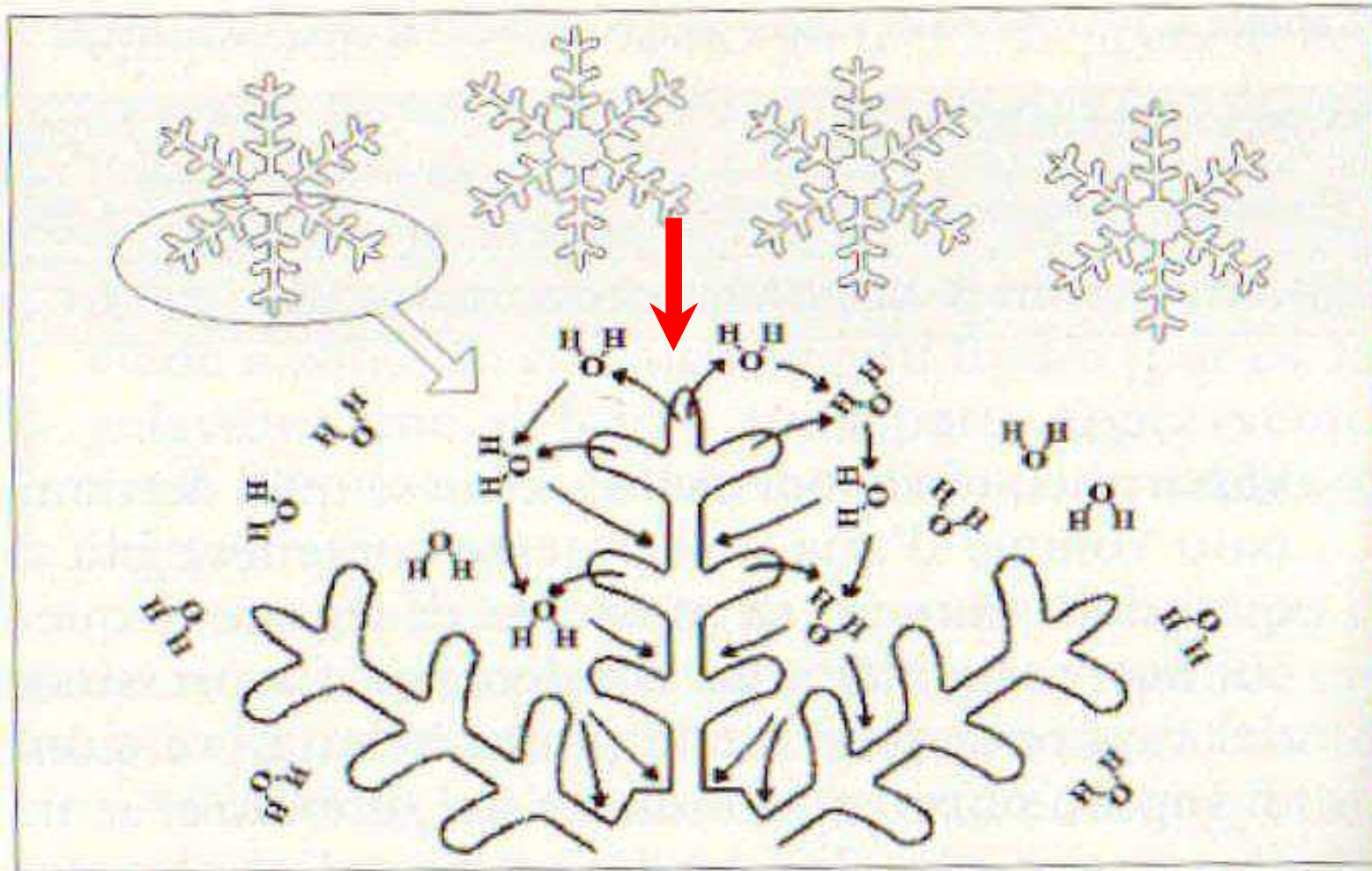
24 h



# Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



**Particelle frammentate (DF)**



**Figura 4.4**

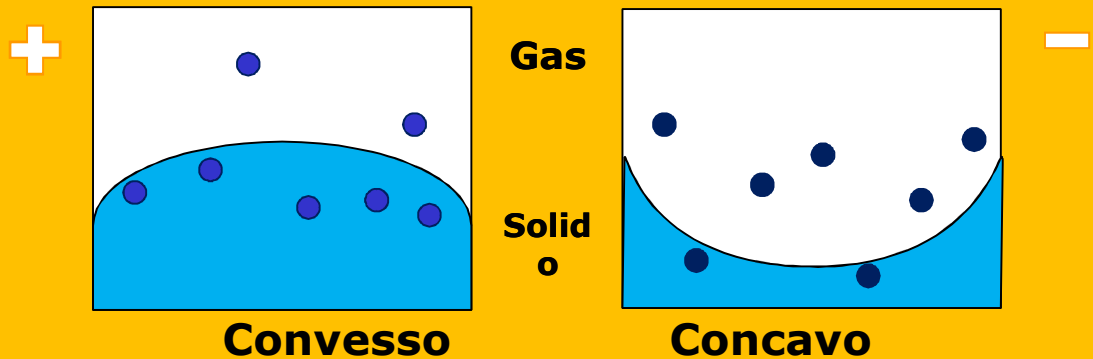
*Rappresentazione del flusso di molecole all'interno di una stella di neve fresca. Le zone concave crescono a spese delle zone convesse.*

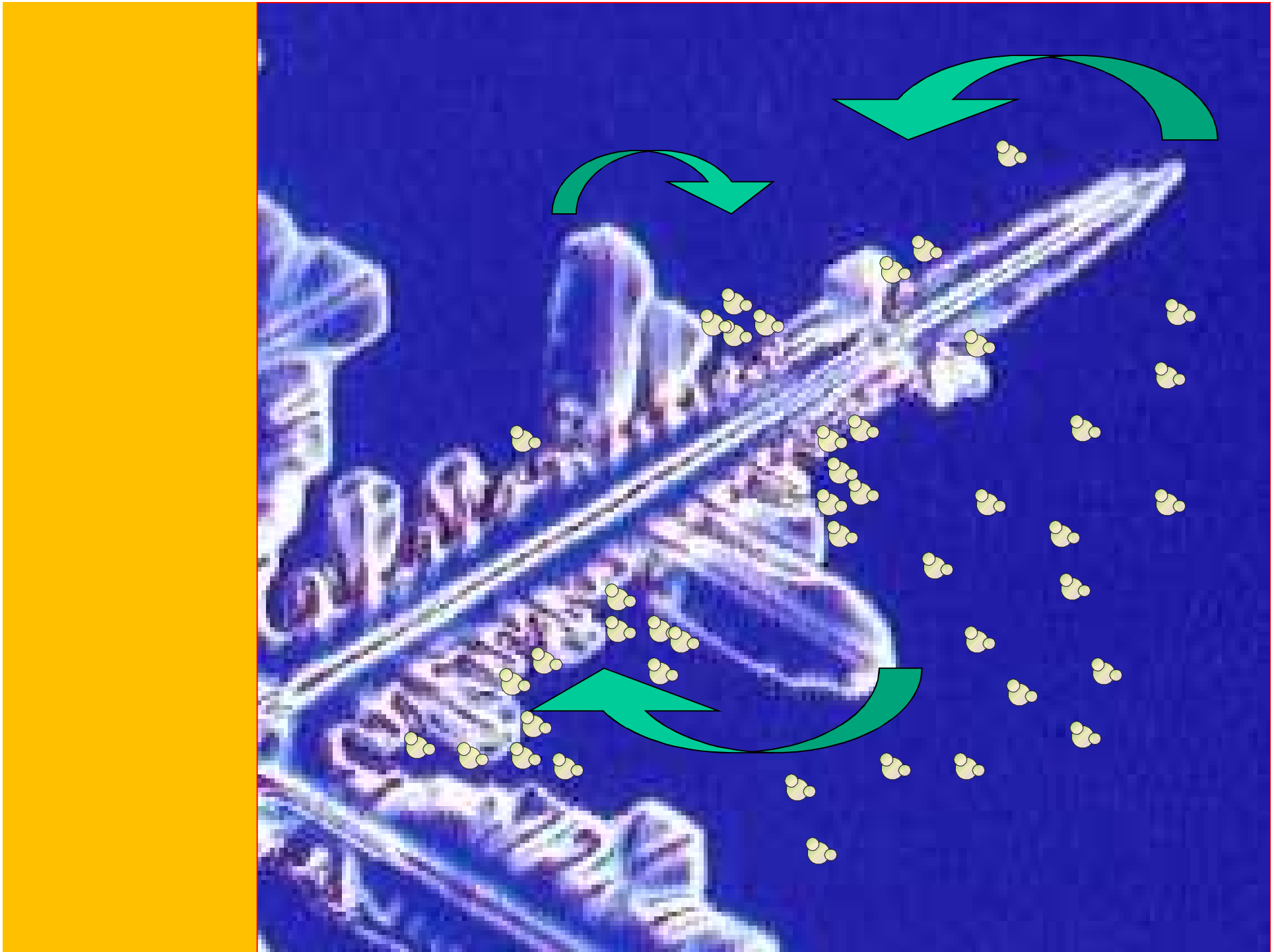
# In questo processo prevale:

**TEMPERATURA**

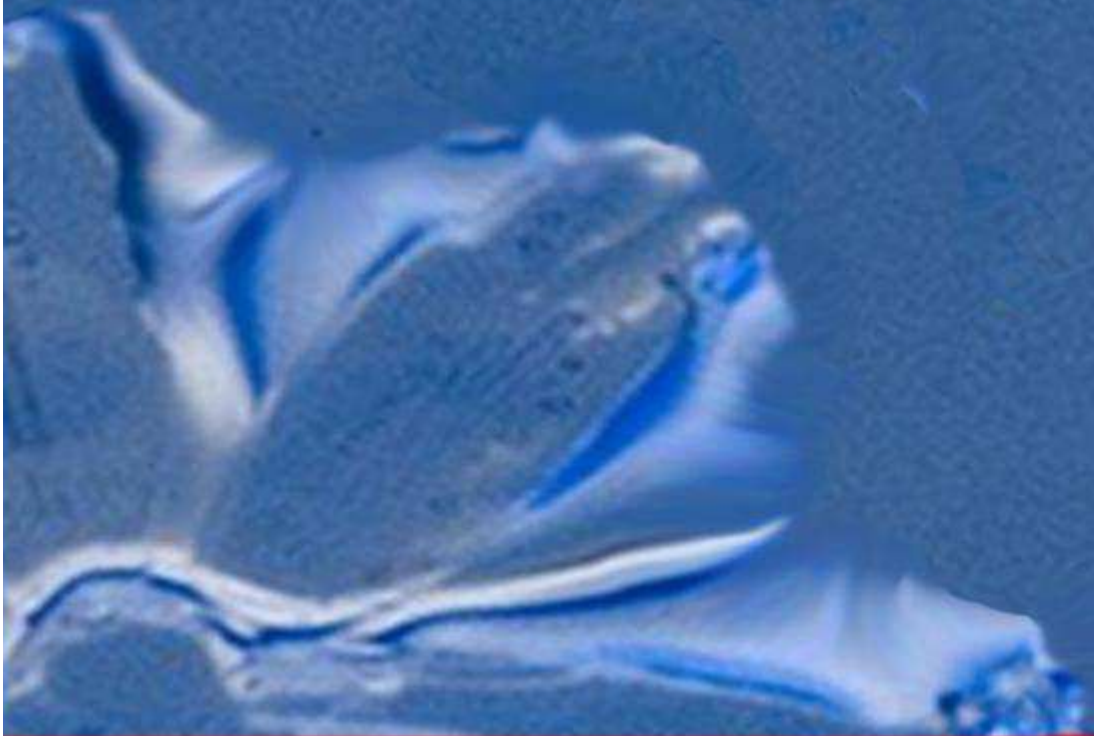
**STATO  
LIQUIDO/SOLIDO**

**CURVATURA  
DELLA  
SUPERFICIE**



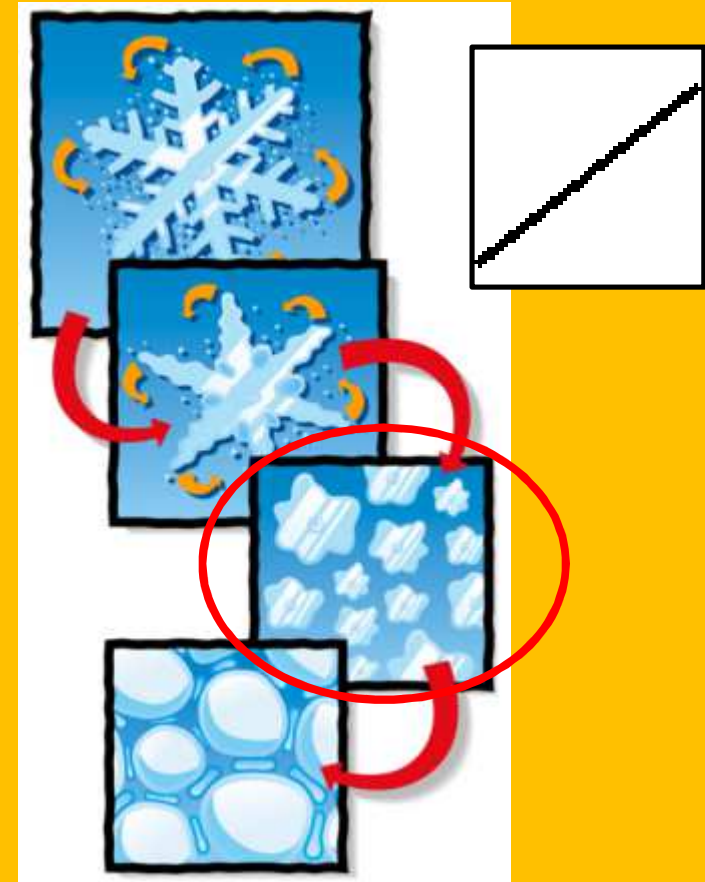
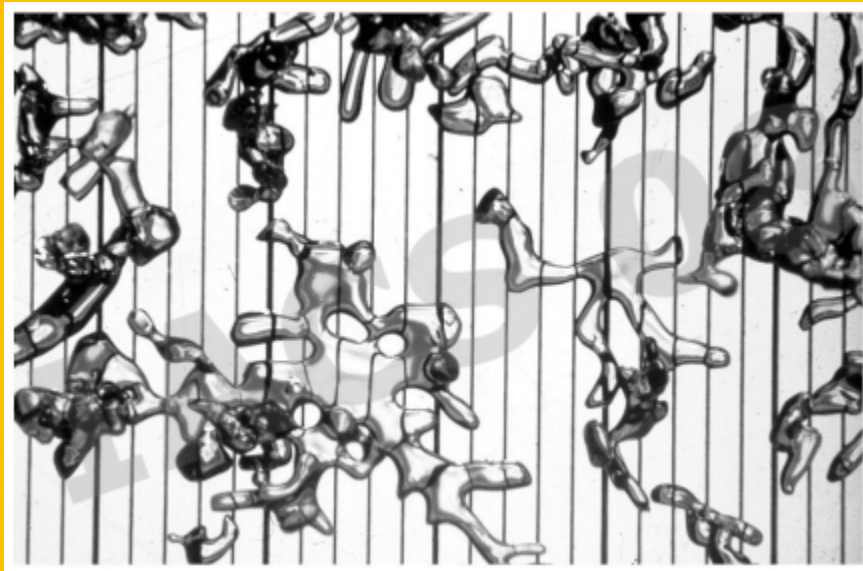
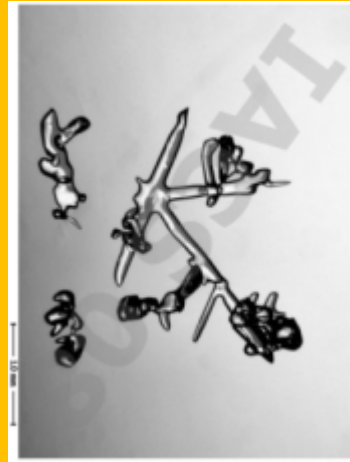


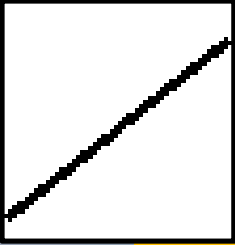
**Molta neve e/o  
temperature aria  
alte**





# Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura





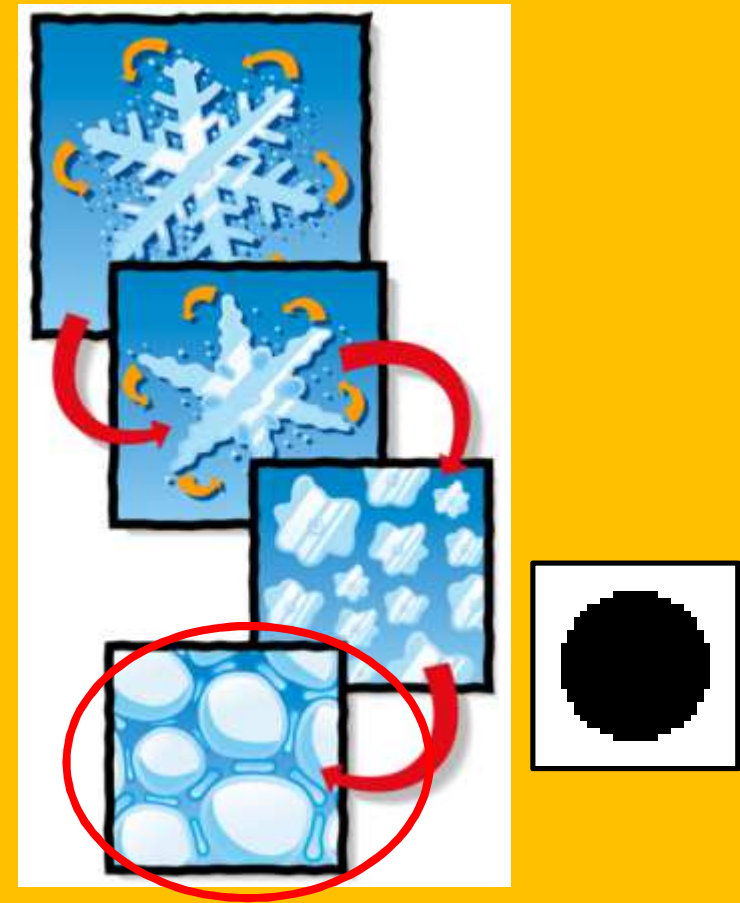
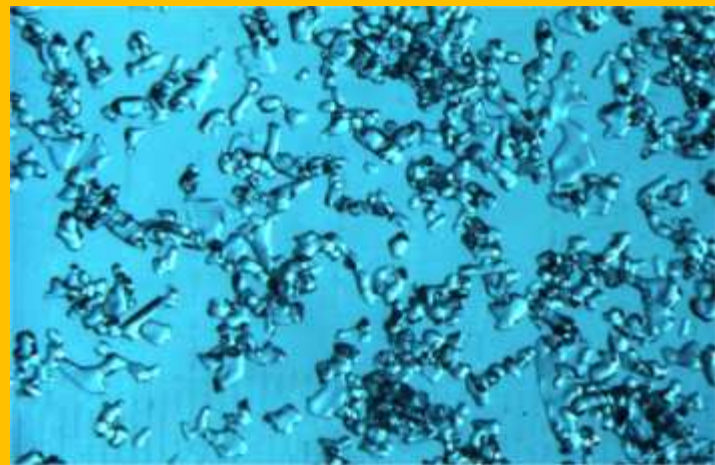
# Particelle di precipitazione decomposte e frammentate da vento DFbk

< / ,.-



Lastrone soffice da vento

# Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura



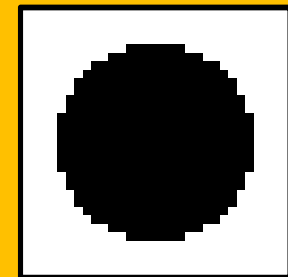
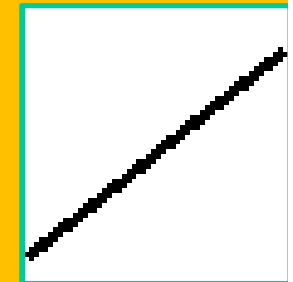
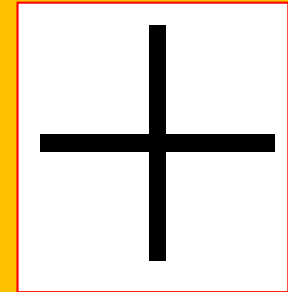
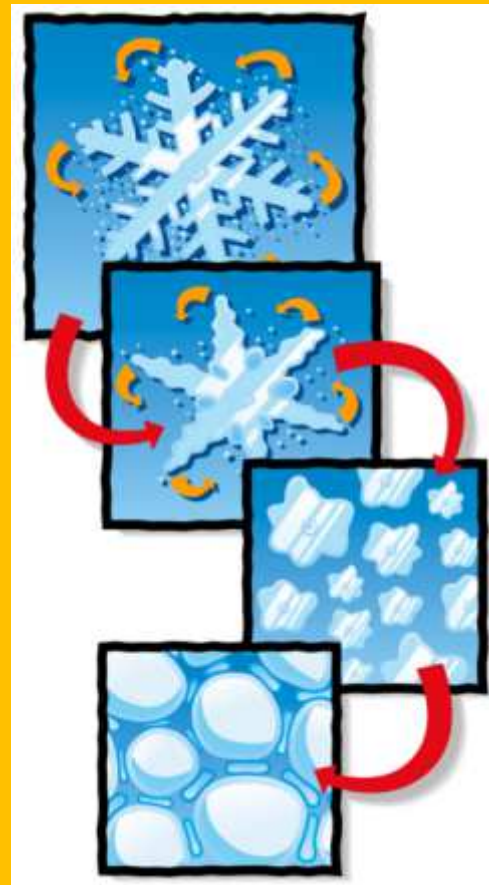
**Grani arrotondati (RG)**

# Metamorfismo della neve asciutta: basso gradiente di temperatura

Altri nomi dell'evoluzione  
verso forme di equilibrio:

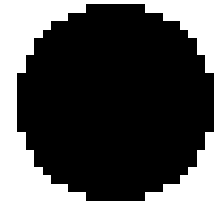
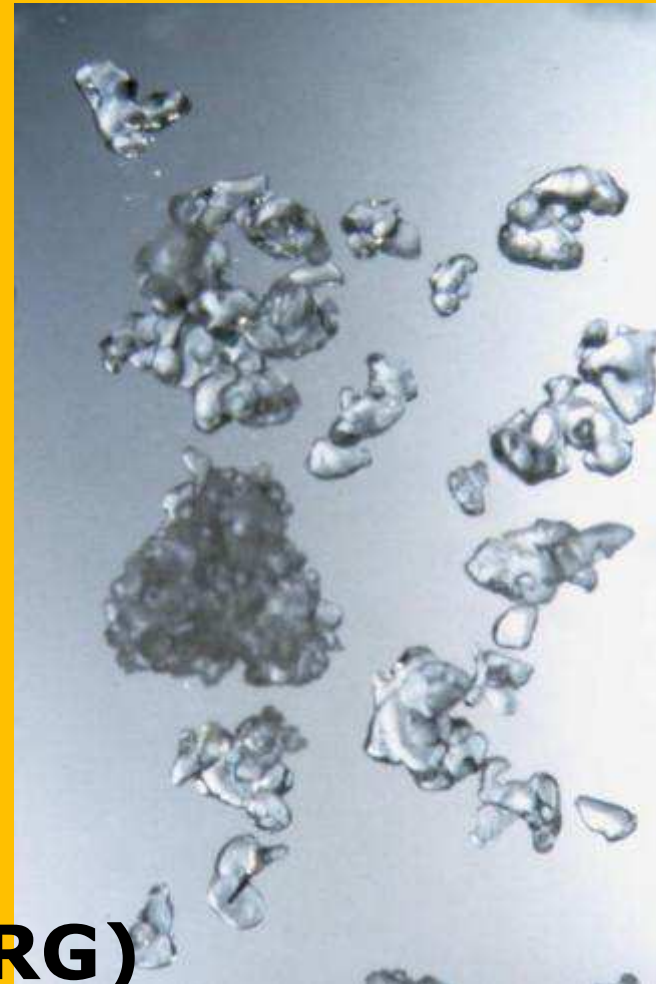
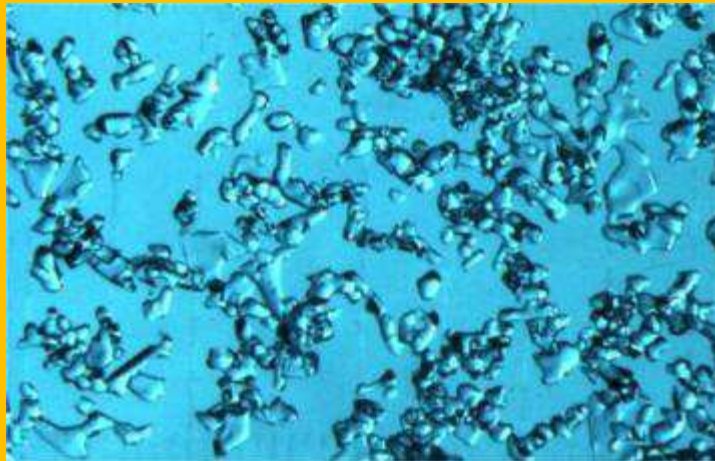
**Metamorfismo distruttivo:**  
distruzione delle forme  
originarie

**Metamorfismo da  
equitemperatura:** lo strato di  
neve ha poco gradiente al suo  
interno



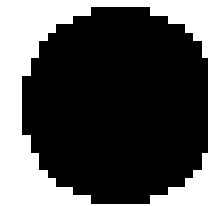
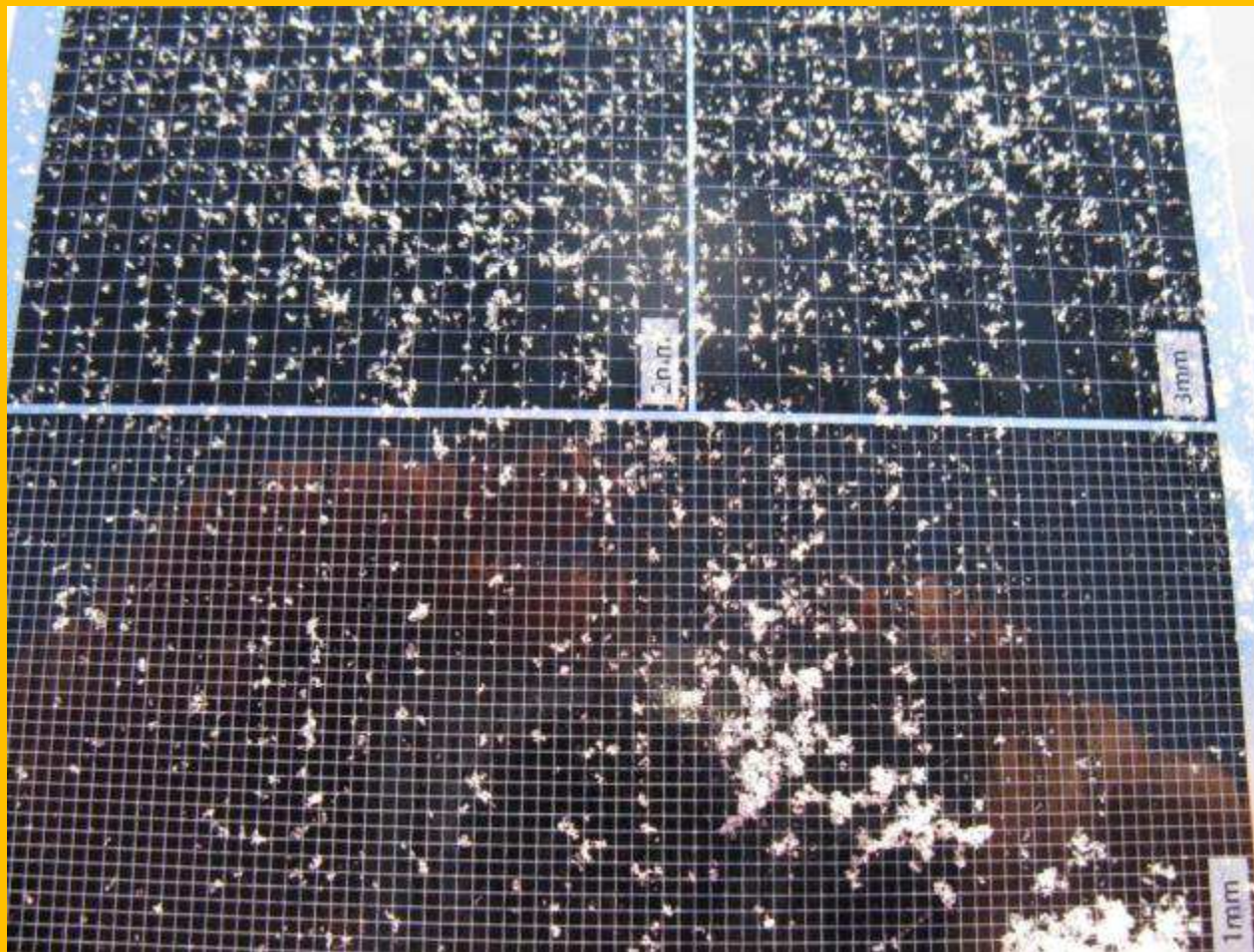
# Piccole particelle arrotondate

- Particelle arrotondate di dimensioni inferiori a 0,5 mm, spesso ben legate

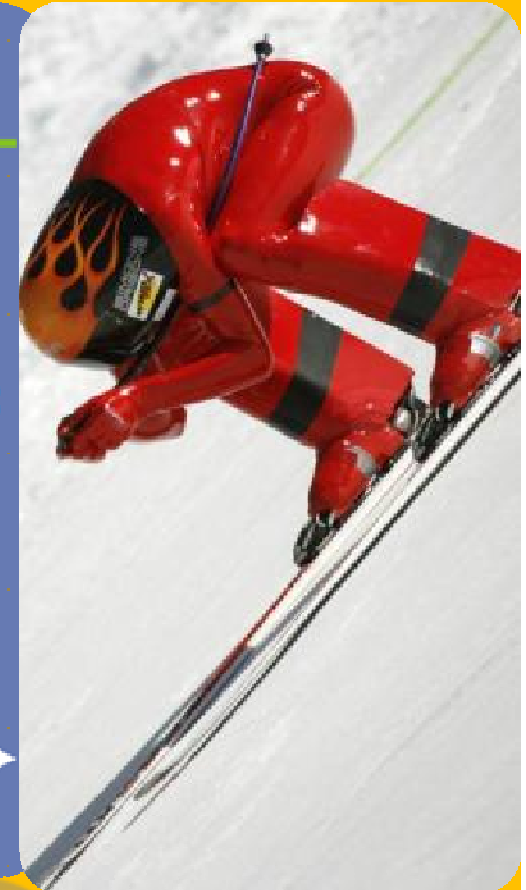
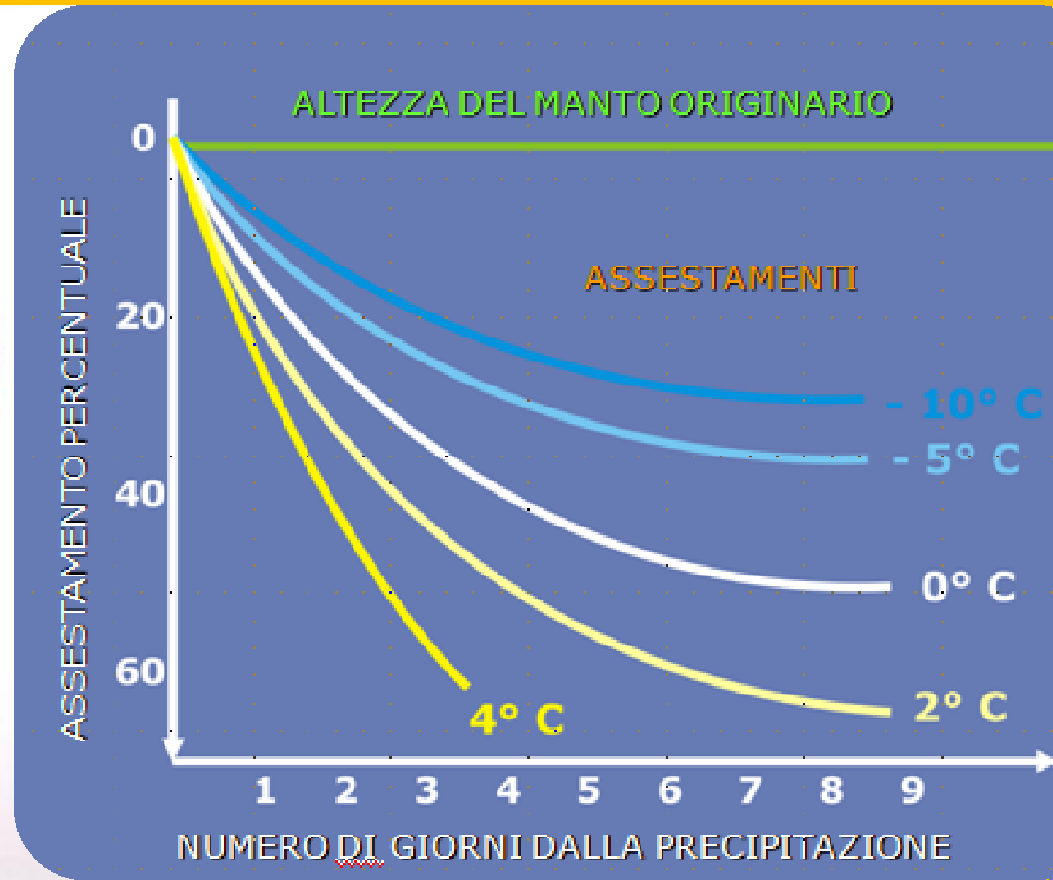


**Grani arrotondati (RG)**

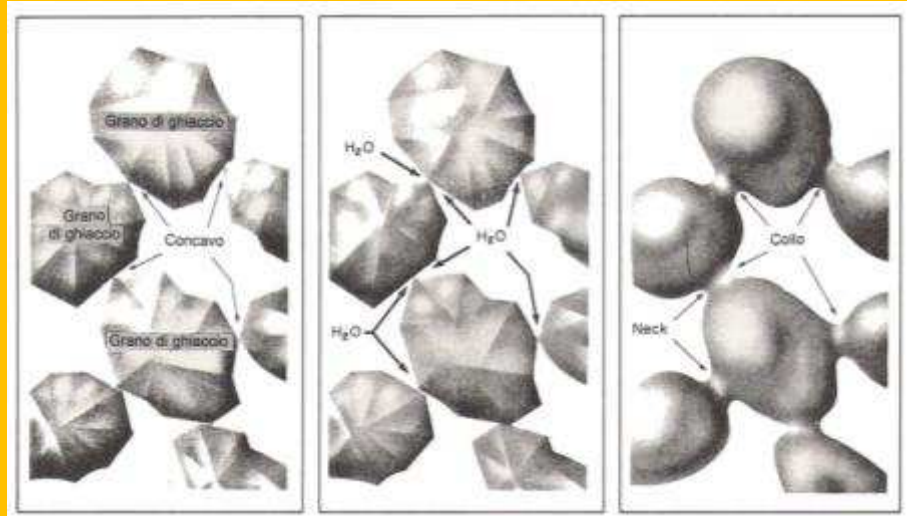
# Particelle arrotondate



# Velocità del processo



# Sinterizzazione

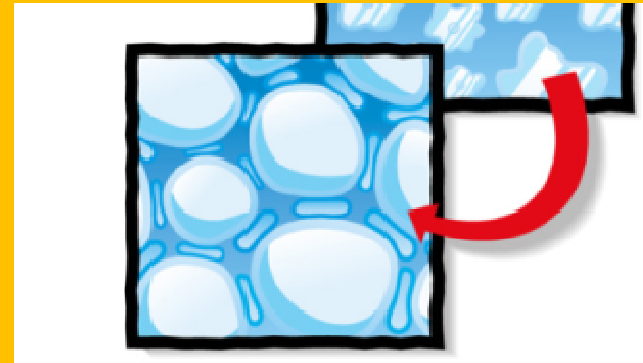


# Sinterizzazione-ponti di ghiaccio

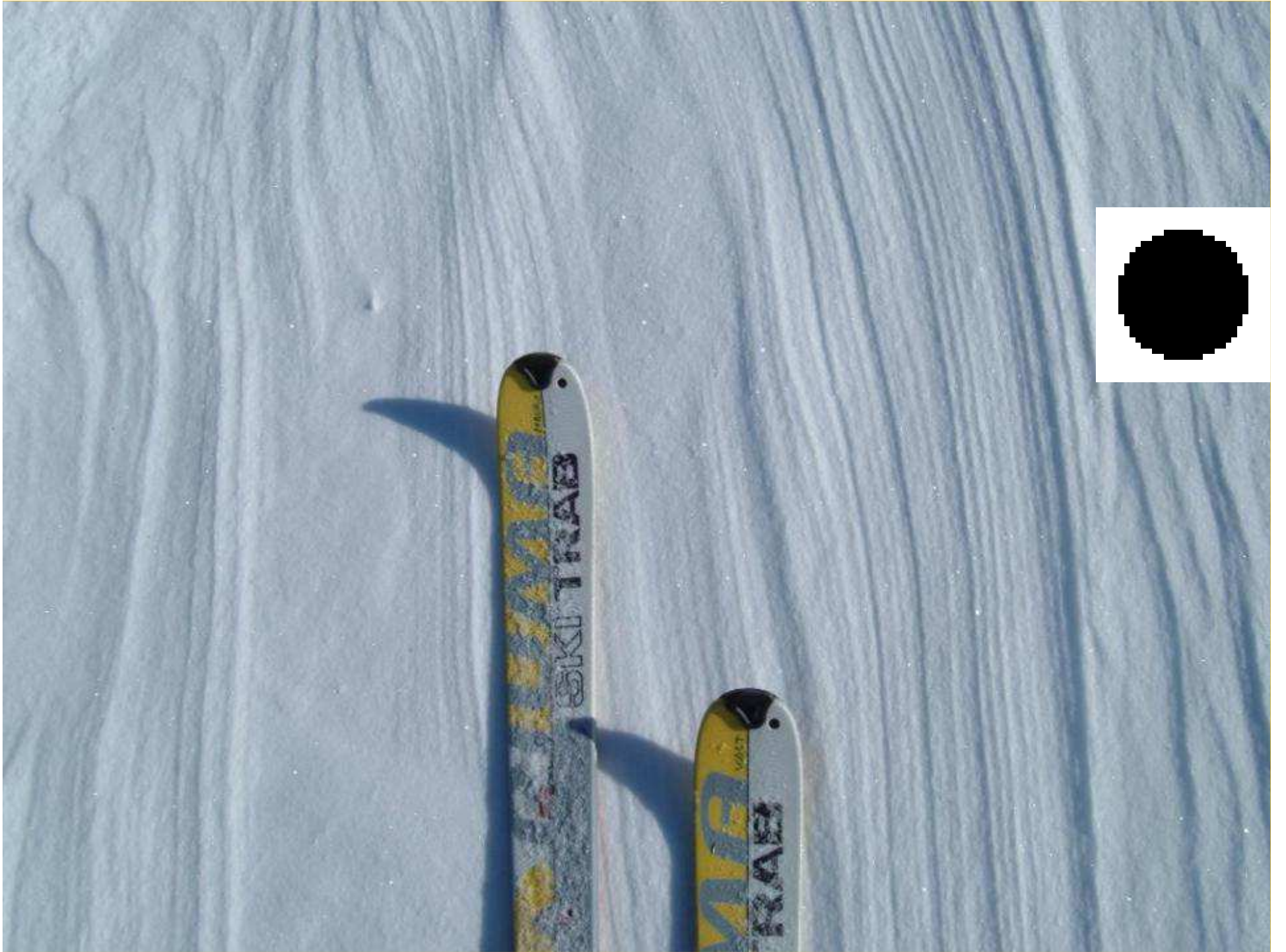
## Primo caso

Questo metamorfismo si produce quando la variazione di temperatura nel manto nevoso è debole. I grani di neve si arrotondano. Le parti sporgenti si smussano trasformandosi in vapore che sublima nelle parti concave. Si ottengono **grani arrotondati** (simbolo ●), con diametro intorno a 0,5 mm, che si saldano tra loro attraverso ponti di ghiaccio.

Questo metamorfismo provoca l'assestamento e la coesione della neve. Il manto nevoso si stabilizza. Sulle piste, dopo il passaggio di mezzi battipista, si ottiene una neve molto compatta.



File: C:\Users\Luca\Documents\...  
Export Date: ...  
Source: C:\Users\Luca\Documents\...  
Project: ...  
Date: ...  
Author: ...  
Keywords: ...  
Created Date: ...  
Camera: ...  
Resolution: ...  
Color Space: ...  
File Size: ...  
Microstate used: ...

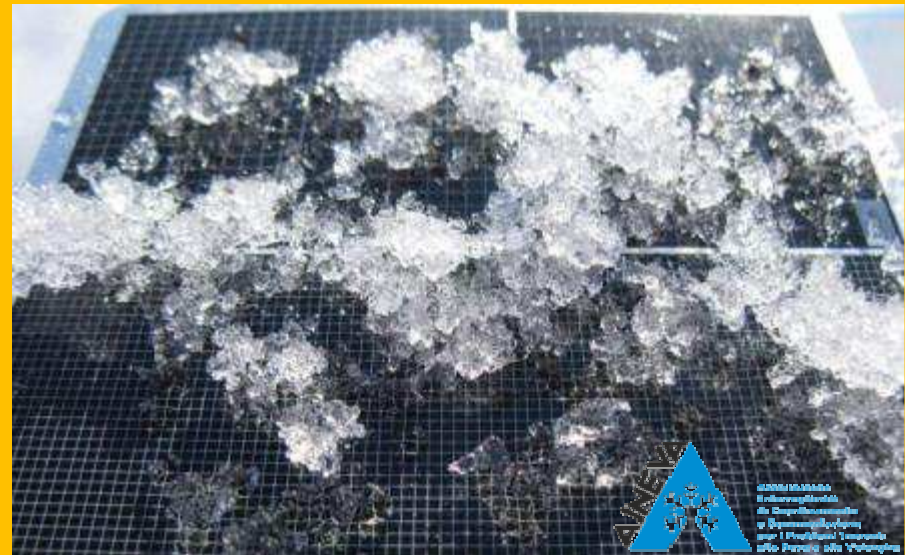
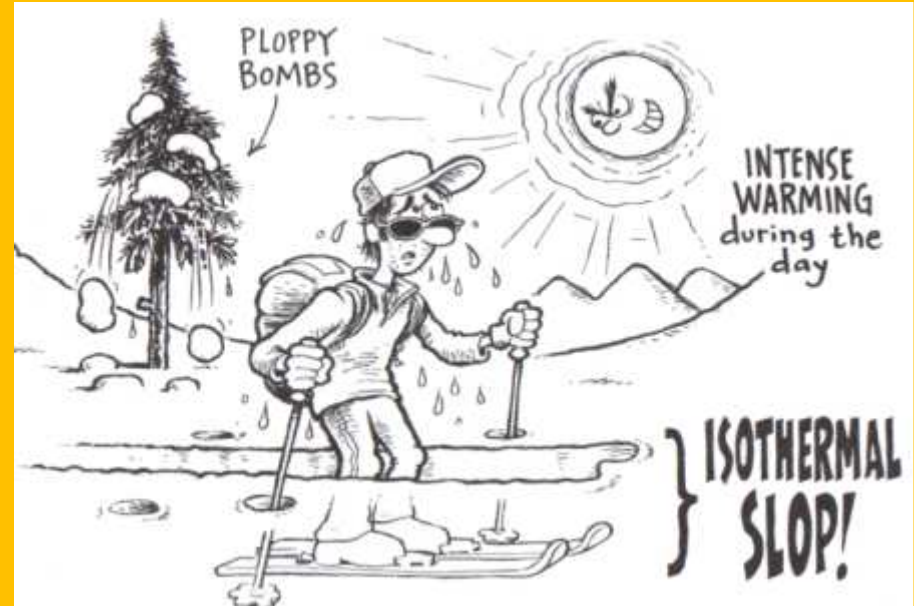


# Il manto nevoso



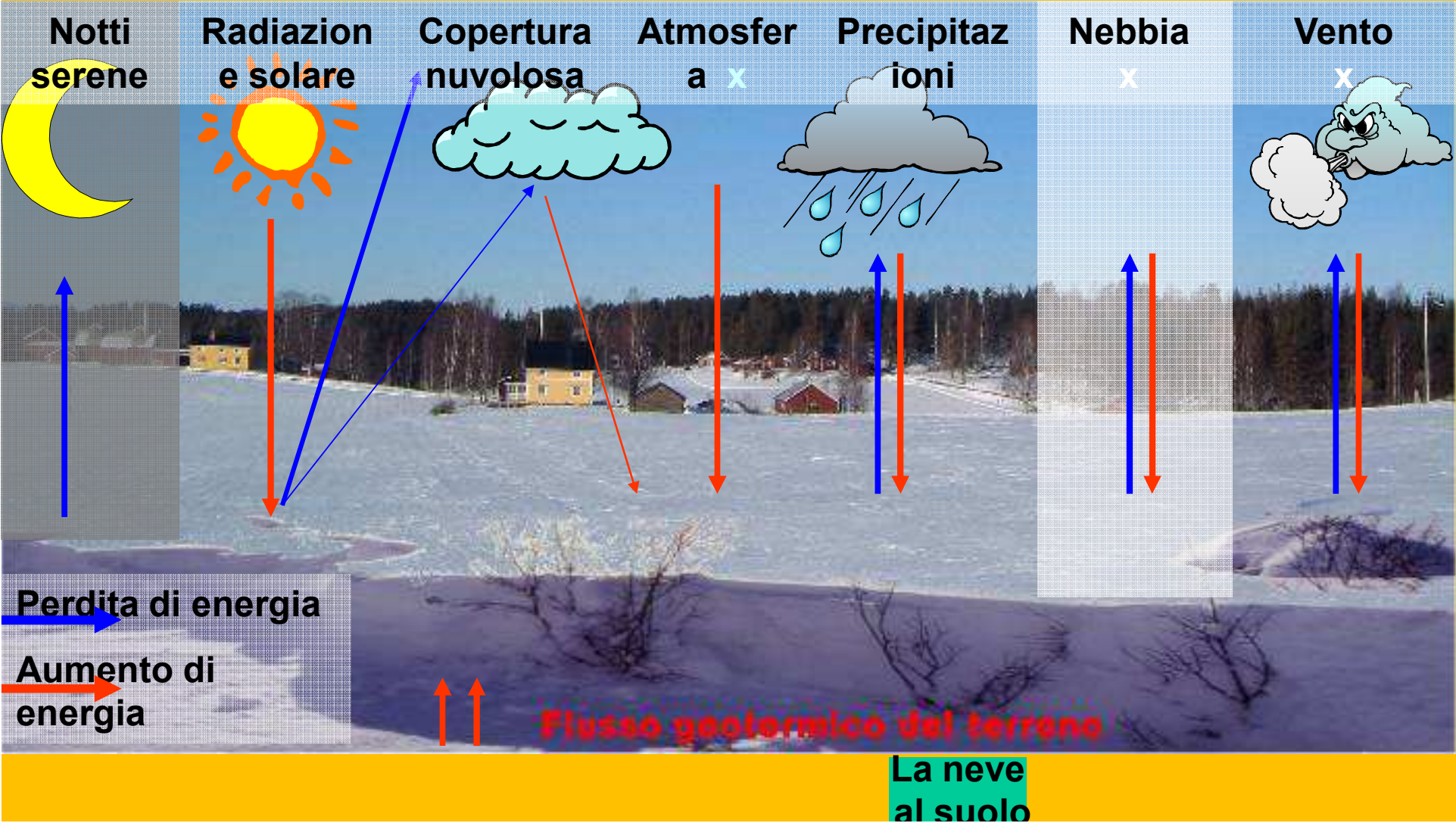


# Le temperature elevate





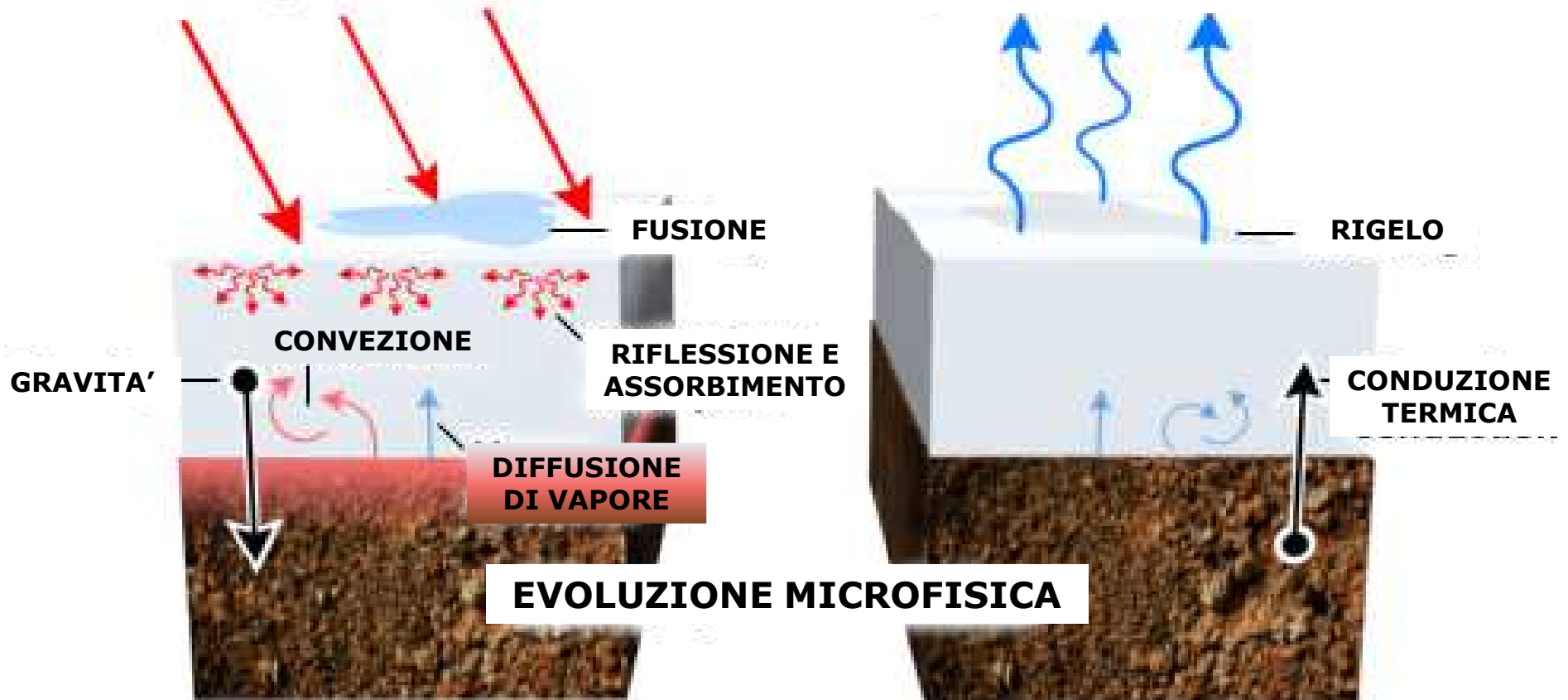
# Scambi termici neve/atmosfera



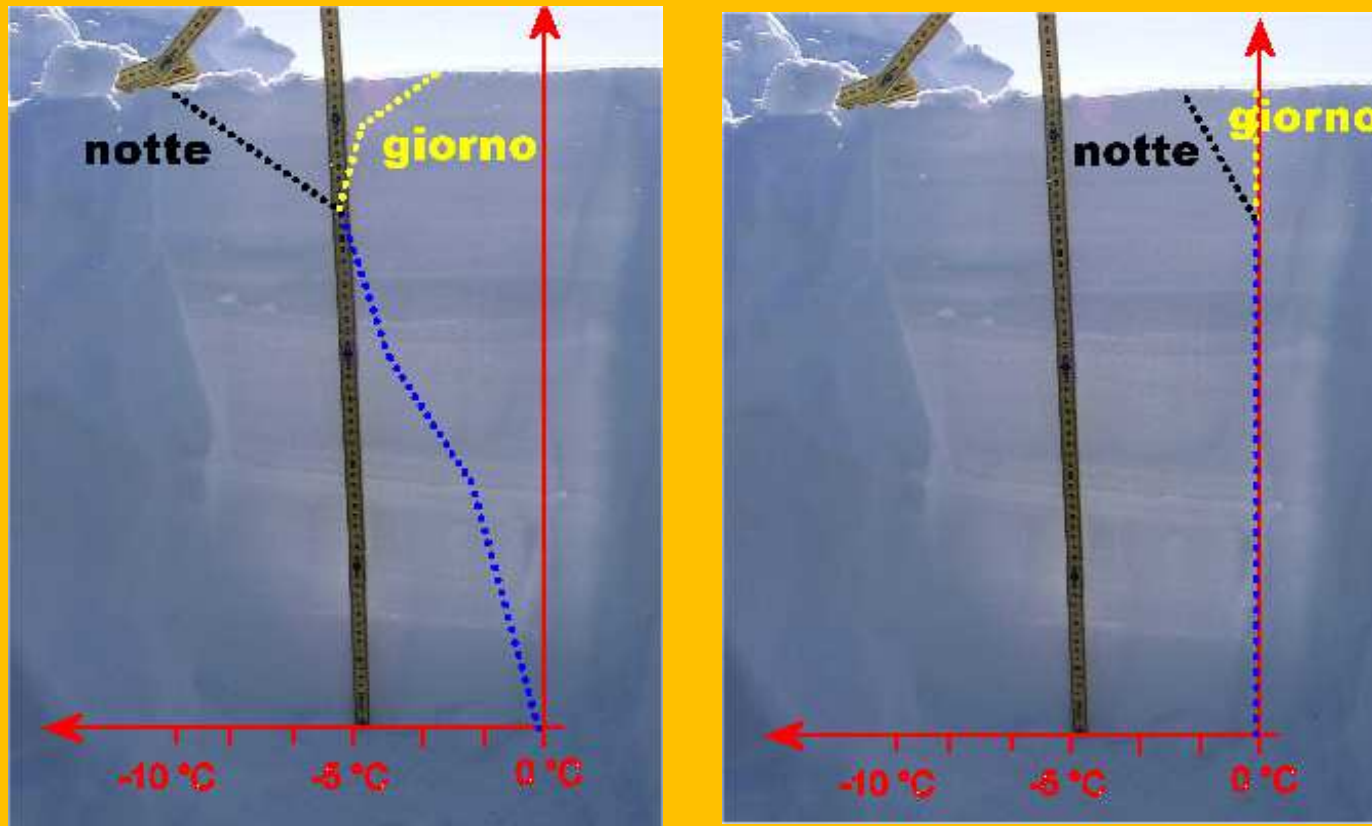
# SCAMBI TERMICI MANTO / ATMOSFERA

**DIURNO: RADIAZIONE AD ONDE CORTE ENTRANTE**

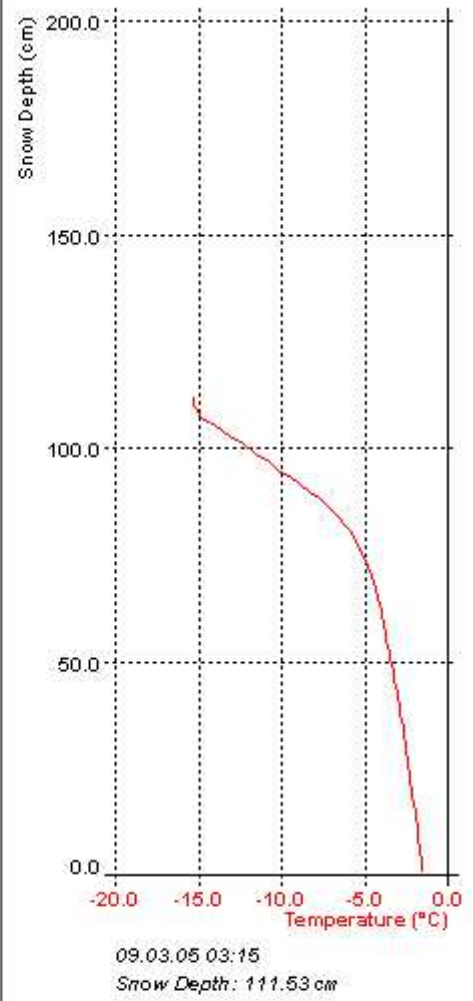
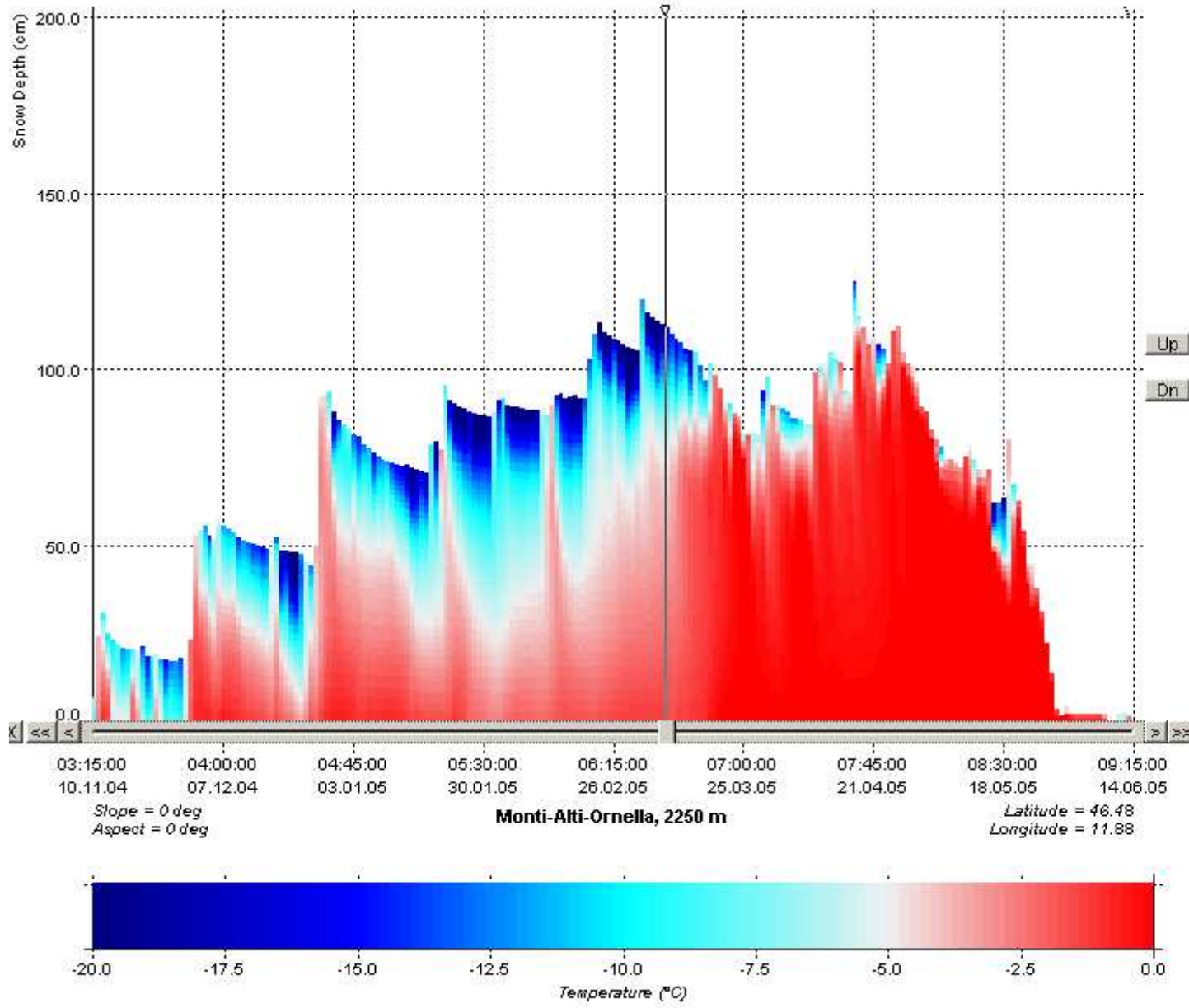
**NOTTURNO (CON CIELO SERENO):  
RADIAZIONE AD ONDE LUNGHE USCENTE**

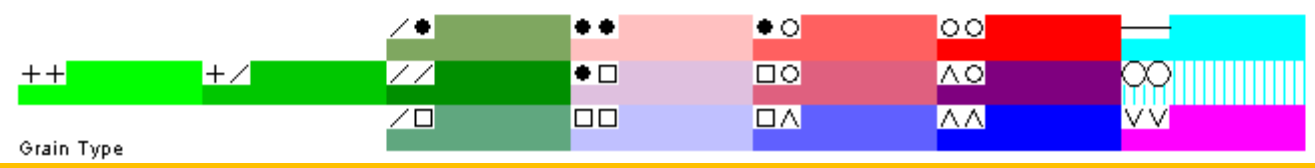
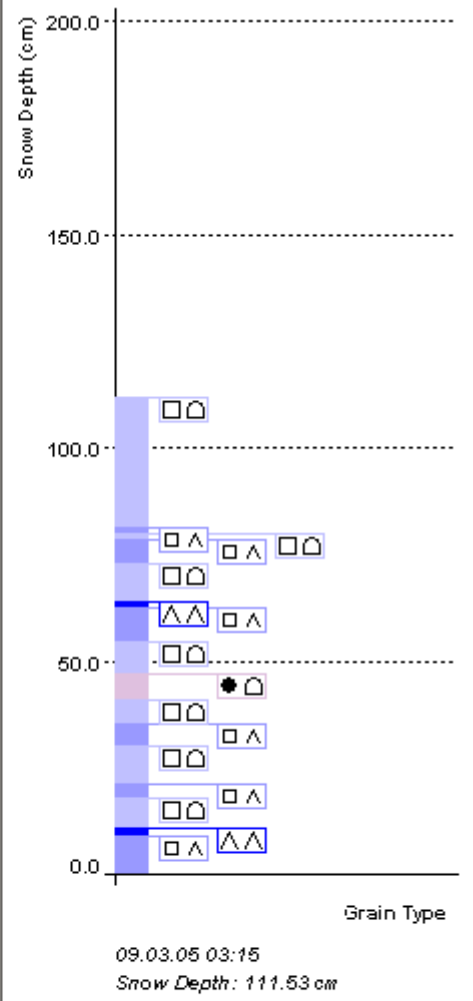
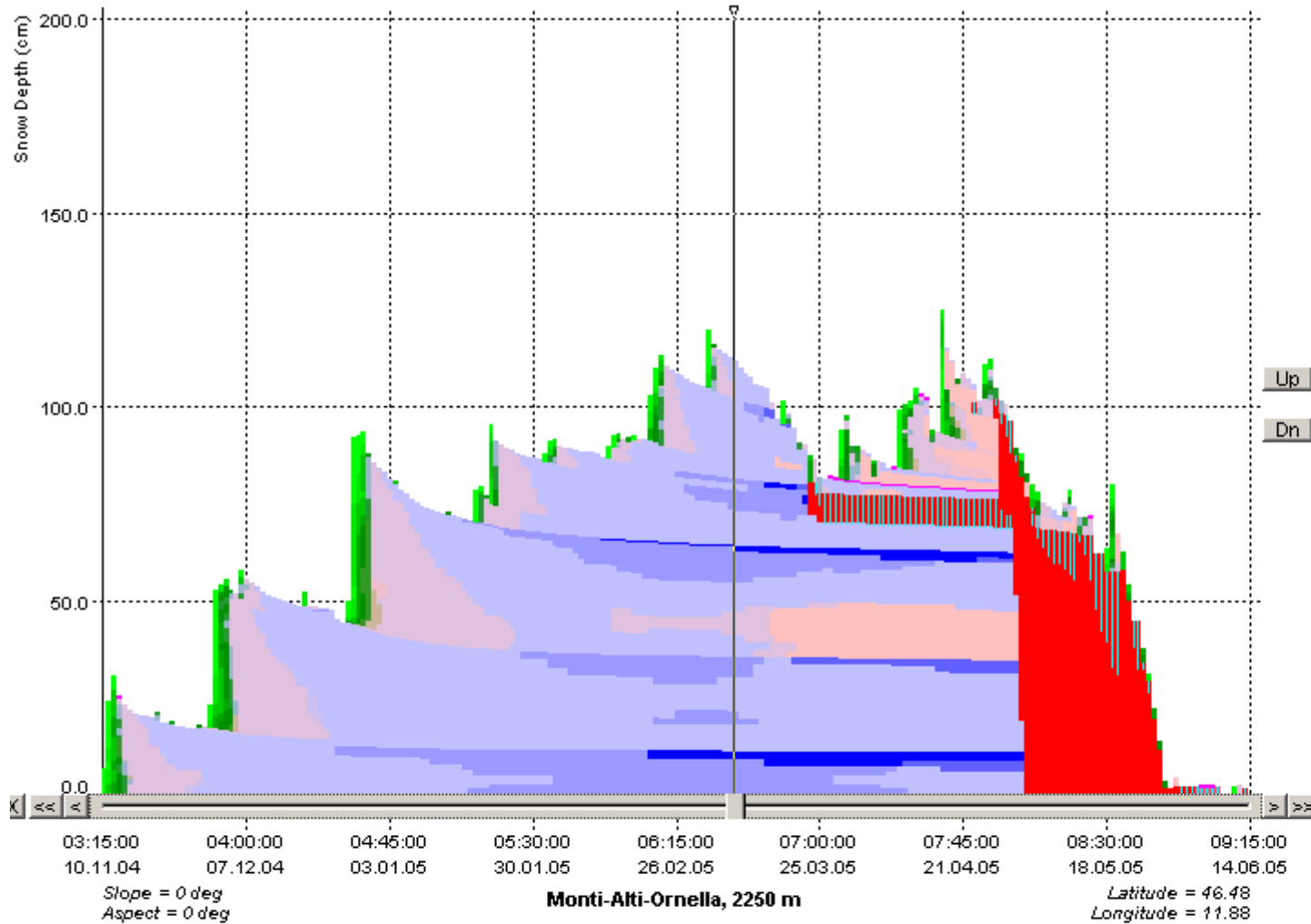


# Temperatura della neve



- Esempio di influenza del calore del sole e del freddo della notte sulla temperatura della neve in inverno e in primavera

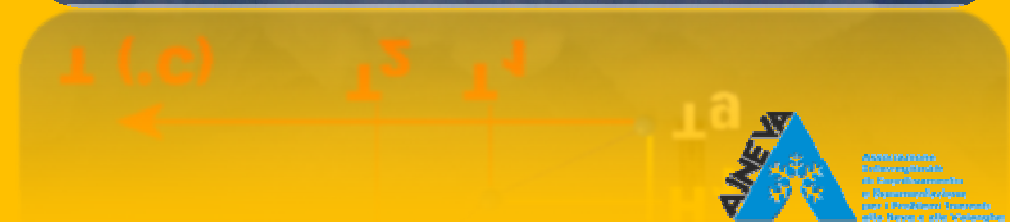
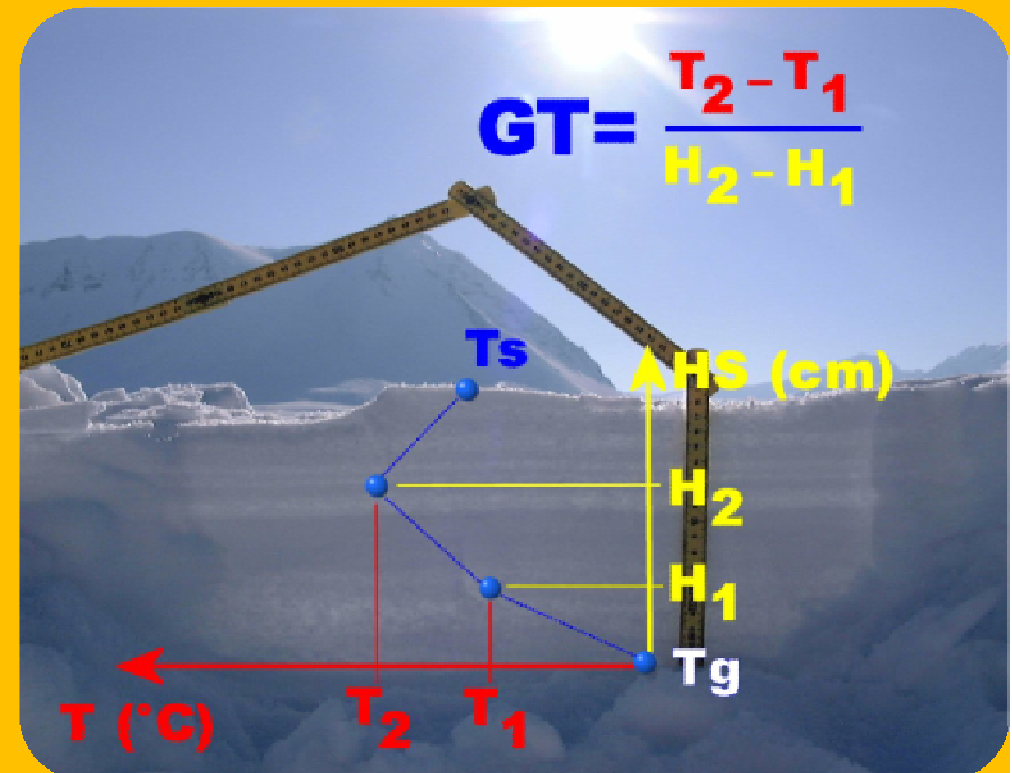




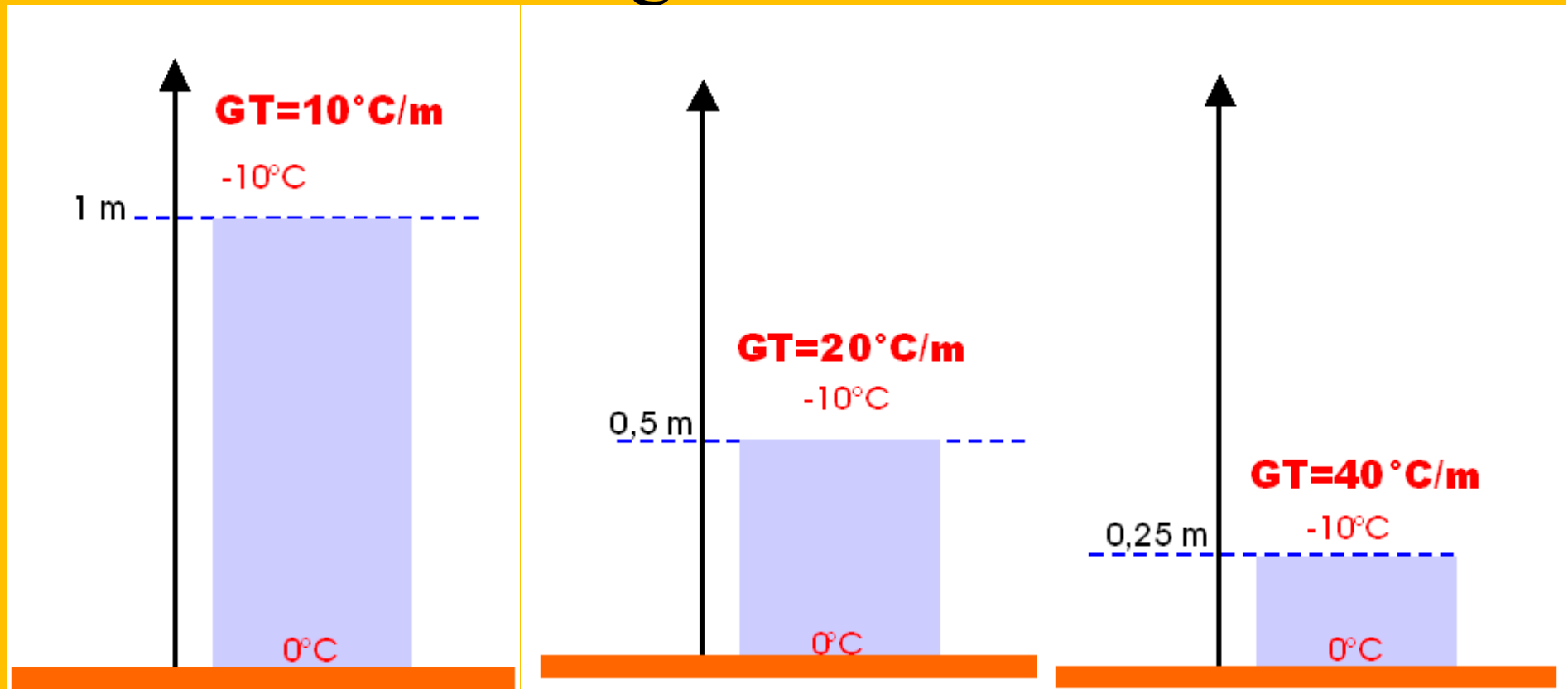
# Che cosa è il gradiente di temperatura?

È la differenza di temperatura fra 2 punti espressa in °C/m o °C/cm per il manto nevoso.

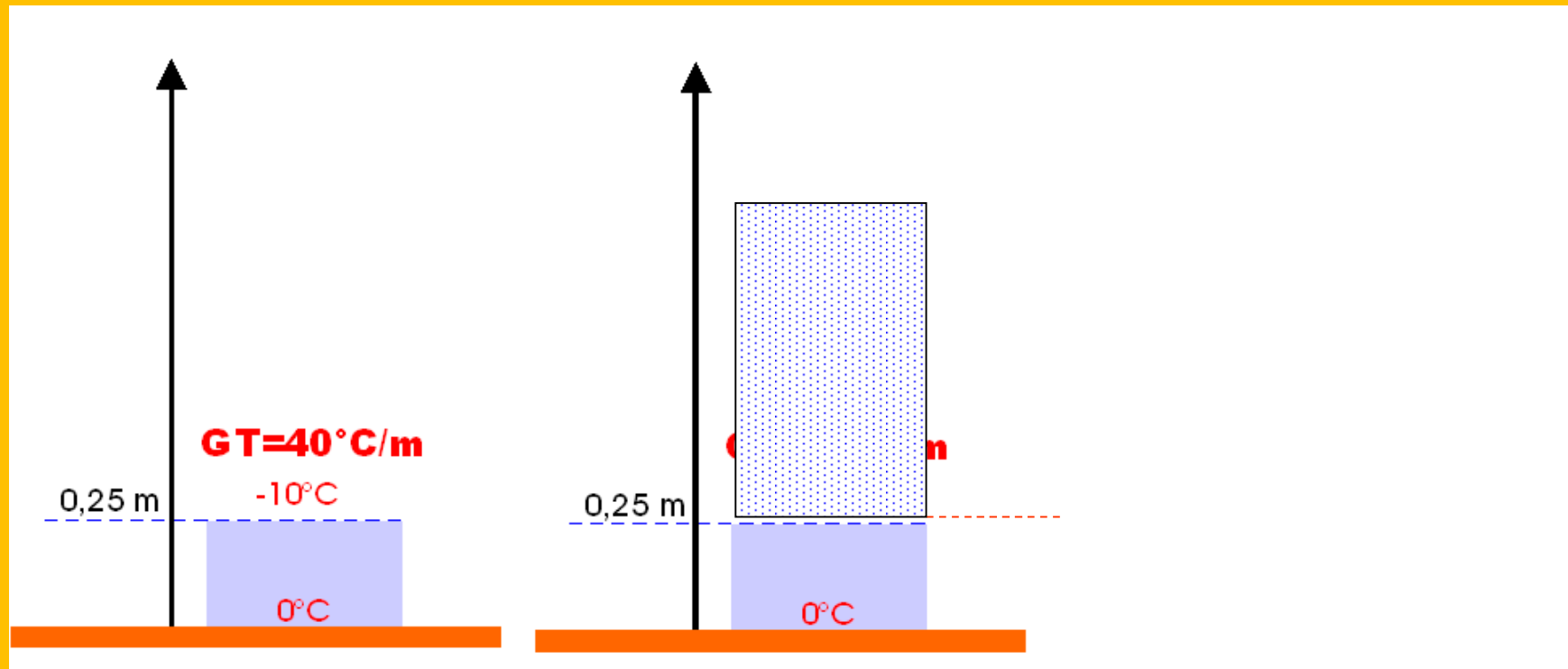
Il gradiente di temperatura (TG) può essere determinato per l'intero manto nevoso, oppure per strati o parti del manto nevoso



# E' facile raggiungere elevati valori di gradiente?



# Non solo alla base del manto nevoso

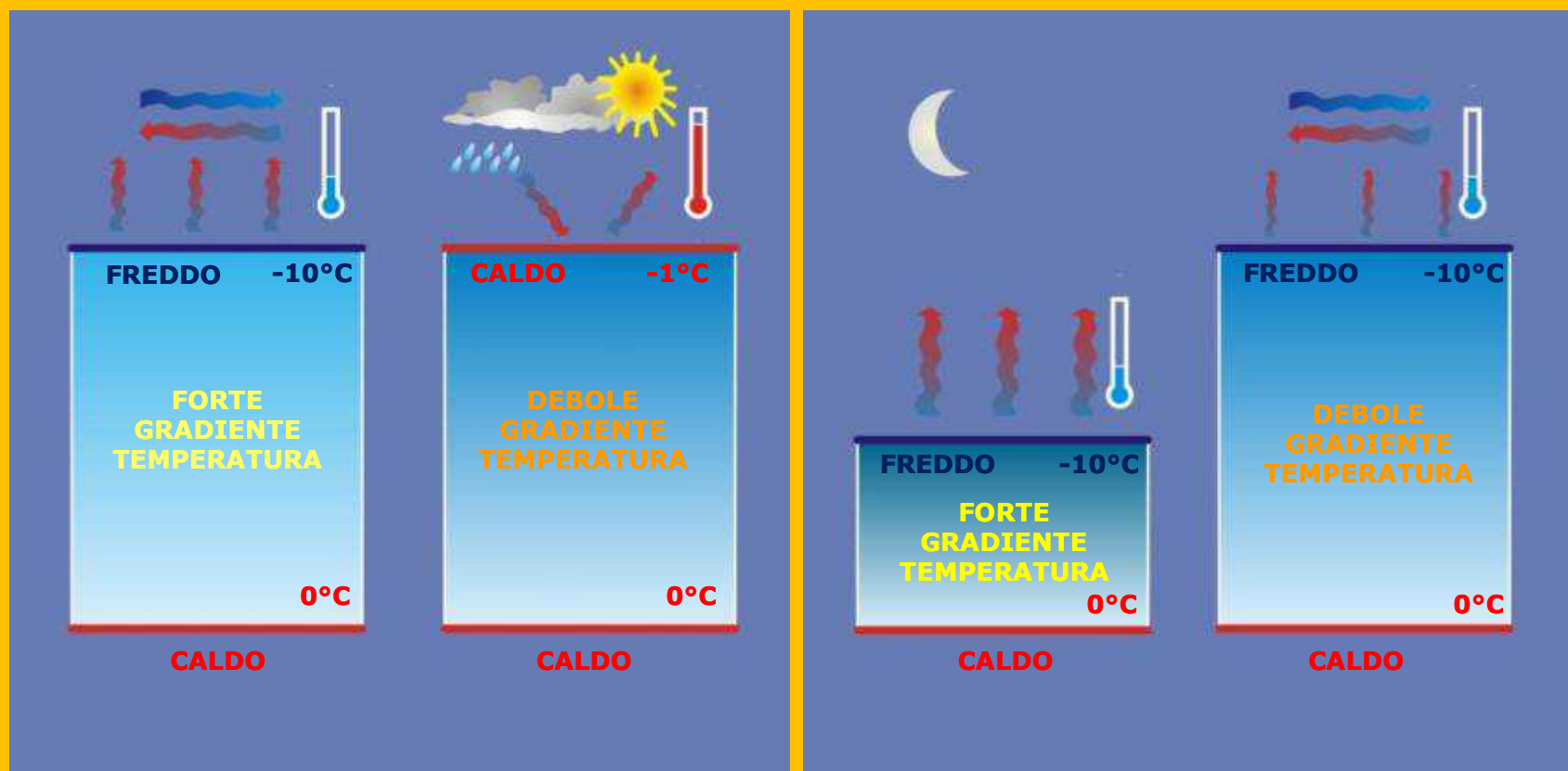




# Modalità di variazione dei gradienti di temperatura

TEMPERATURE

SPESSORI



# Metamorfismo della neve asciutta

I metamorfismi  
della neve  
asciutta

Se porti i guanti  
non riesci a fare delle palle  
con questa neve.



**Secondo caso:**  
Evoluzione verso  
forme di crescita  
cinetica  
(gradiente medio)

# Metamorfismo della neve asciutta

## Secondo caso

Questo metamorfismo si osserva su cristalli di neve recente o su grani arrotondati, quando la differenza di temperatura nel manto nevoso è media.

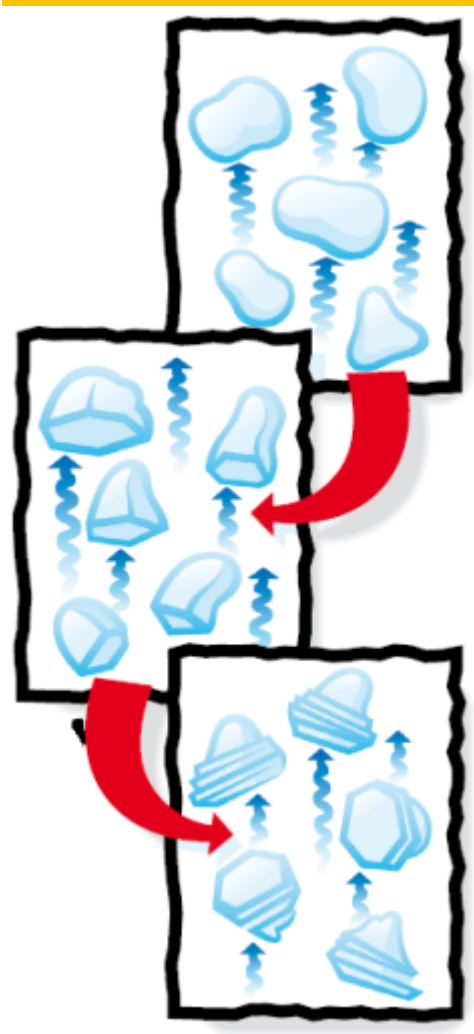
I grani posti sotto sono più caldi: la loro parte superiore sublima (cioè passa dallo stato solido a quello gassoso) e il vapore così prodotto rigela alla base dei grani che sono al di sopra, più freddi

(Sublimazione inversa: pag. 7).  
I grani divengono angolosi e presentano facce piane. Vengono definiti **grani a facce piane o sfaccettati** (simbolo  $\square$ ), con diametro da 0,5 ad alcuni mm. Questo tipo di neve è instabile, perché i grani hanno perso la loro coesione. Su pista la neve è molto fredda e leggera.



**Secondo caso:**  
Evoluzione verso  
forme di crescita  
cinetica  
(gradiente medio)

# Metamorfismo della neve asciutta: Evoluzione verso forme di crescita cinetica

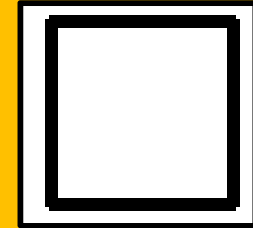


- **Condizioni: medio gradiente di temperatura nel manto nevoso**
- ( $>0.05 < 0,20$  °C/cm)
- **Effetti:**
  - Formazione di grani a facce piane, striate con struttura grossolana (brina di profondità)
- **Velocità del processo:**
  - Proporzionale al gradiente (da giorni a settimane)

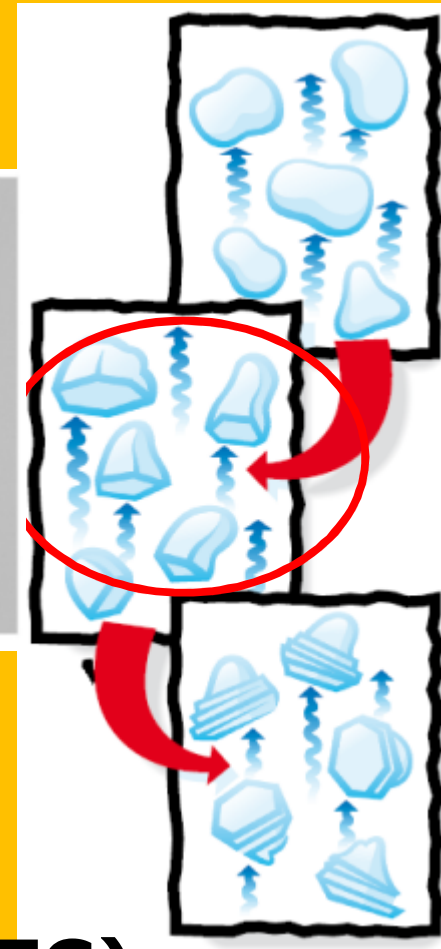
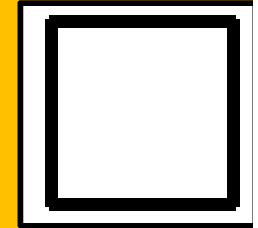
# Metamorfismo della neve asciutta: Evoluzione verso forme di crescita cinetica



**CRISTALLI SFACETTATI (FC)**



Metamorfismo della neve asciutta:  
Evoluzione verso forme di crescita cinetica

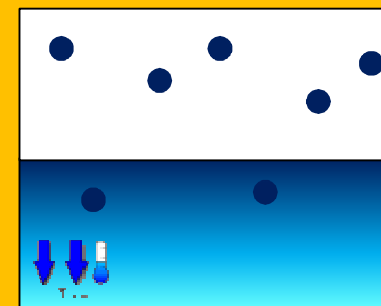
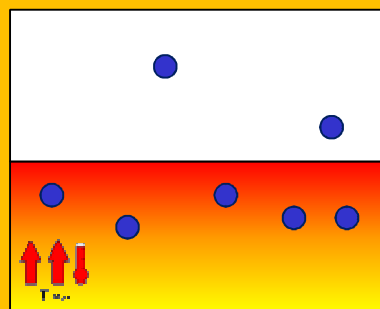


**CRISTALLI SFACETTATI (FC)**

In questa trasformazione prevale questo processo fisico

GHIACCIO  
CALDO/FREDDO

+



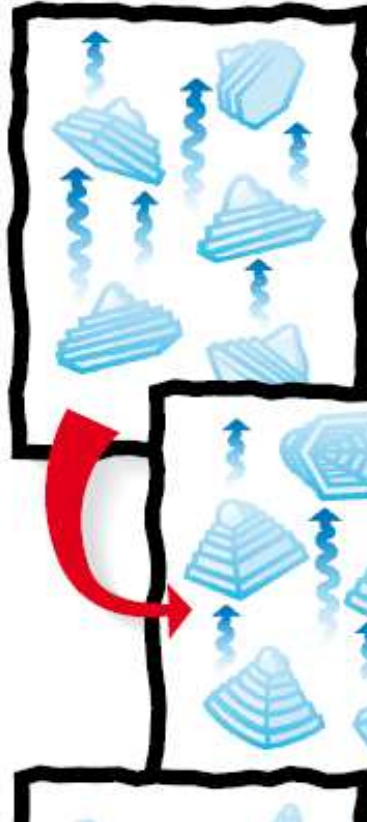
-

Metamorfismo della neve asciutta

Terzo caso:

Evoluzione verso forme di crescita  
cinetica

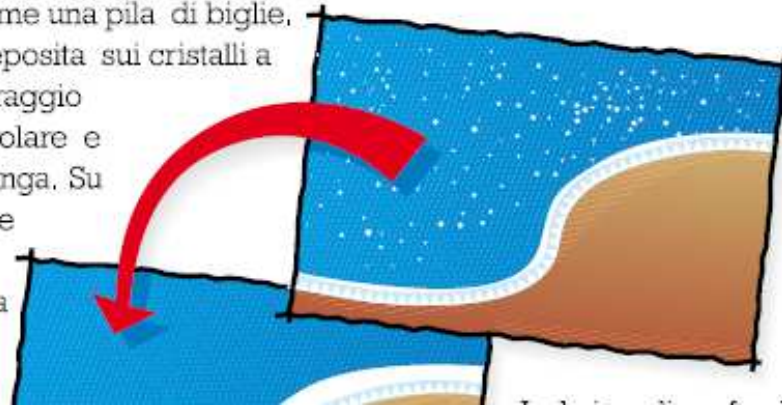
(gradiente ELEVATO)



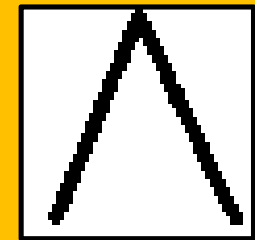
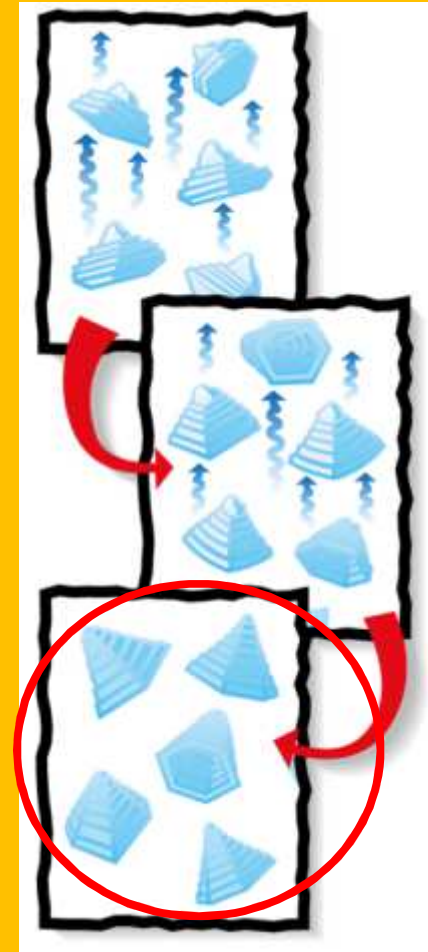
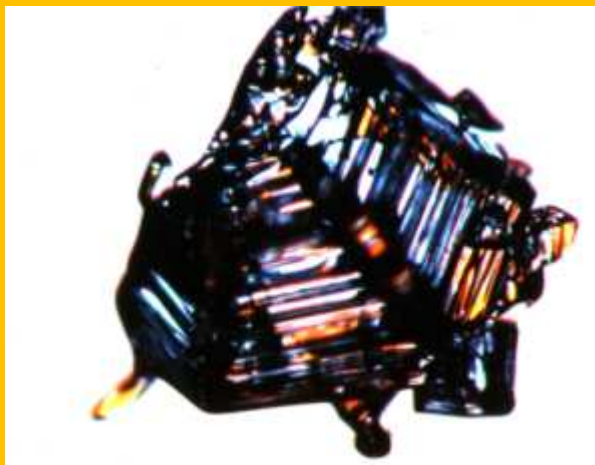
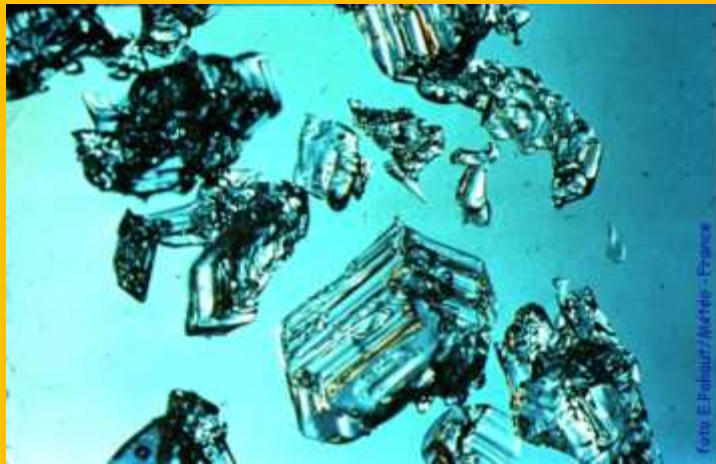
### Terzo caso

Quando la variazione di temperatura nel manto nevoso è forte e dura per più giorni, i grani a facce piane continuano a svilupparsi attraverso il medesimo processo osservato in precedenza: sublimazione diretta dei grani più caldi (sotto), sublimazione inversa sui grani freddi (sopra). Alla base dei grani, si formano dei gradini. I grani si trasformano in piramidi striate con diametro anche di parecchi mm. Essi vengono chiamati **cristalli a calice**, perchè sono concavi (simbolo  $\Lambda$ ), o **brina di profondità**.

I cristalli a calice non hanno alcuna coesione tra loro e sono all'origine di una potenziale instabilità del manto nevoso. Si comportano come una pila di biglie. Lo strato che si deposita sui cristalli a calice ha un ancoraggio precario, può scivolare e provocare una valanga. Su piste regolarmente frequentate o battute, i cristalli a calice non si possono formare.

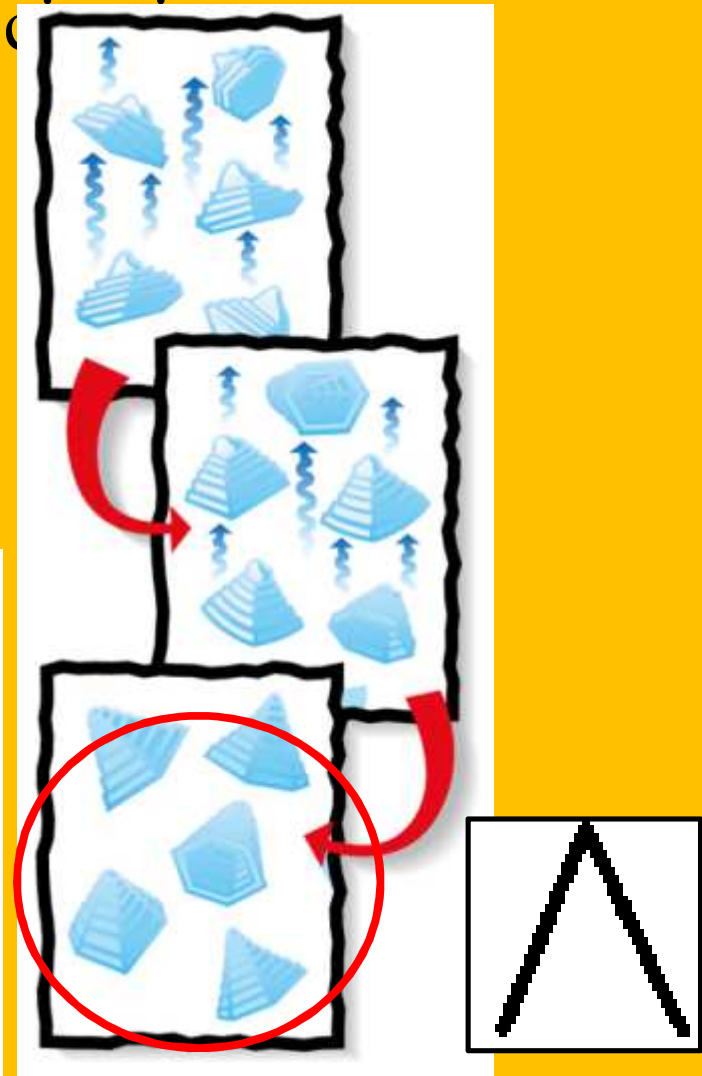
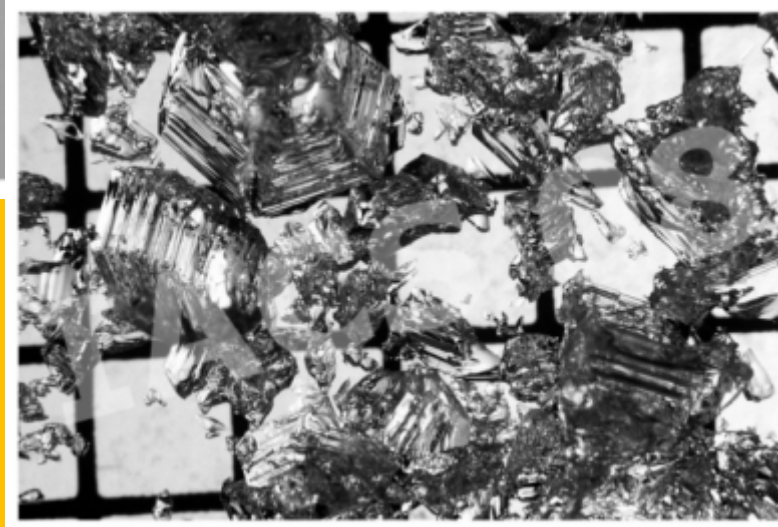
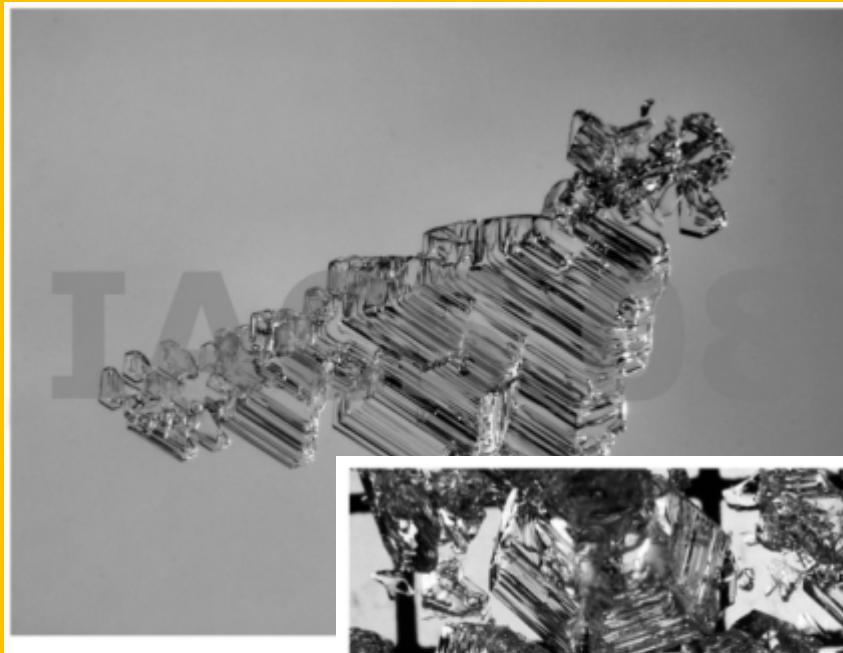


Metamorfismo della neve asciutta:  
Evoluzione verso forme di crescita cinetica



**BRINA DI PROFONDITA' (DH)**

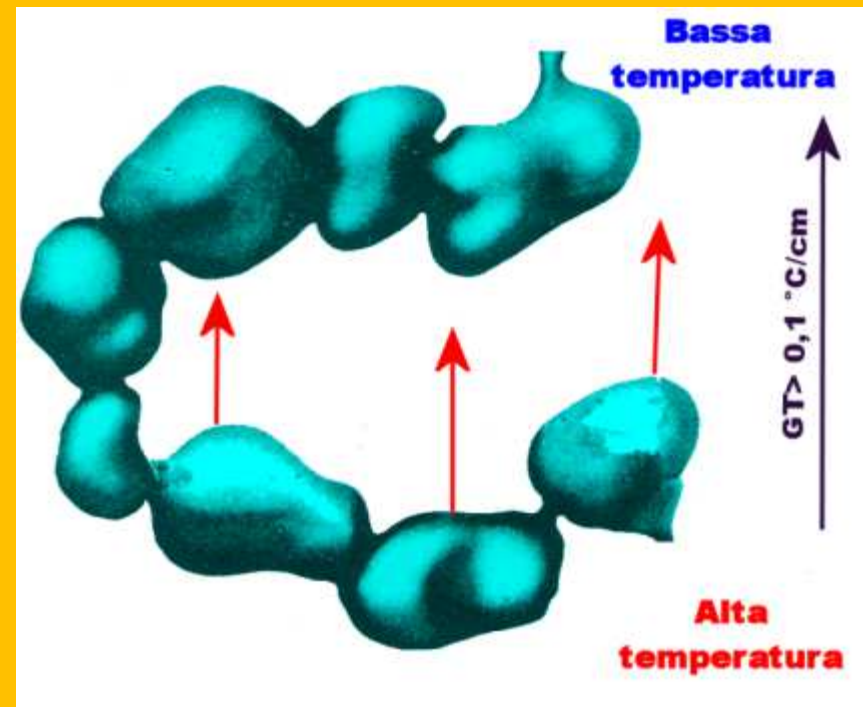
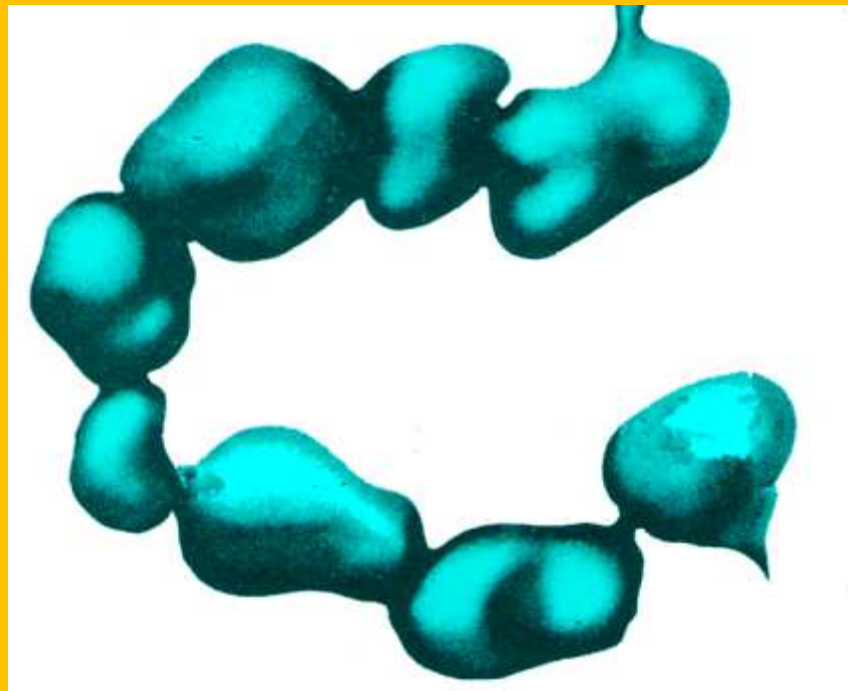
Metamorfismo della neve asciutta:  
Evoluzione verso forme di crescita di equilibrio



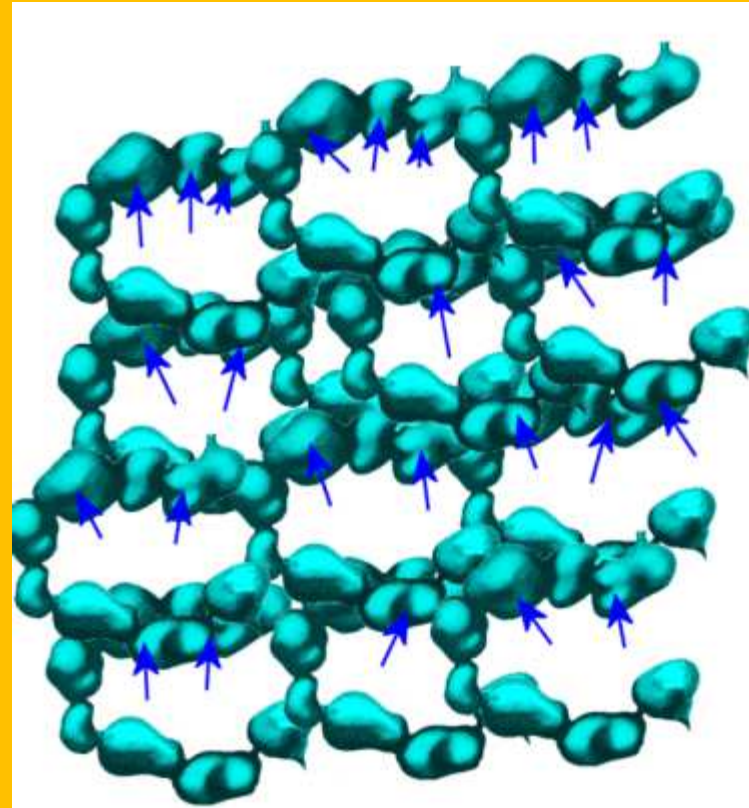
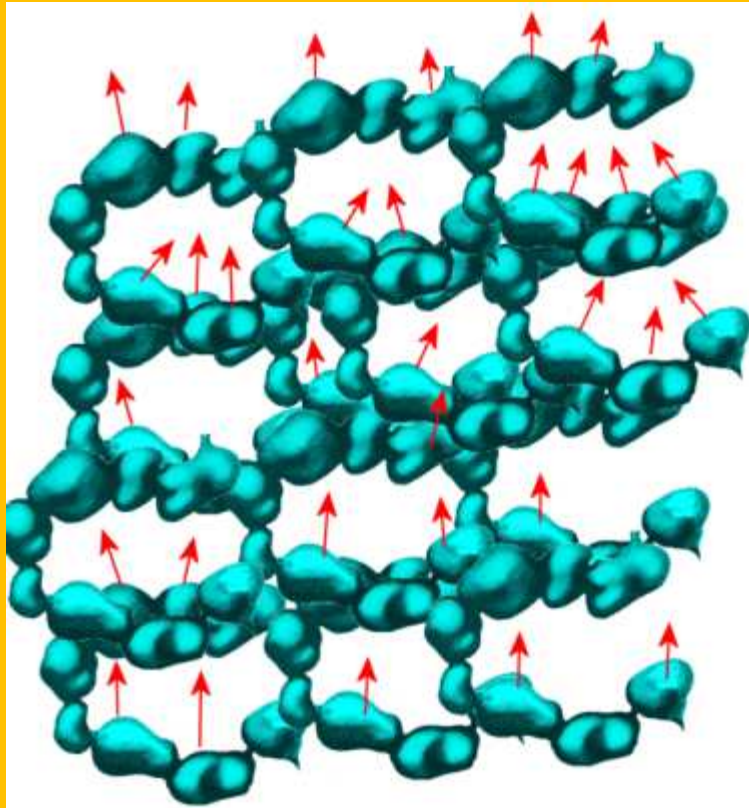
**BRINA DI PROFONDITA' (DH)**

# Evoluzione verso forme di crescita cinetica

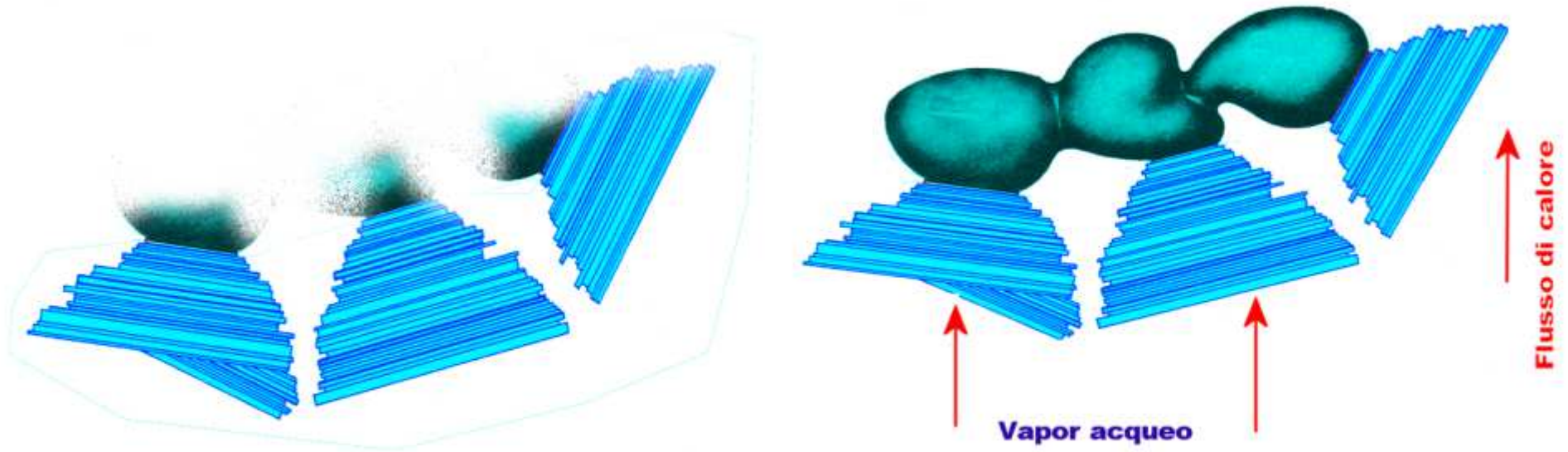
## Grani angolari e brina di profondità



# Diffusione di vapore

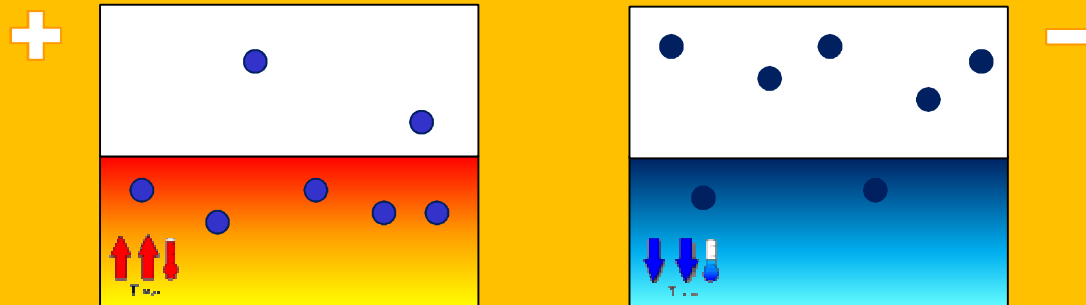


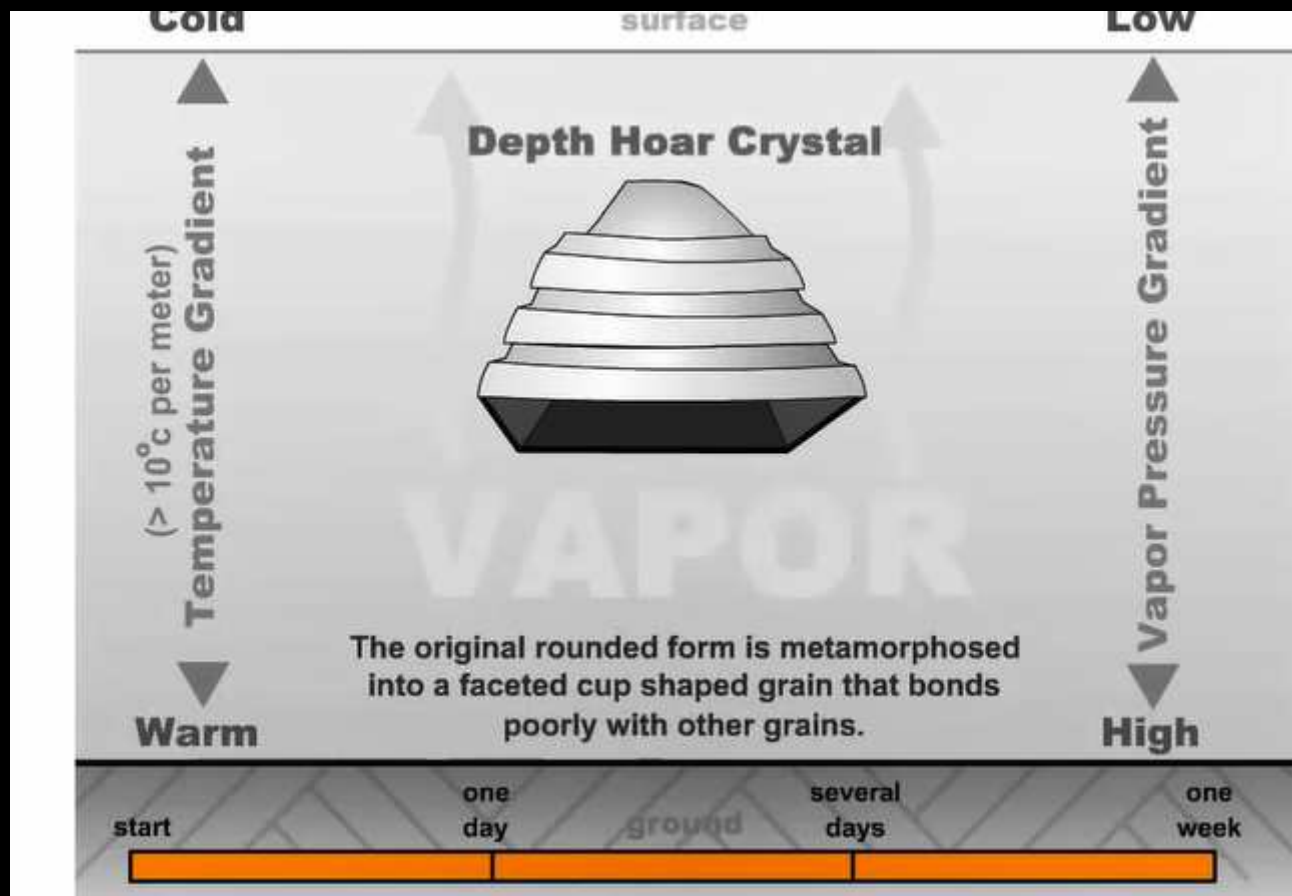
# Diffusione di vapore



In questa trasformazione prevale  
questo processo fisico  
- Processo molto spinto

GHIACCIO  
CALDO/FREDDO



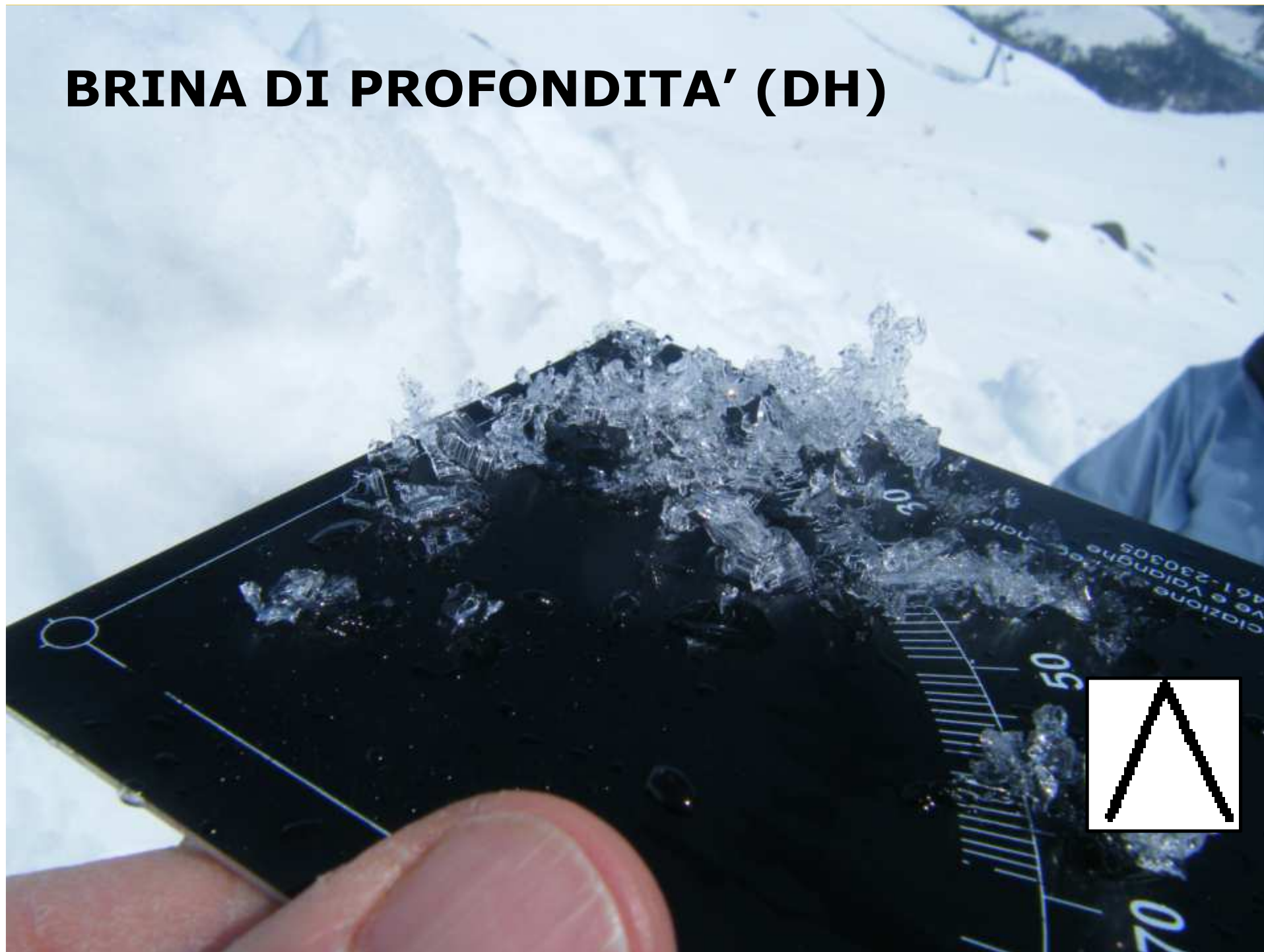


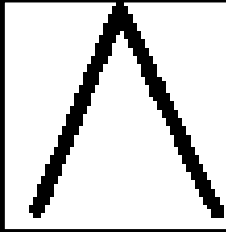
# Metamorfismi da gradiente medio ed elevato



Autore: Prof. Dr. G. V. Di Stefano  
Data: 10/10/2010  
Ora: 14:30  
Luogo: Dipartimento di Geologia  
Università di Palermo

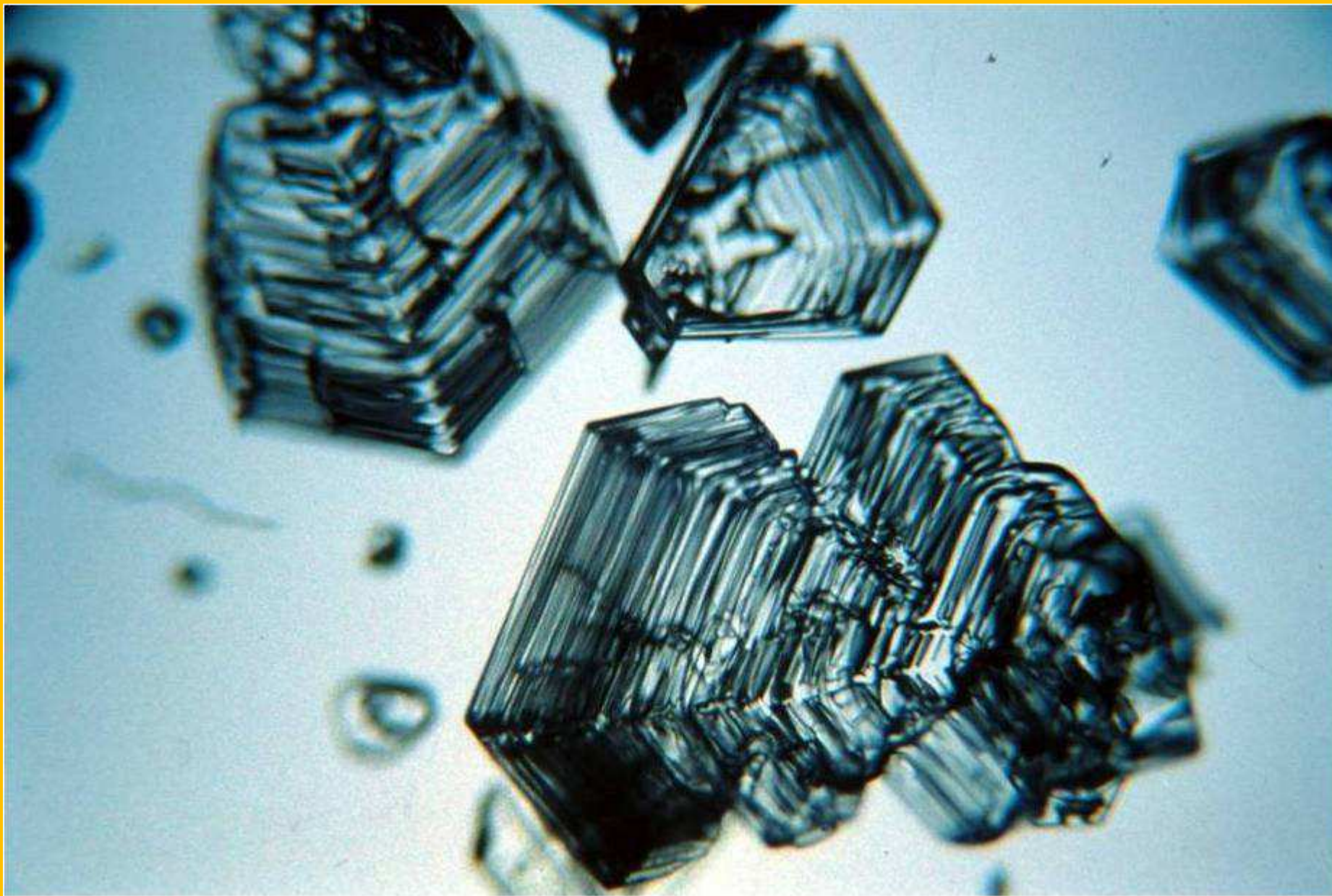
# BRINA DI PROFONDITA' (DH)



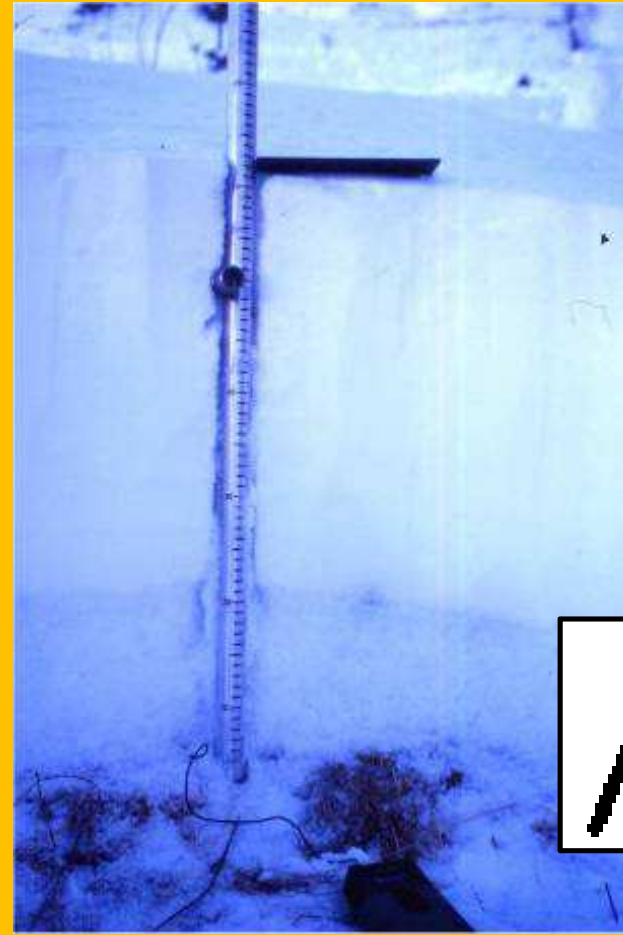


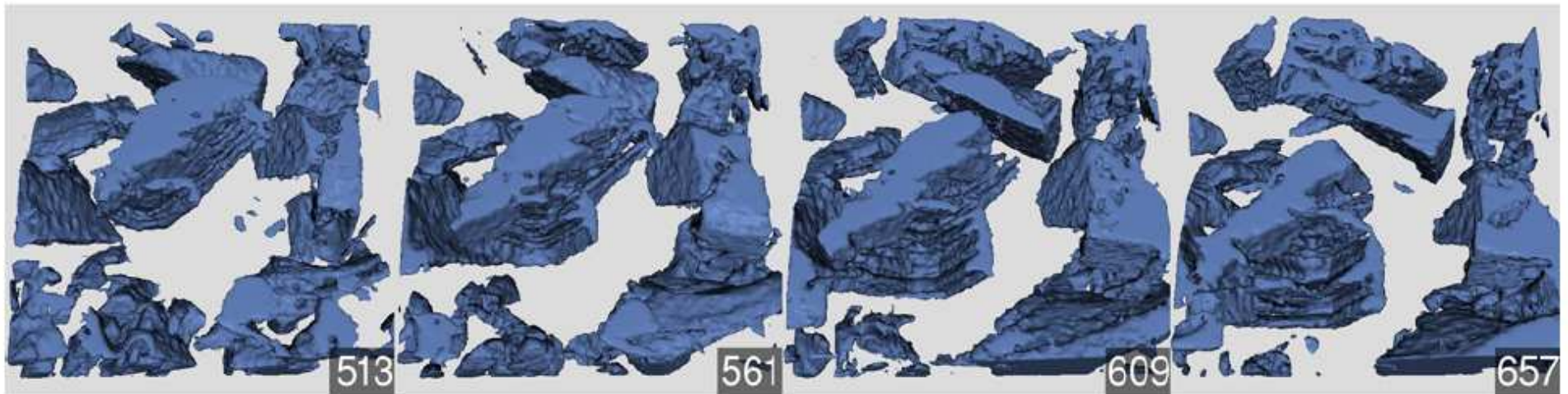
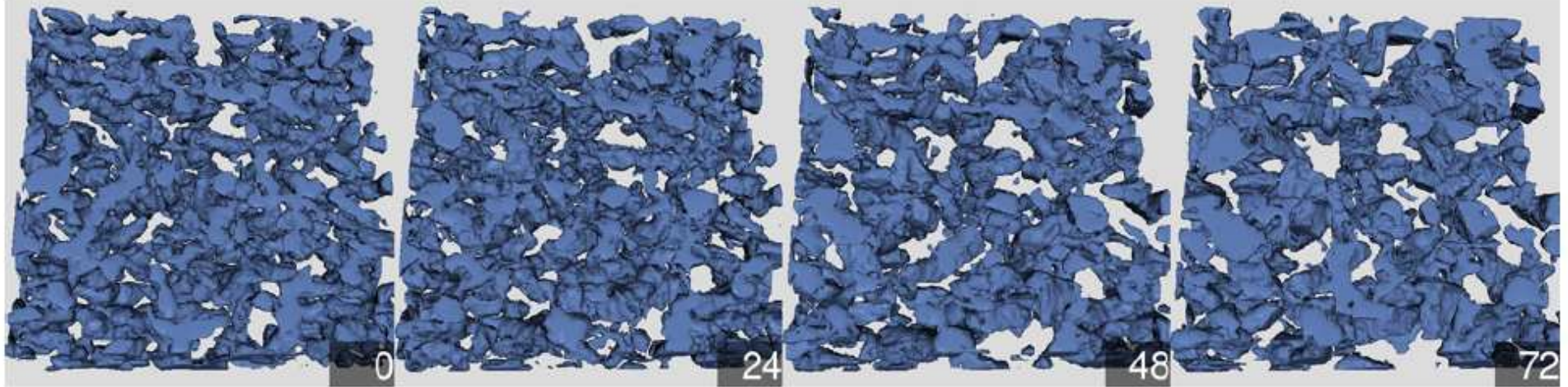
**BRINA DI PROFONDITA' (DH)**



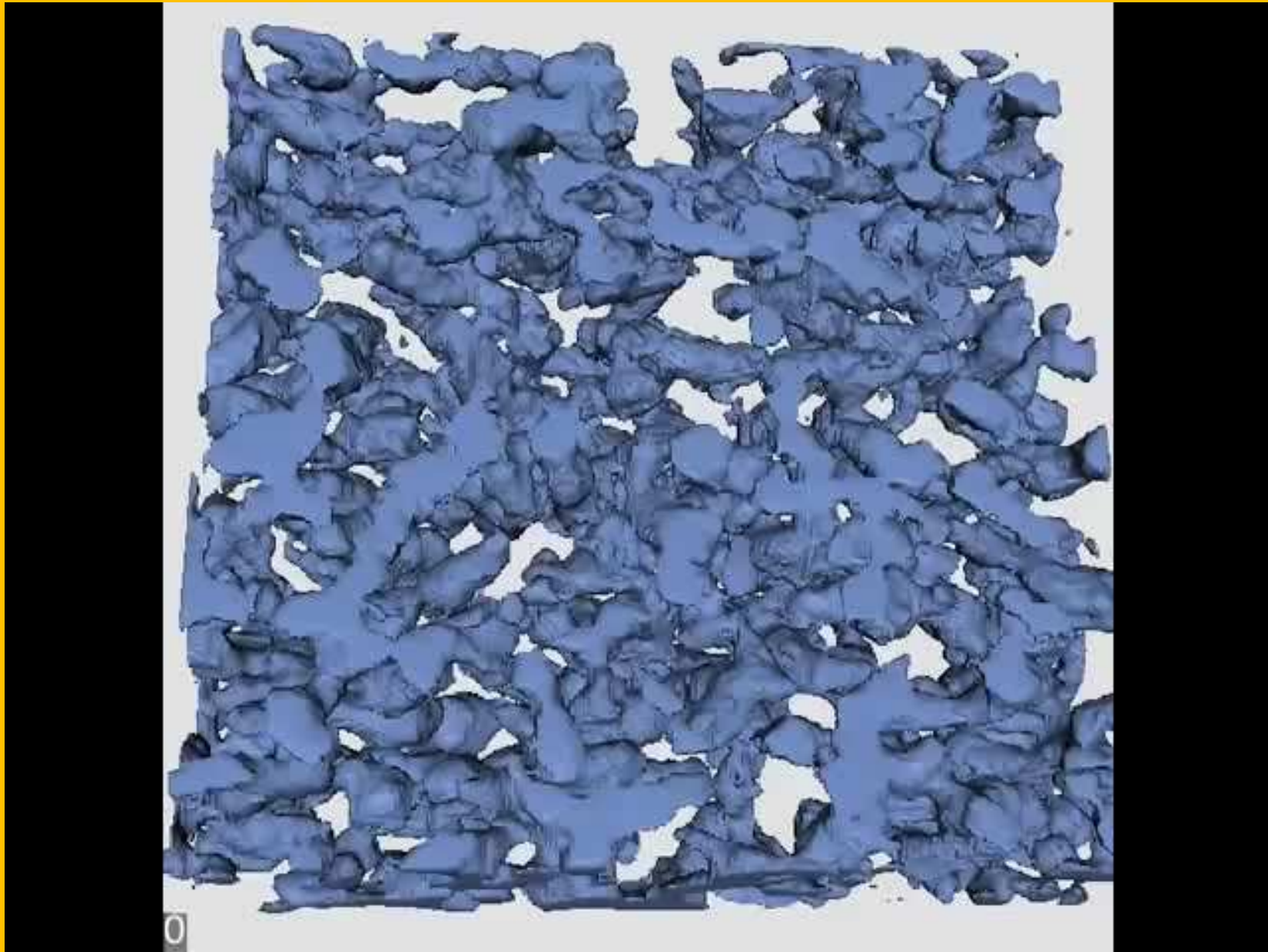


# Metamorfismo della neve asciutta differenze di “colorazione”





after Pinzer et alii (2012)



Metamorfismo costruttivo da gradiente medio – elevato (durata circa 27 giorni)

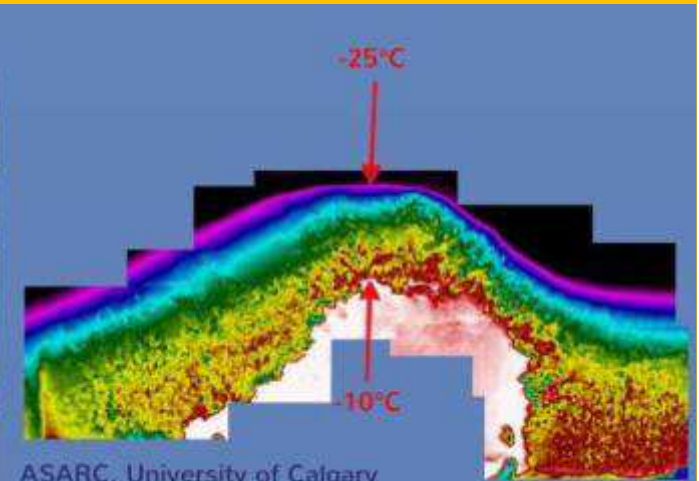
# DOVE TROVO QUESTI CRISTALLI?



MANTO SOTTILE  
ATTORNO A ROCCE  
SUBAFFIORANTI,  
DETRITO DI FALDA,  
CESPUGLI



# DOVE TROVO QUESTI CRISTALLI





# Metamorfismi da gradiente elevato

- il processo è favorito sui versanti in ombra, dalla bassa densità del manto nevoso (alta tensione di vapore e presenza di aria), dalla presenza di cavità (erbe alte, arbusti, ghiaioni, ecc.), da bassi spessori del manto nevoso (a pari temperatura aumenta il gradiente ).



# Metamorfismi da gradiente elevato

Da ricordare: strati compatti impermeabili (croste da fusione e rigelo) presenti nel manto possono fungere da barriere di permeabilità (riduzione degli spessori del manto) creando uno “strato basale virtuale”

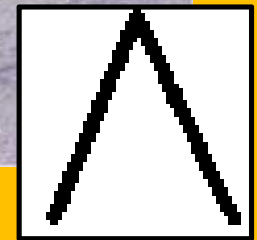
- questo processo richiede aria quindi non è possibile in presenza di acqua liquida o in nevi molto dense (per questo non avviene in strati che hanno subito fusione e rigelo anche in condizioni di alto gradiente; può avvenire sopra o sotto lo strato da fusione e rigelo)

Metamorfismo della neve asciutta:  
“*Evoluzione verso forme di crescita cinetica*”

**Altri nomi dell'evoluzione  
verso forme di crescita :**

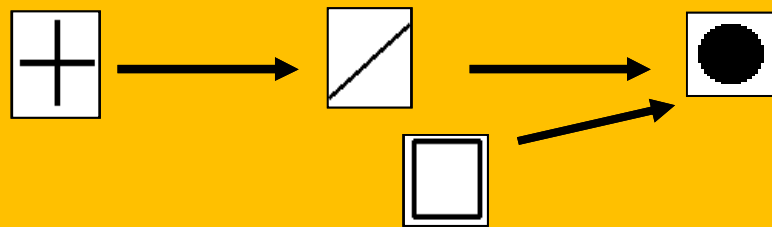
**Metamorfismo costruttivo:**  
nuovi cristalli si formano, con  
forme non derivanti dalla  
precipitazione

**Metamorfismo da gradiente  
di temperatura:** lo strato di  
neve ha al suo interno un  
gradiente di temperatura  
>5°C/m

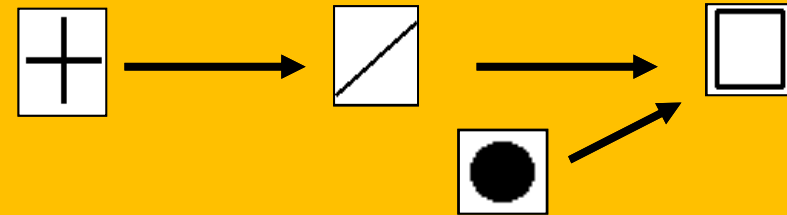


# Metamorfismi della neve secca

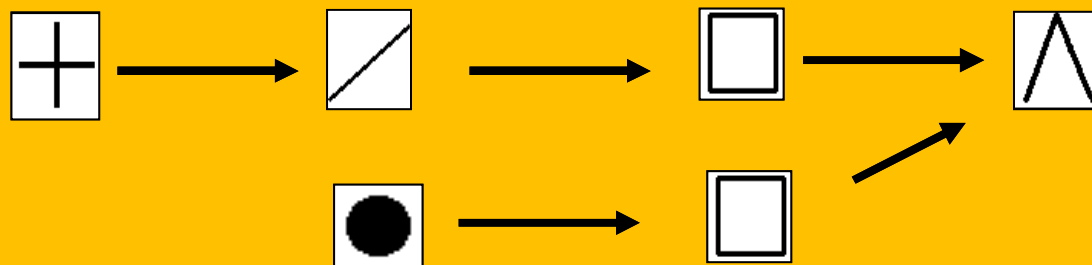
**Debole gradiente  $TG < 5^\circ\text{C}/\text{m}$**



**Moderato gradiente  $5^\circ\text{C}/\text{m} < TG < 20^\circ\text{C}/\text{m}$**



**Forte gradiente  $TG > 20^\circ\text{C}/\text{m}$**



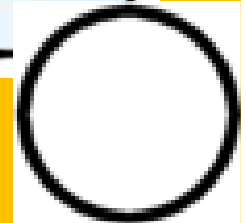
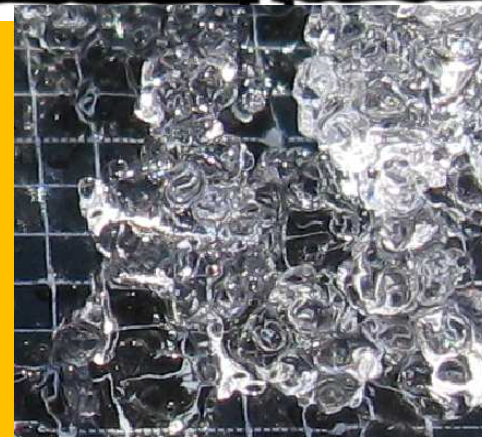
# Metamorfismo della neve BAGNATA

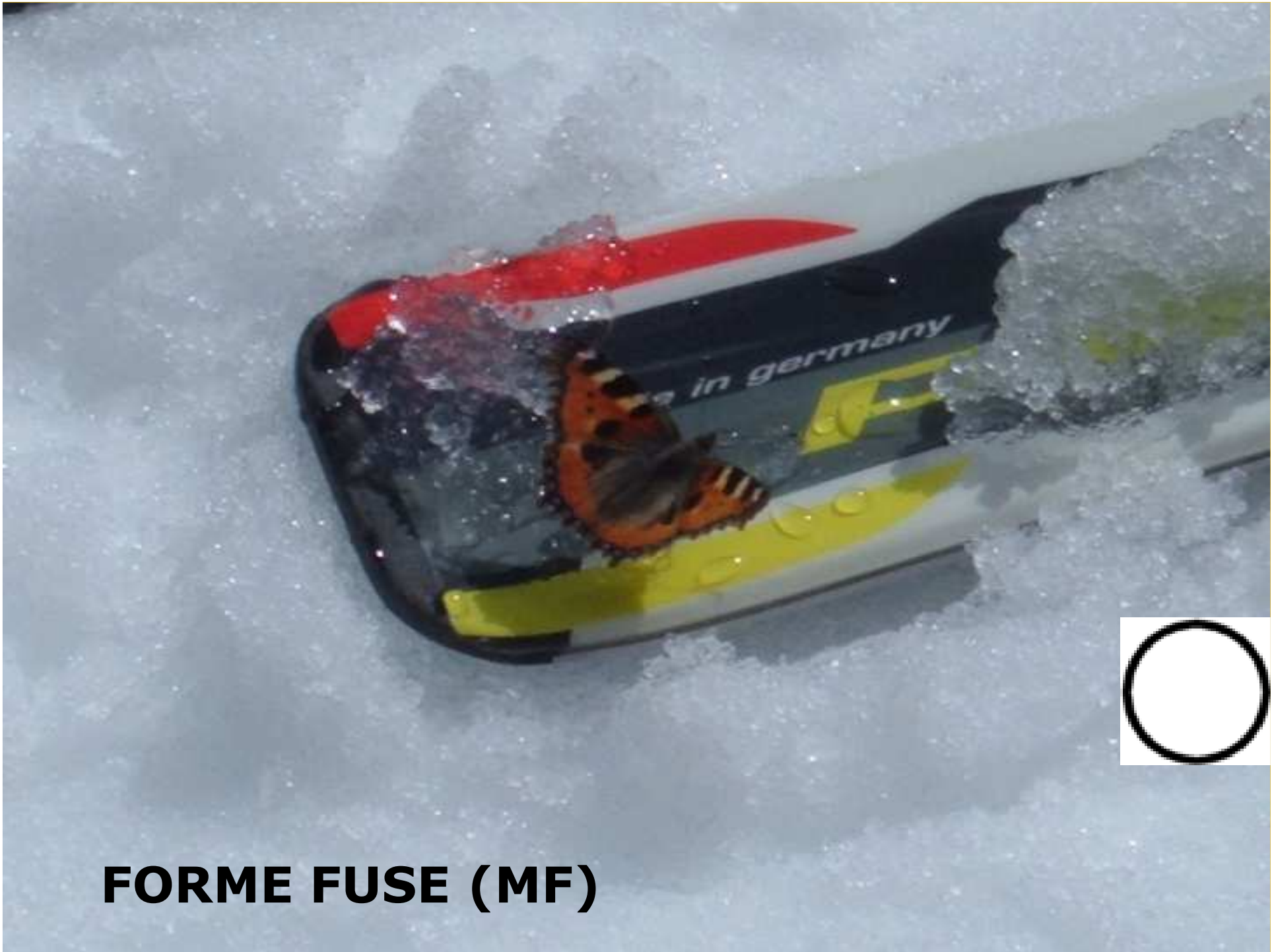
Evoluzione verso forme da fusione e  
rigelo



# Evoluzione verso forme di fusione e rigelo

- **Condizioni:** temperatura del manto nevoso prossima a  $0^{\circ}\text{C}$  per apporti di calore (radiazione, convezione, pioggia)
- **Effetti:**
  - Produzione di acqua liquida
  - Aumento delle densità e diminuzione delle resistenze (successivo aumento per rigelo)
  - In caso di processo avanzato: firm
- **Velocità del processo:**
  - Proporzionale agli apporti di calore





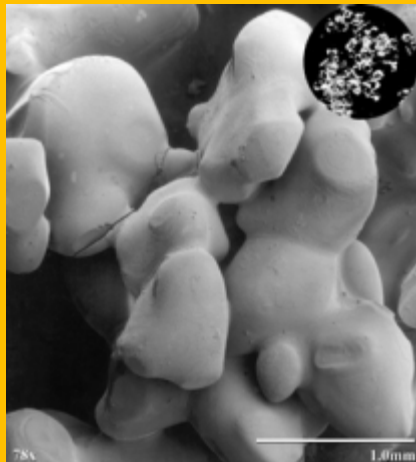
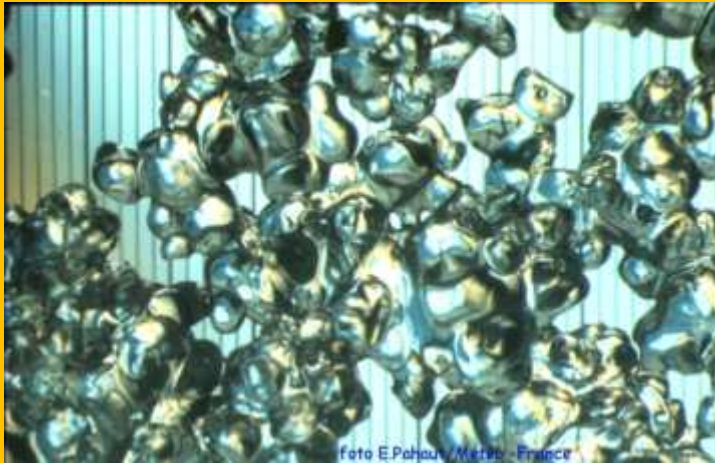
**FORME FUSE (MF)**

# Evoluzione verso forme di fusione e rigelo

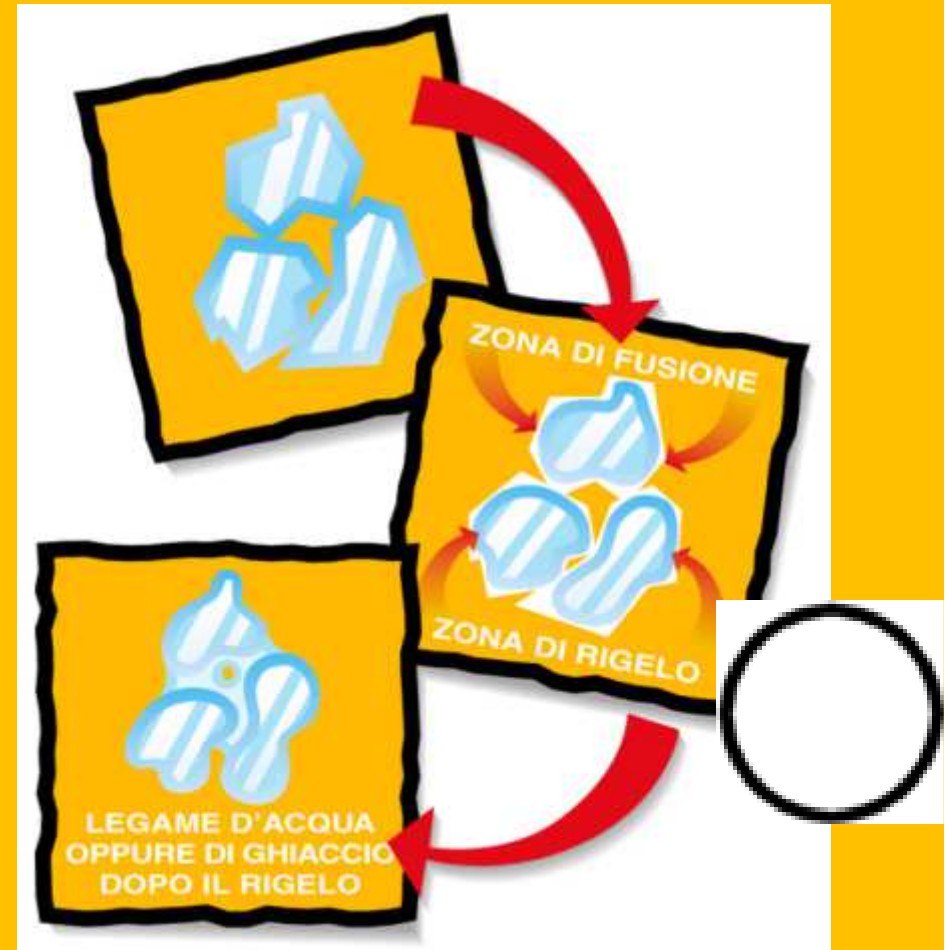


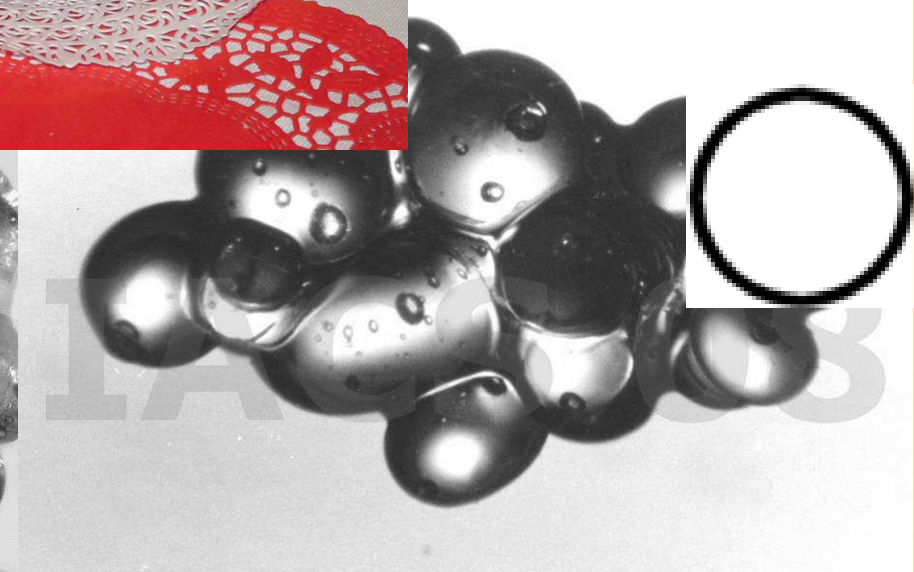
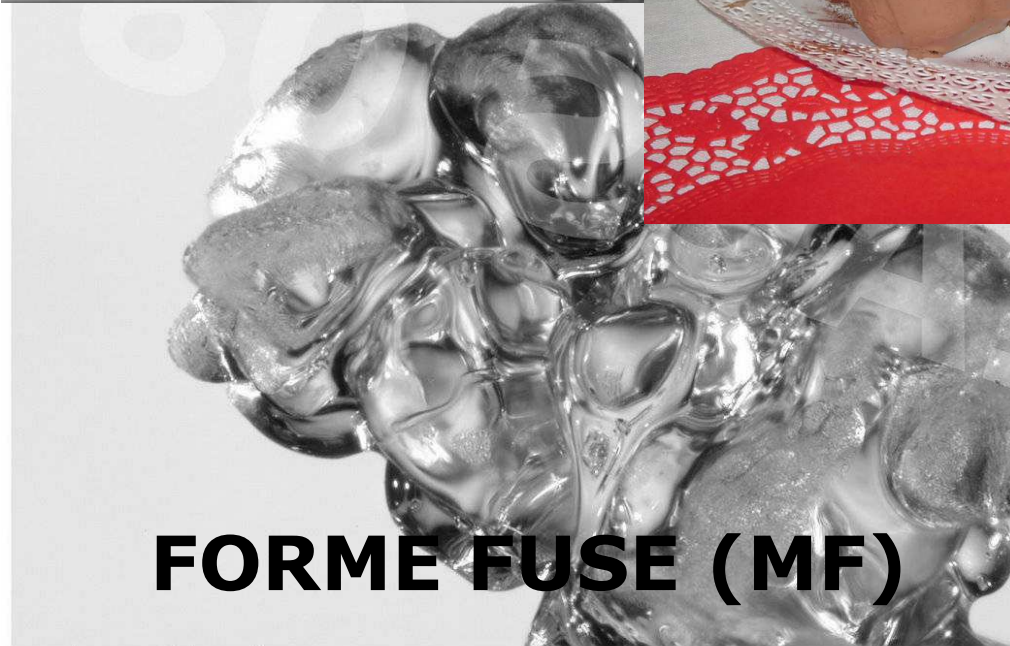
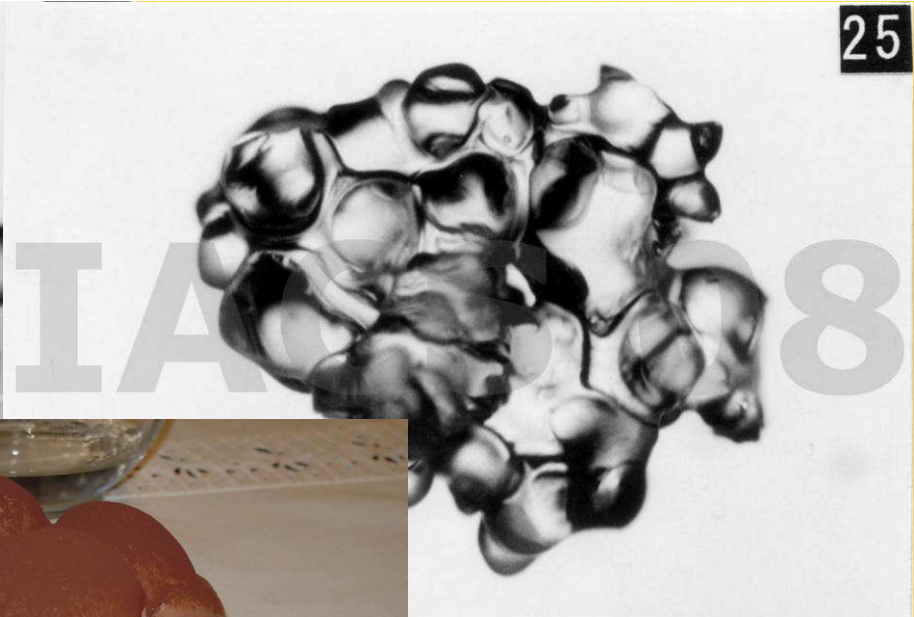
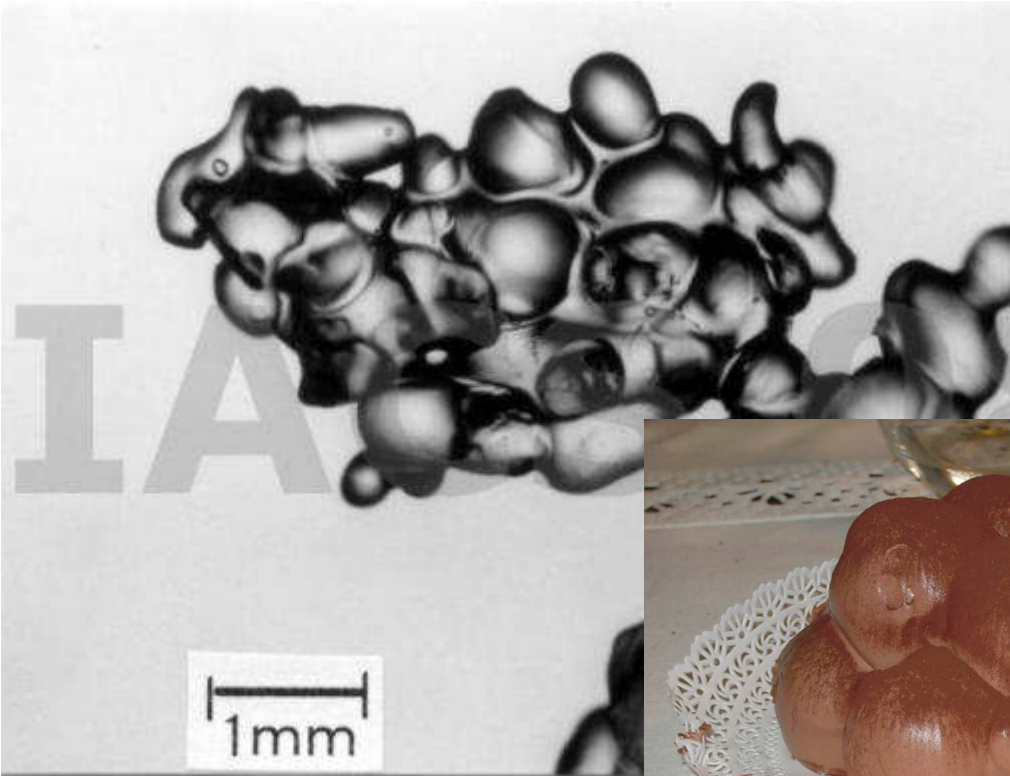
**FORME FUSE (MF)**

# Evoluzione verso forme di fusione e rigelo



**FORME FUSE (MF)**



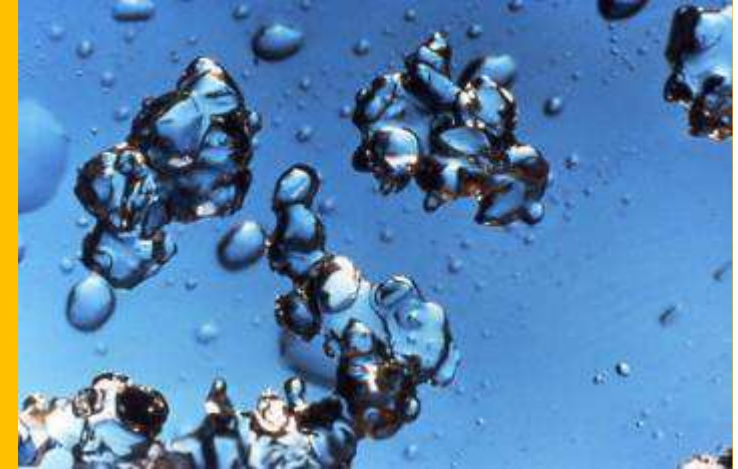


**FORME FUSE (MF)**



# Metamorfismi da fusione e rigelo

tipici della primavera ma anche di periodi “caldi” in pieno inverno; quando la temperatura raggiunge gli  $0^{\circ}\text{C}$  = inizia la fusione e compare acqua liquida intorno ai grani



Si smussano le spigolosità e si rompono i legami diretti (colli); nel caso di ritorno a basse temperature si ha rigelo

in fase finale del processo di fusione e rigelo =  
formazione di grossi grani arrotondati e formazione di aggregati policristallini formati dai grani di ghiaccio e dall'acqua capillare ghiacciata intorno e fra di essi

# Metamorfismi da fusione e rigelo



In caso di fusione se l'acqua è poca ( $< 3\%$  del volume) risale

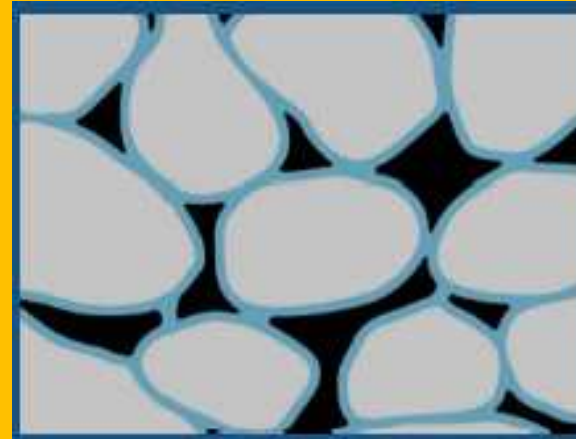
per capillarità

(neve umida)

e sostituisce la coesione per sinterizzazione con la coesione per capillarità (efficace - nevi primaverili) tipo "cemento

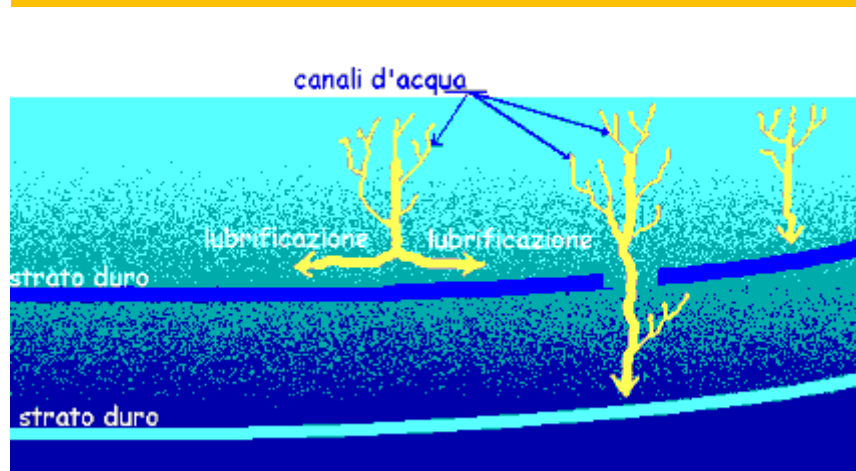
per capillarità (efficace - nevi primaverili) tipo "cemento

armato"



# Strato di ghiaccio (IF)

- Strato di ghiaccio orizzontale



- Strato di ghiaccio che si forma per rigelo dell'acqua di fusione percolante



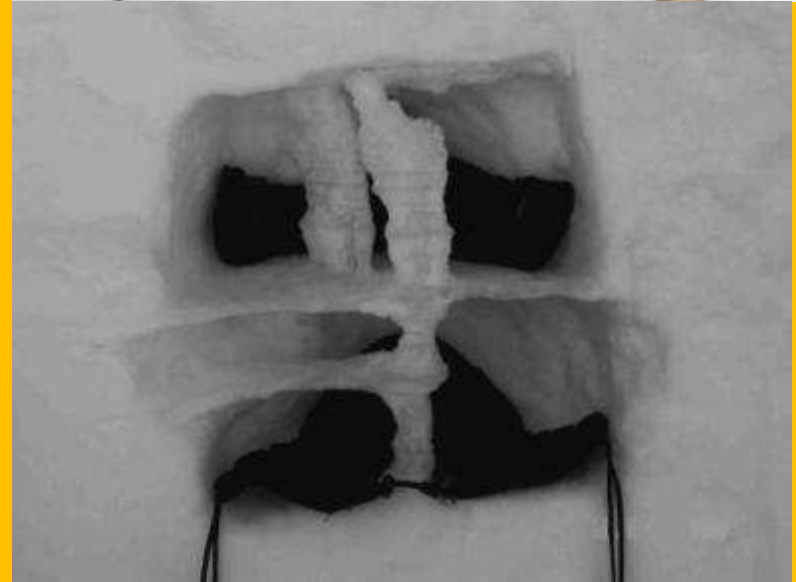
Effetti sulla resistenza:  
Gli strati di ghiaccio sono resistenti, la resistenza cala una volta che la neve è completamente bagnata

# Colonna di ghiaccio IF



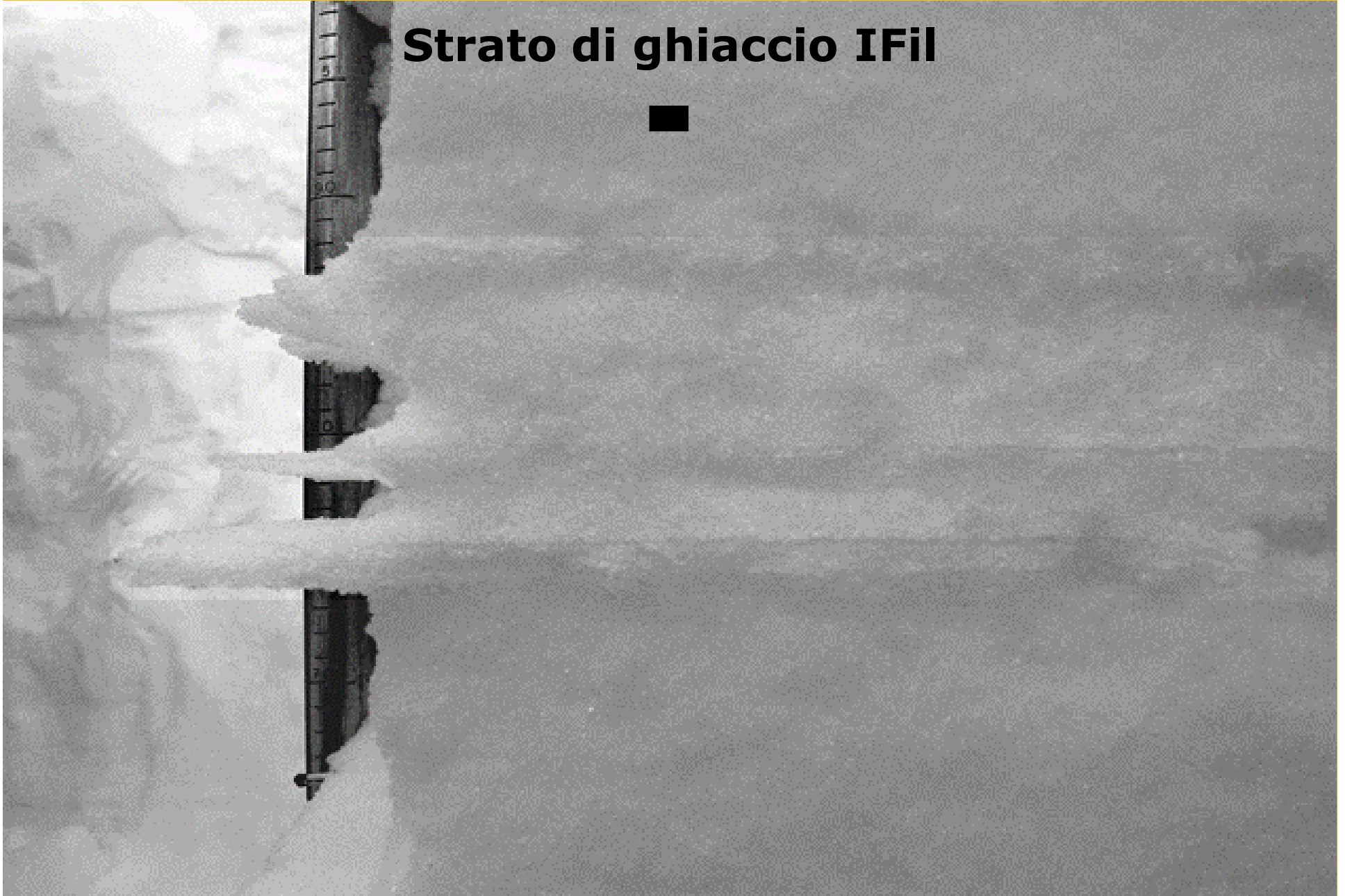
- Colonna di ghiaccio verticale

- L'acqua che percola nelle colonne verticali ghiaccia a causa della conduzione termica della neve fredda circostante, cioè neve a  $T < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$





## Strato di ghiaccio IFil



# Metamorfismo da fusione e rigelo



I fattori che promuovono lo sviluppo di metamorfismo da fusione e rigelo con formazione di policristalli arrotondati sono:

Notti fredde e serene, giornate calde e soleggiate (o con velature)

Pioggia

Pendii ripidi esposti al sole

Neve ad alta densità (con elevati tenori in acqua liquida)

**ALTRO METAMORFISMO  
IMPORTANTE: QUELLO DEL  
VENTO**

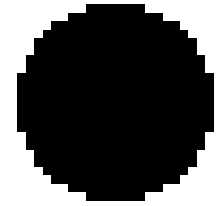
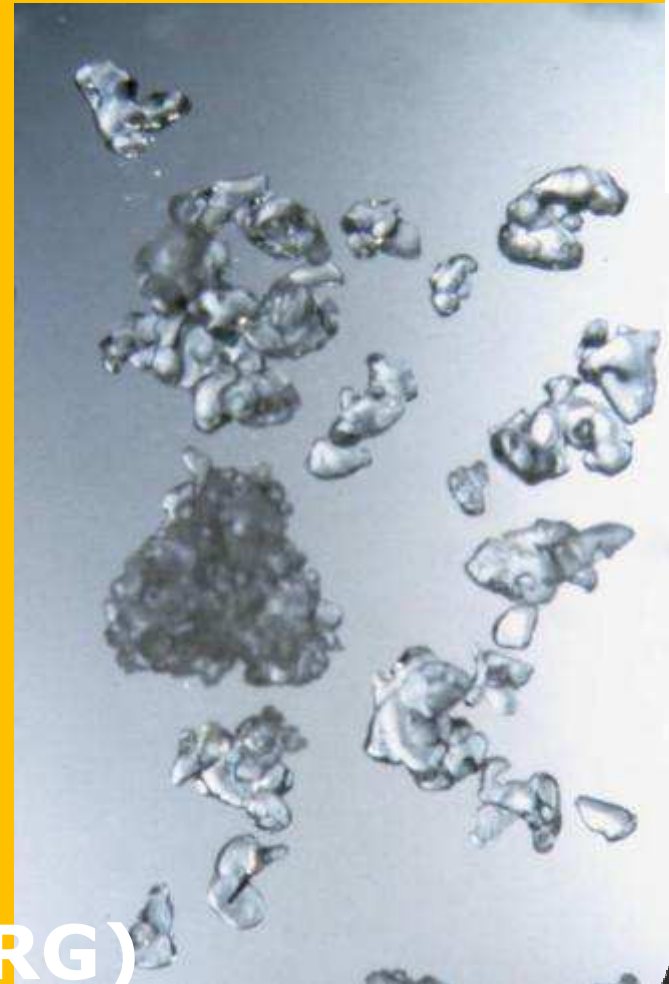
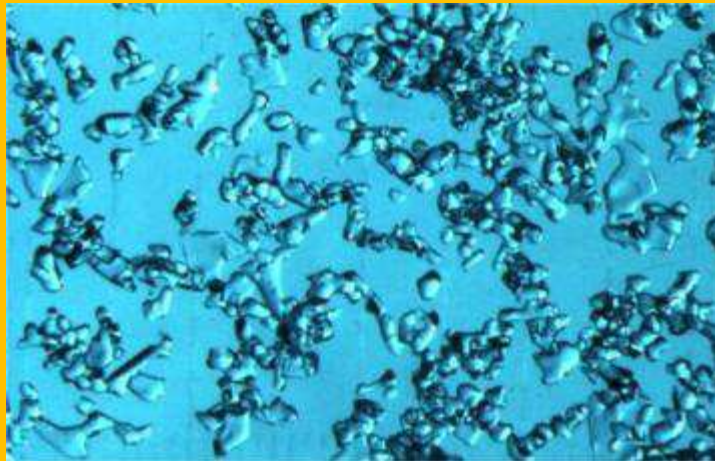
# il vento: azione meccanica

rimaneggiamento del  
manto nevoso con  
spostamento anche di  
grandi masse = lastroni da  
vento



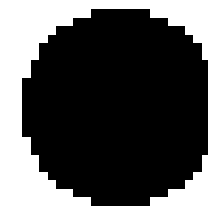
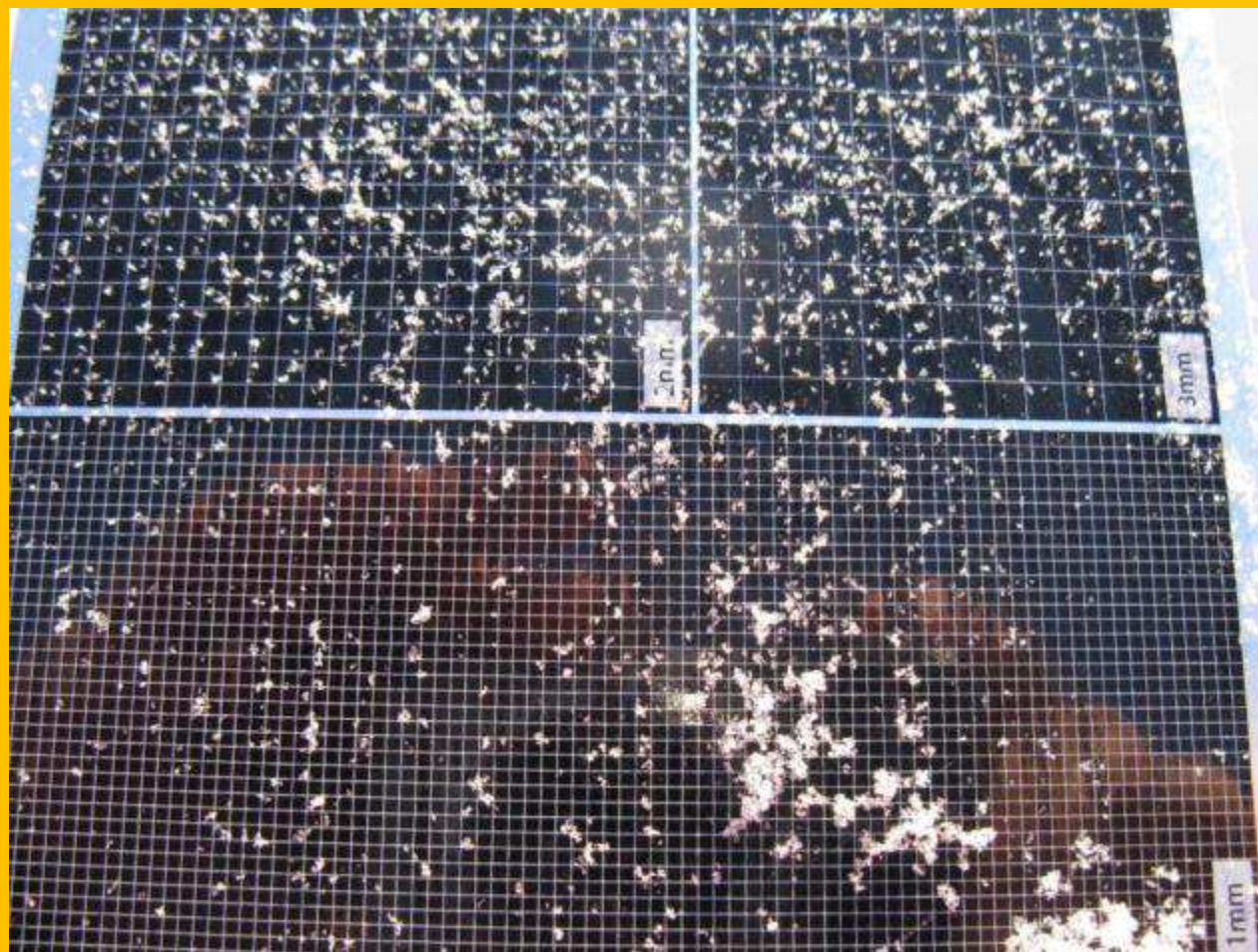
# Piccole particelle arrotondate

- Particelle arrotondate di dimensioni inferiori a 0,5 mm, spesso ben legate



**Grani arrotondati (RG)**

# Particelle arrotondate



# Altri Metamorfismi

sinterizzazione da vento

rapida frammentazione con  
arrotondamento più pressione  
meccanica con conseguente  
saldatura reciproca tra i cristalli  
(sinterizzazione)

Genera anche lastroni durissimi  
(appena scalfibili dalle lamine degli  
sci o dai ramponi)



# Altri Metamorfismi

sinterizzazione da vento

rapida frammentazione con  
arrotondamento più pressione  
meccanica con conseguente  
saldatura reciproca tra i cristalli  
(sinterizzazione)

Genera anche lastroni durissimi  
(appena scalfibili dalle lamine  
degli sci o dai ramponi)



# Altri Metamorfismi

sinterizzazione da vento

rapida frammentazione con  
arrotondamento più pressione  
meccanica con conseguente  
saldatura reciproca tra i cristalli  
(sinterizzazione)

Genera anche lastroni durissimi  
(appena scalfibili dalle lamine  
degli sci o dai ramponi)



# Altri Metamorfismi

Da soleggiamento diretto  
formazione di uno strato sottile e traslucido  
da rigelo del vapore dato dalla  
radiazione diretta del sole  
superficie molto liscia e spesso con vuoto tra la  
crosta e la superficie sottostante

Detta anche

Firnspiegel (neve specchiata)  
presenta una bassissima resistenza e costituisce  
un ottimo piano di scivolamento

