

NIVOLOGIA



ADVENTURE DREAMERS

FIND YOUR ADVENTURE

WWW.ADVENTUREDREAMERS.COM

I N D I C E

**LA FORMAZIONE
DELLA NEVE**

**I METAMORFISMI
NEL MANTO
NEVOSO**

**LA
TRASFORMAZIONE
DELLA NEVE AL
SUOLO**

PREMESSA

Un fattore importante per ogni alpinista o sci alpinista è la conoscenza del terreno di gioco, della sua evoluzione e dei pericoli che nasconde.

LE CONSEGUENZE DI UNA VALANGA POSSONO ESSERE PERICOLOSE, ADDIRITTURA LETALI. E' IMPORTANTE IMPARARE AD OSSERVARE IL TERRENO E STUDIARE LA SUA EVOLUZIONE NEL TEMPO. SOLO IN QUESTO MODO SARÀ POSSIBILE EVITARE DELLE SITUAZIONI DI POTENZIALE PERICOLO.

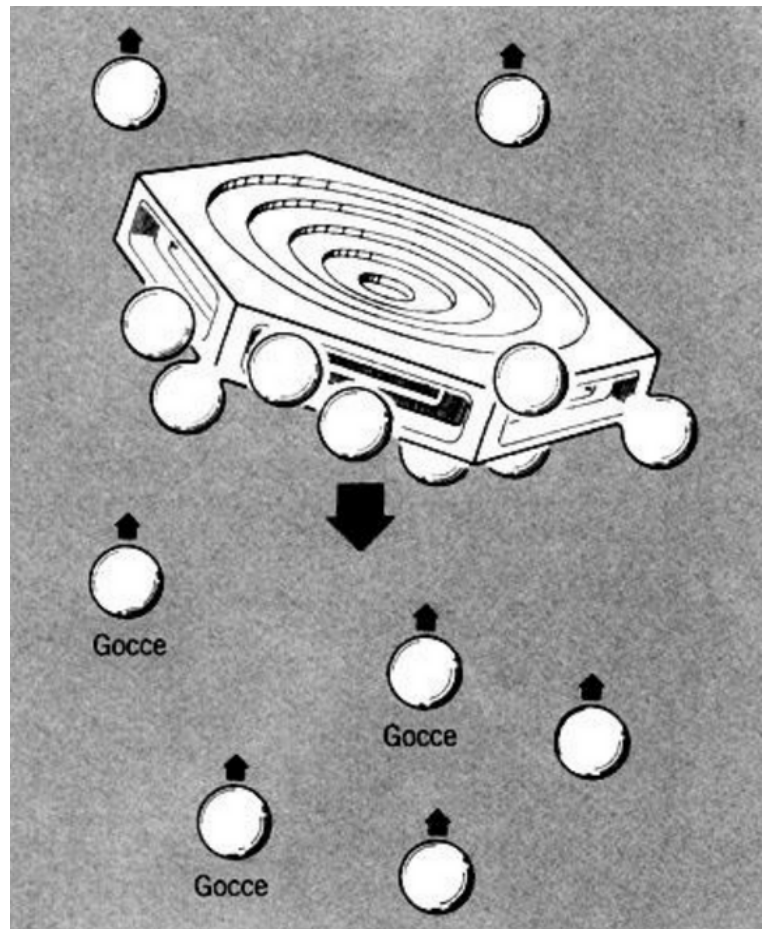
In questo manuale verranno esposte le basi della scienza che studia le caratteristiche fisico-chimiche della neve, la nivologia; e dei conseguenti fenomeni, le valanghe.

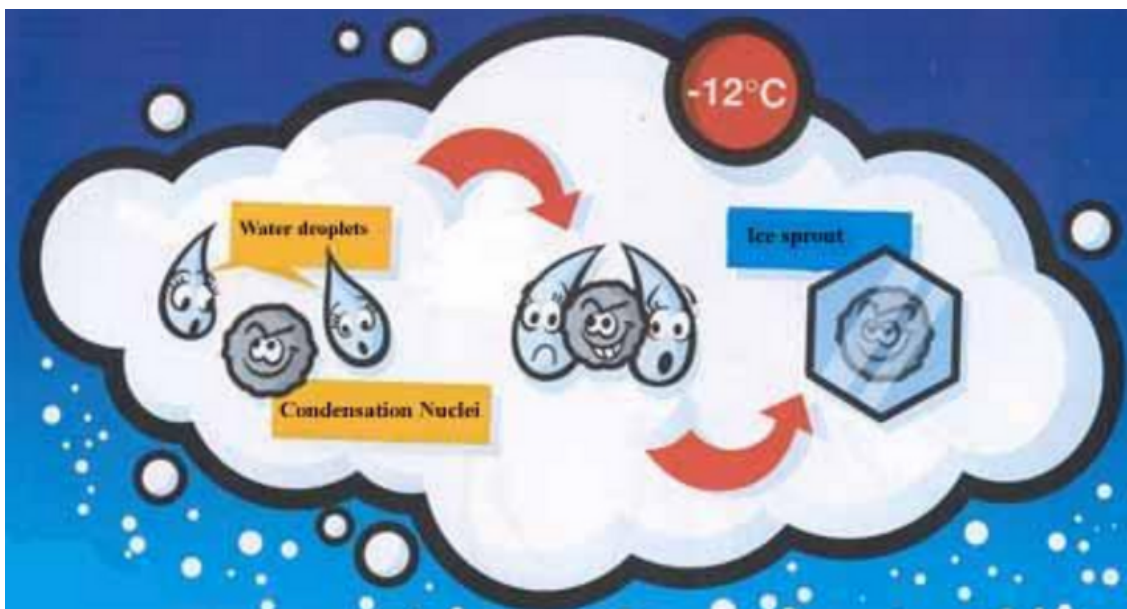
Sono molti i fattori da tenere a mente, ma grazie a queste perle, potrai osservare la montagna d'inverno e poter riconoscere e capire situazioni potenzialmente pericolose.

La formazione della neve

Nella libera atmosfera i **cristalli di ghiaccio** si formano per **coalescenza** (piccole gocce di liquido tendono a unirsi a particelle più grandi, formando aggregati di maggiori dimensioni) attorno al **pulviscolo atmosferico**.

Questo fenomeno si verifica a temperature molto basse (-39°C in atmosfera pura e tra i -10°C e i -25°C quando abbiamo la massima differenza tra tensione di vapore e ghiaccio).





LA FORMAZIONE DEL CRISTALLO DI NEVE

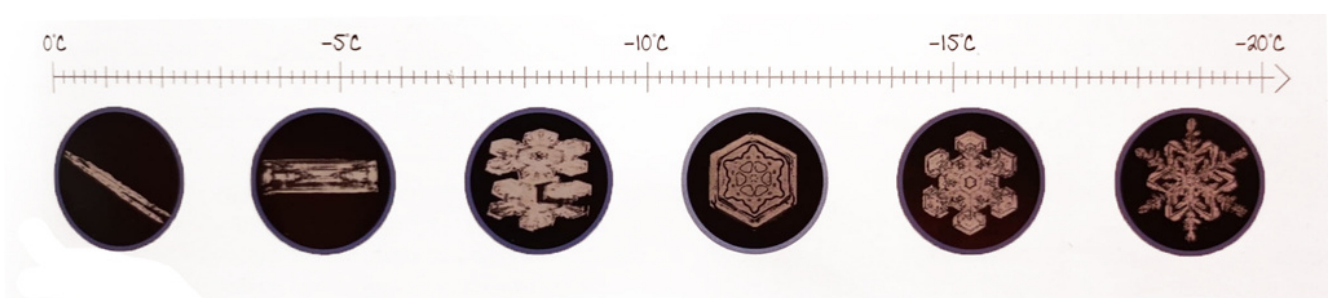
Il processo di **brinamento** e di formazione del futuro cristallo di neve avviene solamente in presenza dei **nuclei di congelamento**.

Questi nuclei danno origine a **germi di accrescimento**, per il continuo aggiungersi di molecole di vapore, prendendo la forma del **cristallo**, con struttura **esagonale** (attrazione delle molecole di vapor d'acqua). La dimensione è funzione della quantità di vapore presente nell'atmosfera.

A causa delle turbolenze nelle nubi, dei cambiamenti di temperatura ed umidità, ogni cristallo assume una **propria forma**.

- La temperatura pilota la sagoma che andrà ad assumere il cristallo
- L'umidità (quantità di vapor d'acqua, ne determina le dimensioni)

La cristallizzazione, che avviene nel sistema esagonale, varia a seconda delle temperature:



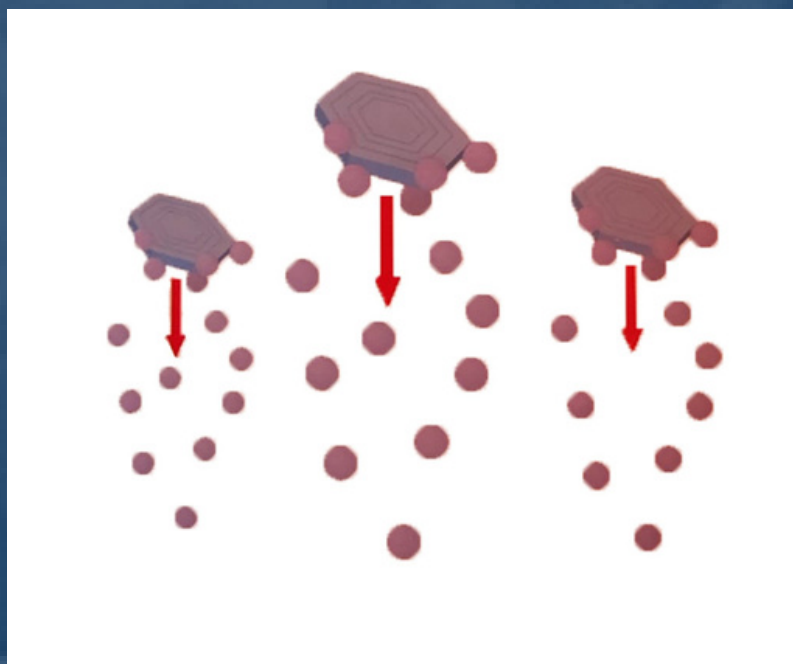
- A temperature tra **0° e -6°** si formano aghi di ghiaccio e prismi irregolari a base esagonale
- Tra **-6° e -10°** il cristallo si sviluppa lungo l'asse verticale, formando prismi esagonali
- Tra **-10° e -16°** il cristallo si sviluppa sul piano orizzontale, formando piastrine esagonali
- Tra **-16° e -20°** inizia la crescita di ramificazioni che si dipartono dai vertici dell'esagono, e a loro volta ramificano ulteriormente.

NOTA: nella realtà lo schema è molto più complesso e variabile! Il numero di forme che possono assumere i cristalli è smisurato.

LA NEVE PALLOTTOLARE

La nube ha un certo spessore, ed al suo interno la temperatura diminuisce di circa 0,5-0,6 °C/100m; perciò dalla base alla sommità della nube i germi di ghiaccio troveranno ambienti di crescita diversi.

Spesso nella fase iniziale di una nevicata o un rovescio temporalesco la base della nube è formata da uno strato di gocce d'acqua a temperature negative (acqua soprafusa).

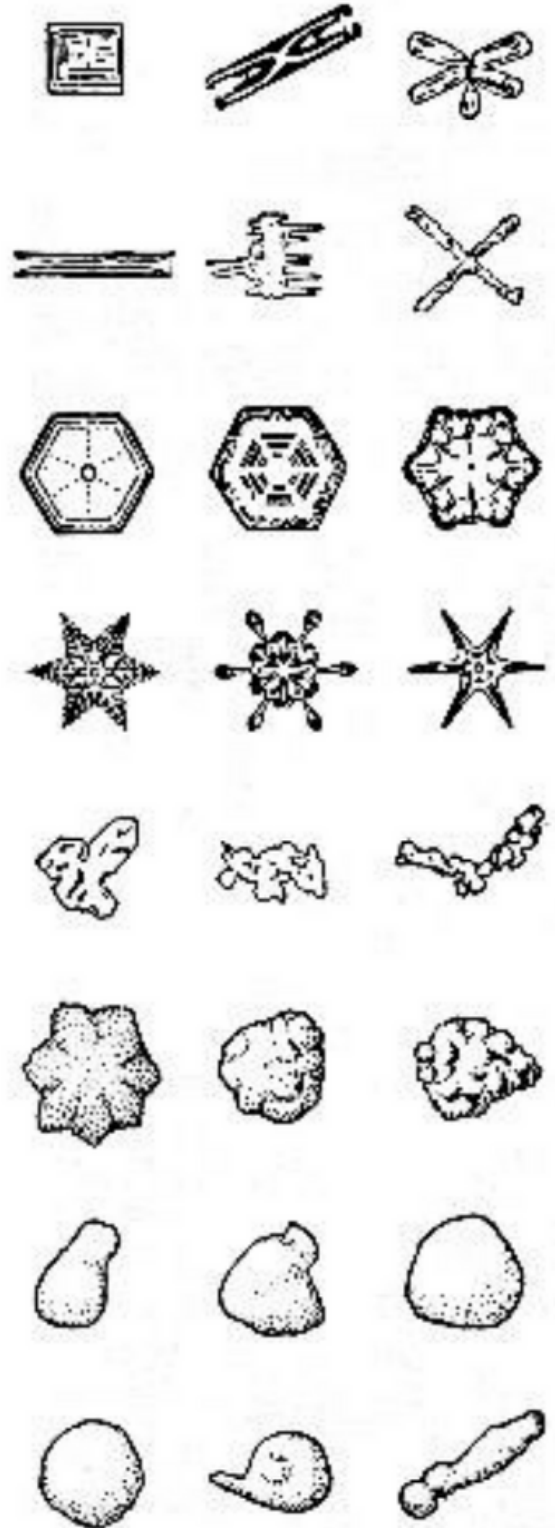
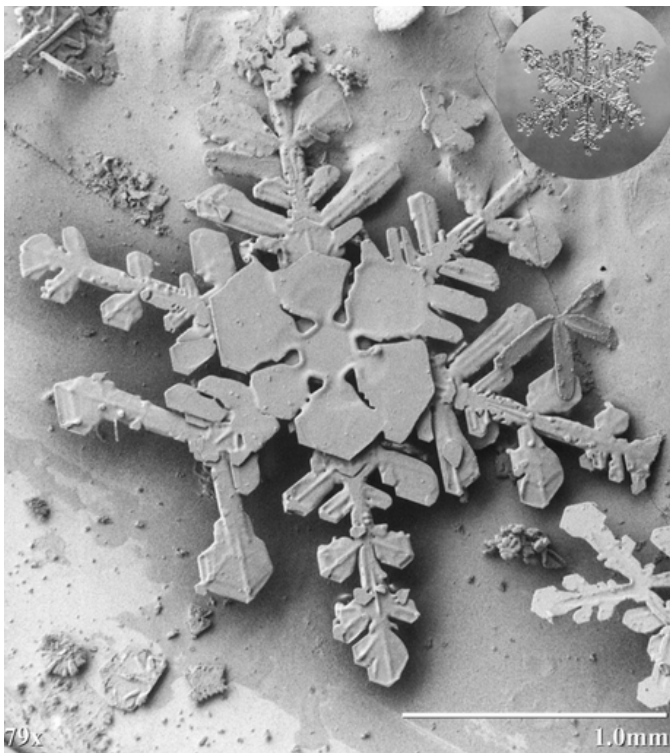
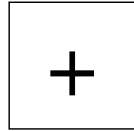


Nella discesa al suolo i cristalli sono obbligati ad attraversare questo strato, venendo in contatto con le gocce di acqua soprafusa. In questo modo il cristallo si arricchisce di gocce d'acqua, che solidificano al contatto.

In questo modo il cristallo assume una forma a sferula, bianco opaco.

LA NEVE FRESCA

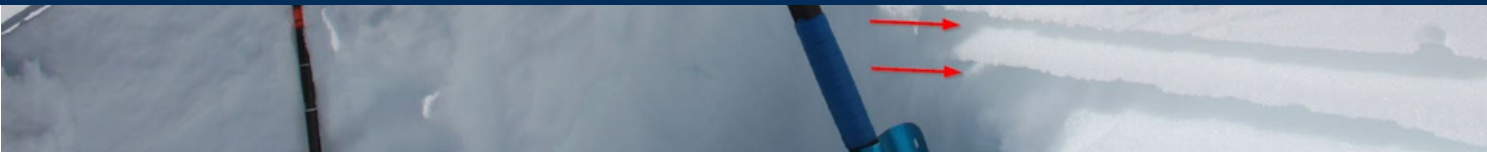
Simbolo neve fresca:





METAMORFISMI

EVOLUZIONE DEL MANTO NEVOSO



Il **metamorfismo** è la trasformazione che la neve subisce dalla deposizione al suolo alla fusione (o al passaggio al ghiaccio da ghiacciaio).

Sono due gli **agenti principali responsabili** dei metamorfismi della neve: la **pressione** (il peso degli strati di neve superiori) e la **temperatura** (che determina la velocità del metamorfismo).

L'aumento di temperatura è causato dall'irraggiamento solare, dal vapore che condensa e rilascia calore latente, dal flusso di energia che proviene dal suolo.

La perdita di temperatura è causata dalla radiazione nell'infrarosso della neve e dai processi di evaporazione e sublimazione.

Esiste una tendenza naturale a ripristinare l'**equilibrio barico** quando vi sono condizioni di disequilibrio (differenza di pressione).

All'interno del manto nevoso si può verificare disequilibrio tra cristalli vicini o tra diversi punti dello stesso cristallo (zone concave e zone convesse). Allora si osserva una migrazione di molecole.

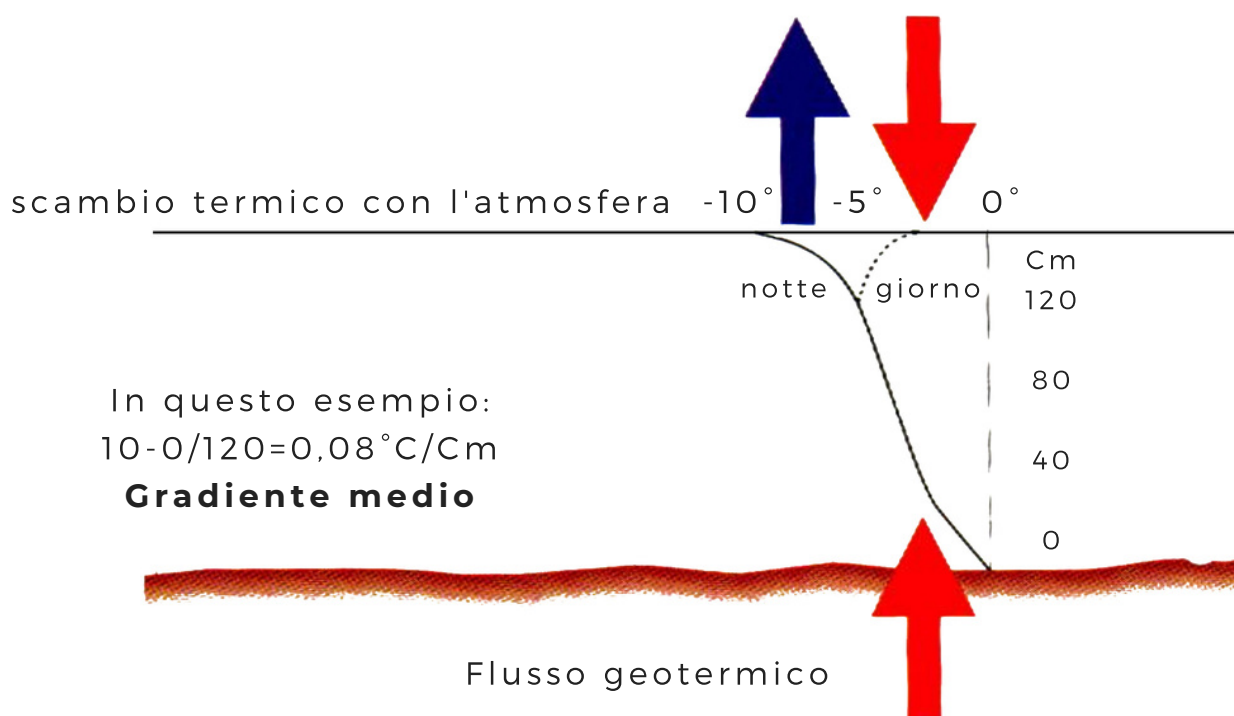
NOTA:

- L'aria può contenere una quantità di vapor d'acqua che non può superare la pressione di vapore saturo a quella temperatura
- La pressione di vapore (e^*) è maggiore dove la temperatura è più elevata (di solito gli strati inferiori del manto nevoso)
- La pressione di vapore non dipende esclusivamente dalla temperatura, ma anche dalla dimensione e dalla forma dei grani di neve e che questa è collegata al confronto tra i raggi di curva dei grani e tra le convessità e le concavità
(e^* grano piccolo > e^* grano grosso)
(e^* sup. convessa > e^* sup. concava)
- Dove vi sono condizioni di disequilibrio nella ripartizione della pressione, s'instaura un gradiente barico che genera un flusso di vapore d'acqua dalle zone a pressione maggiore verso quelle a pressione minore

GRADIENTE TERMICO VERTICALE

Differenza di temperatura fra due punti, posti sullo stesso asse verticale, divisa la distanza che li separa ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$ oppure $\text{C}^{\circ}/\text{Cm}$).

GRADIENTE AL m	GRADIENTE AL Cm	DEFINIZIONE
0° C/m	0° C/Cm	ISOTERMIA
$\leq 5^{\circ} \text{ C/m}$	$\leq 0,05^{\circ} \text{ C/Cm}$	GRADIENTE DEBOLE (in queste condizioni vi è antagonismo tra la pressione di vapore dovuta al gradiente e la pressione per effetto curva. Quest'ultima prevale, specialmente nella neve fresca.)
$6^{\circ}-19^{\circ} \text{ C/m}$	$0,06^{\circ}-0,09^{\circ} \text{ C/Cm}$	GRADIENTE MEDIO (la differenza verticale di temperatura è sensibile e la pressione di vapore dovuta al gradiente è superiore a quella dovuta all'effetto curva. Il flusso di vapore procede dal basso verso l'alto, dal grano sottostante a quello sovrastante)
$\geq 20^{\circ} \text{ C/m}$	$\geq 0,20^{\circ} \text{ C/Cm}$	GRADIENTE ELEVATO (il flusso di vapore procede sempre da grano a grano, secondo la verticale, ma si fa più intenso)



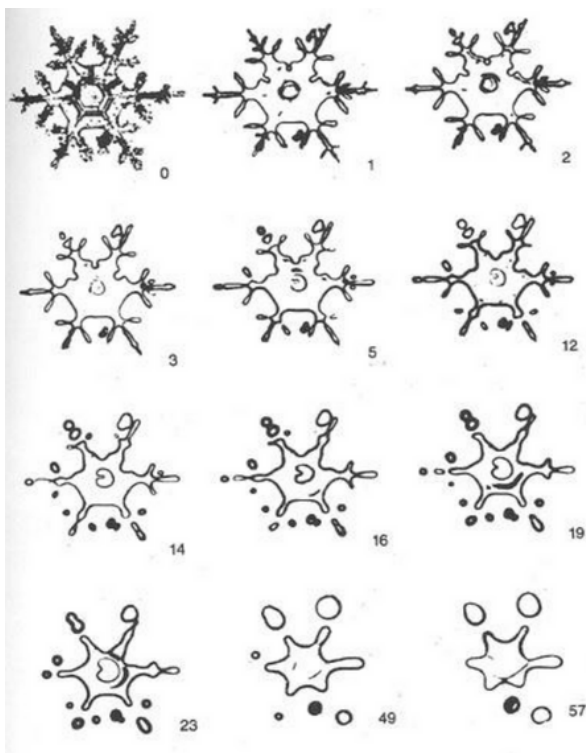
METAMORFISMO DA GRADIENTE DEBOLE

Detto anche "**metamorfismo per effetto curva**" (crescita di equilibrio)

La differenza di **pressione** tra i cristalli adiacenti è molto **bassa** e le condizioni di disequilibrio della pressione sono dovute prevalentemente alla forma ramificata dei cristalli.

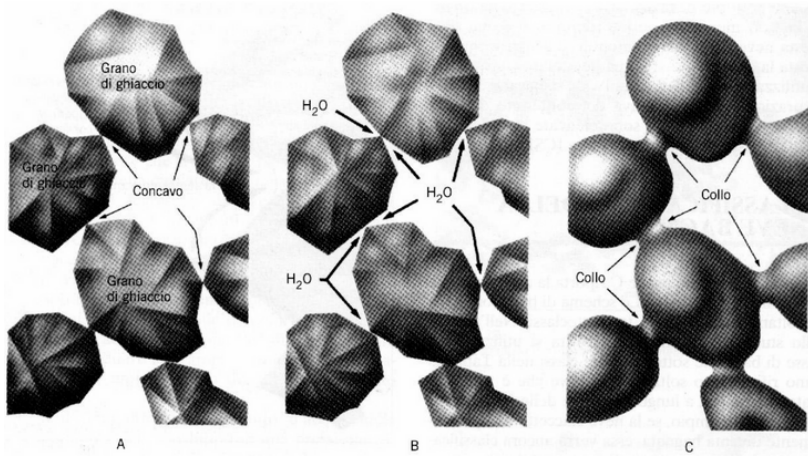
La diffusione di vapore intergranulare è dovuta alla differenza di pressione tra convessità e concavità, che è superiore alla pressione minima necessaria per muovere il vapore lungo la verticale (pressione di vapore dovuta al gradiente)

Nota: questo processo si avvia facilmente quando le **temperature** sono **moderatamente negative** ed il manto nevoso ha uno spessore elevato.



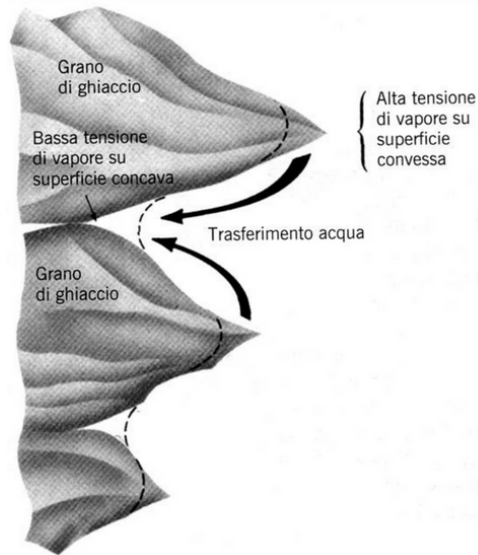
In queste condizioni, la pur minima differenza di pressione esistente tra le zone convesse e quelle concave riesce a far muovere le molecole di vapore dalle prominente di ogni particella di neve ed a trasferirle nelle concavità. Si crea quindi una **crescita di equilibrio**.

Ne consegue una riduzione della superficie specifica della neve (non della massa), e provoca un arrotondamento delle particelle.



Processo di formazione dei legami tra i grani di ghiaccio

Il vapore attraversa i grani di ghiaccio e si deposita sulle superfici concave più fredde solidificando e sinterizzando la neve



Dalle punte la alta tensione di vapore emigra verso le zone a più bassa tensione di vapore cioè verso le parti concave del cristallo

Nella stessa unità di volume, tanto più piccoli sono i grani, tanto più numerosi sono i punti di contatto in cui può trasferirsi il vapore che abbandona le protuberanze.

Brinando il vapore forma una saldatura che conferisce alla neve coesione e solidità

I due processi, di smussamento ed arrotondamento del cristallo e della saldatura dei granuli, si avviano in contemporanea.

Il primo procede più velocemente del secondo. Vi è quindi un momento, della durata di due o tre giorni, in cui il guadagno di **coesione per sinterizzazione** non tiene il ritmo **di perdita di coesione per feltratura**.

Le prime 48/72 ore che seguono alla nevicata sono tempi di crisi

EVOLUZIONE VERSO FORME DI EQUILIBRIO

CONDIZIONI	EFFETTI	COESIONE
durante la precipitazione	particelle di precipitazione	legami per feltratura
prima fase (alcune ore)	scomparsa delle dendriti	perdita dei legami
seconda fase (diversi giorni)	grani arrotondati	legami per sinterizzazione

METAMORFISMO DA GRADIENTE MEDIO ED ELEVATO

Si verifica quando le temperature scendono decisamente sotto lo zero, in un manto nevoso di modesto spessore.

I grani degli strati inferiori sono più caldi di quelli che si formano nei superiori; allora si generano **grandi differenze di pressione di vapore**, con pressione più elevata negli strati inferiori.

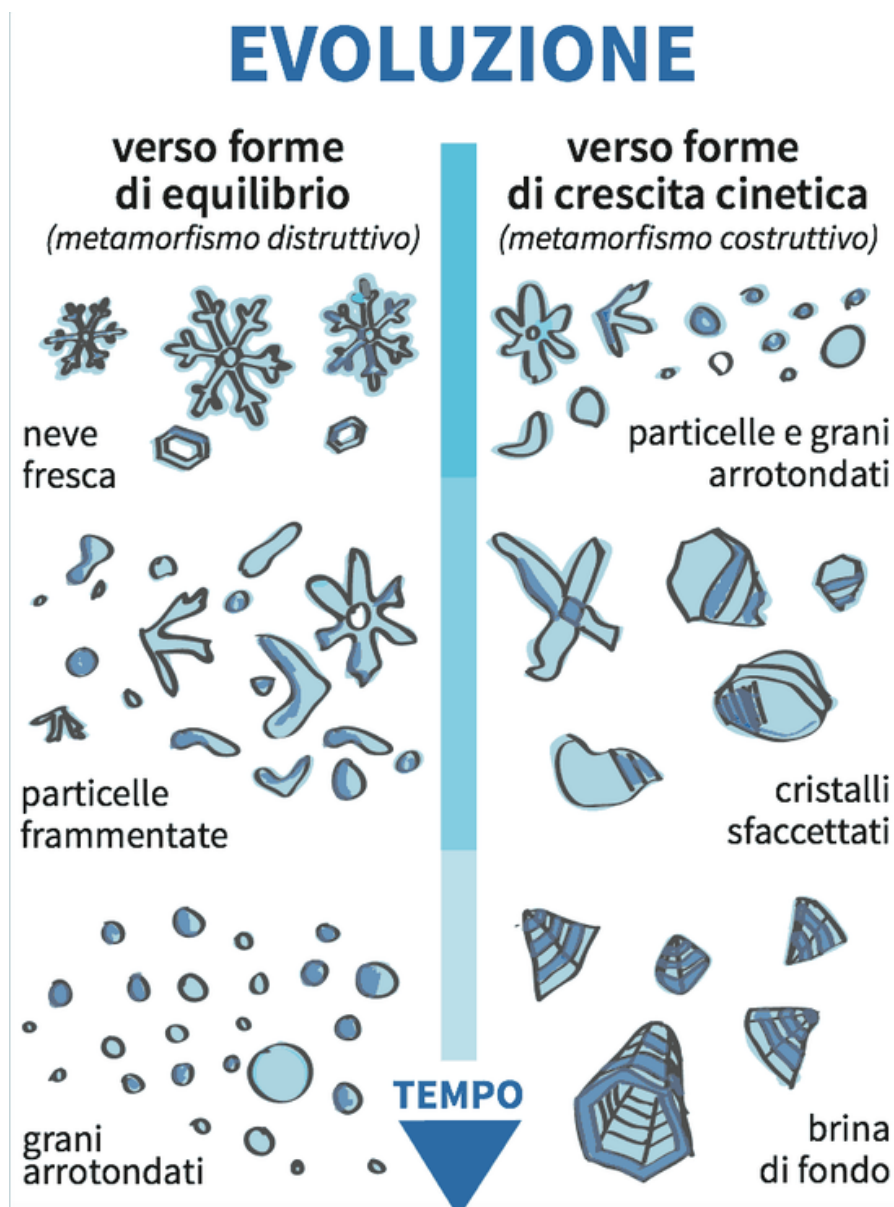
I grani inferiori si trovano in una condizione di soprassaturazione. L'equilibrio quindi si ristabilisce per brinamento del vapore in eccesso sulla base del grano di quota superiore, che a sua volta la cede al grano sovrastante

- Il vapor d'acqua, che si trasforma in ghiaccio (ricristallizzazione), conferisce inizialmente ad ogni grano un aspetto spigoloso e sfaccettato
- Questo processo si produce più facilmente negli strati delle prime nevicate di stagione
- L'effetto curva è inefficace, non si forma nessun deposito nei punti di contatto fra i grani. Il risultato è una neve con grani sfaccettati e di grosse dimensioni, con pochi legami tra grano e grano.

I grani generati dal metamorfismo per gradiente sono sfaccettati e spigolosi e di taglia media (ϕ 0,5-1 mm). Hanno pochi punti di contatto e non si saldano con gli altri grani. Uno strato di questa neve ha la consistenza dello zucchero e costituisce un piano di slittamento per gli strati sovrastanti.

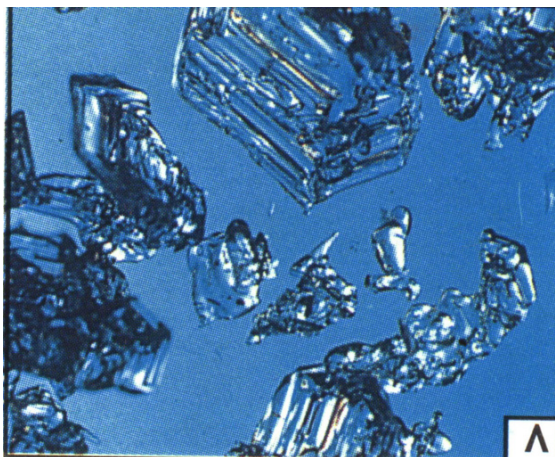
I nivologi hanno messo in evidenza la differenza tra gradiente medio ed elevato perché parlando di **gradiente medio, il processo è ancora reversibile.**

Questo accade se la situazione termica si modifica e nello strato si stabiliscono condizioni di debole gradiente. Questi grani presentano molte spigolosità, perciò la soprassaturazione per effetto curva (punte e cavità) ritorna a prevalere ed i cristalli evolvono verso forme tondeggianti. Infine la coesione per sinterizzazione può riconsolidare lo strato.



Quando si instaurano condizioni per **gradiente elevato**, la differenza di temperatura lungo l'asse verticale si fa considerevole (gradiente $> 0,20 \text{ }^\circ\text{C/cm}$), ovvero una differenza di 20°C in un metro di neve.

In questo caso, si formano rapidamente dei cristalli detti **cristalli a calice o brina di profondità**.



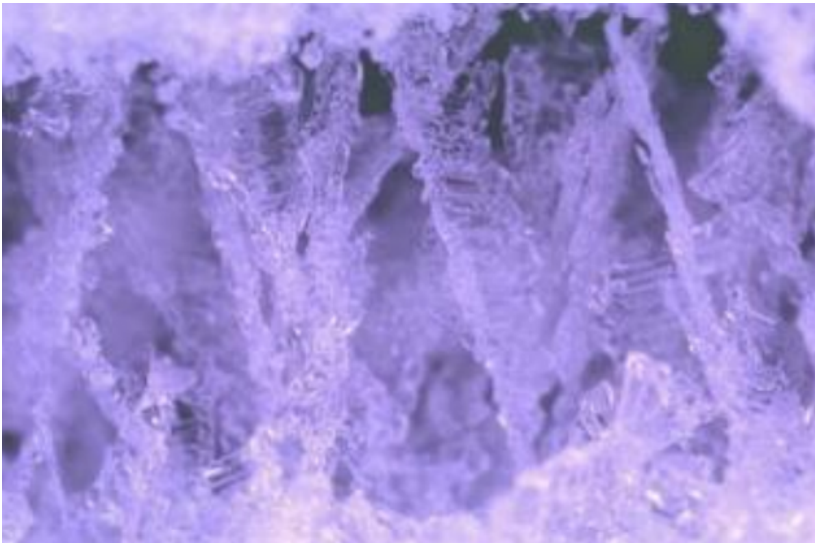
Questo processo genera una modesta riduzione di spessore dello strato che, talvolta, si separa da quello sovrastante.

Questo metamorfismo viene precisato con il termine "**crescita cinetica**".

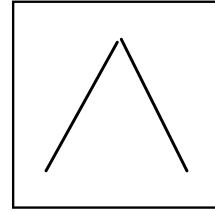
Crescita di grani in presenza di elevato gradiente termico. Il vapore acqueo si propaga da quelli con minore densità a quelli di maggiore densità di vapore. Questo meccanismo comporta la sublimazione e deposizione (o ricristallizzazione) del ghiaccio, oltre a mutazioni di dimensione e forma dei cristalli.

EVOLUZIONE VERSO FORME DI CRESCITA CINETICA

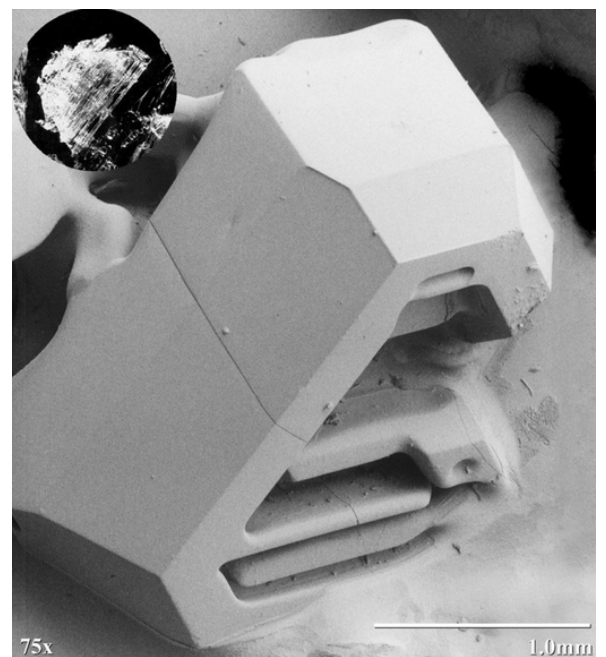
CONDIZIONI	EFFETTI	COESIONE
$t^\circ < 0,05^\circ\text{C}$	competizione tra effetto curva e gradiente	legami di diverso tipo
$t^\circ 0,06-0,19^\circ\text{C}$	Cristalli spigolosi con sfaccettature. Reversibilità del metamorfismo	diminuzione dei legami e formazione di nuovi
$t^\circ > 0,20^\circ\text{C}$	grandi dimensioni e cristalli a calice	debolissimi legami



Simbolo dei cristalli
a calice:



Nella foto al microscopio elettronico il cristallo nel metamorfismo a gradiente medio subisce una trasformazione sostanziale che lo porta ad una **forma spigolosa e priva di legami con i cristalli adiacenti**



Particolare dello **strato debole**, si vede il piccolo spessore





METAMORFISMO DA GRADIENTE TERMICO MEDIO/FORTE IN SUPERFICIE

La **brina di superficie** si forma indipendentemente dai metamorfismi presenti, prevalentemente nelle notti fredde serene e senza vento, nei versanti nord e all'ombra.

- Circolazione di umidità latente nell'atmosfera
- Sublimazione inversa (vapore/ghiaccio)
- Trasformazione costruttiva in scaglie o piume
- Nessuna coesione



Brina di superficie trasformata da fusione e rigelo



METAMORFISMO DA GRADIENTE TERMICO MEDIO/FORTE IN SUPERFICIE

Direzione del vento: Da dx a sx

La **brina opaca** è la formazione di acqua sopprafusa (nebbie) su superfici fredde (0°C)

- In assenza di vento ghiaccio vetrato per coalescenza
- Con l'azione del vento ghiaccio a bandiera o galaverna



Direzione del vento: Da sx a dx

Ghiaccio vetrato

METAMORFISMO PER AZIONE MECCANICA (VENTO)

Trasformazione della forma dei cristalli originali dovuta agli urti e abrasioni per azione meccanica

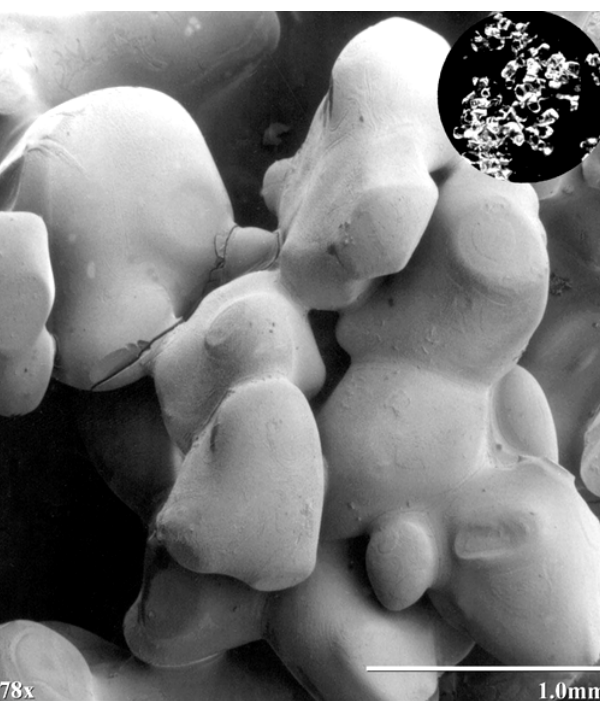
- In funzione della velocità
- In funzione della umidità
- Asporto in zone sopravvento (denudazioni)
- Deposito sottovento (accumuli)
- Costipamento in zone sopravvento (placche, lenti e cornici)
- Compressione sottovento (lastroni)



Il vento è uno dei principali pericoli per la formazione di valanghe a lastroni. E' possibile

METAMORFISMO DA FUSIONE E RIGELO

- Temperatura dell'aria giornaliera $>$ di 0°C
- Azione media con temperature tra $+0,5^{\circ}\text{C}$ e 2°C per capillarità
- Azione forte con temperature $>$ 2°C per percolazione
- Il sole provoca una progressiva fusione
- La pioggia provoca fusione dei cristalli con perdita di coesione
- La nebbia agisce sulla superficie per capillarità
- Il vento caldo provoca umidità o fusione
- Le fasi di rigelo notturno consolidano il manto nevoso
- Le microfusioni superficiali seguite da rigelo provocano la "firnificazione" (in tedesco firn = neve primaverile) del manto nevoso
- Il gelo provoca croste superficiali



FUSIONE E RIGELO

I grani sono completamente arrotondati e legati fra di loro per azione del rigelo. Forti quantità di acqua nel manto.

Simbolo del cristallo di fusione:



CONCLUSIONI

- La neve subisce continuamente delle trasformazioni
- Conoscendo le variazioni della temperatura e l'intensità e la direzione del vento nel corso dell'inverno si possono fare valutazioni sulla conformazione del manto
- Durante la gita l'osservazione dei segnali che la natura ci lascia è molto importante sulla valutazione del rischio
- La valutazione macroscopica dell'ambiente è sicuramente più importante di quella microscopica (meglio il binocolo della lente)



ADVENTURE DREAMERS

FIND YOUR ADVENTURE