



Scuola di Escursionismo Ezio Mentigazzi



Corso di Escursionismo Invernale



Neve e Valanghe



Neve & Valanghe

Indice



- La neve
- Le superfici del manto nevoso
- L'interno del manto nevoso & Metamorfismo
- Le valanghe



Neve & Valanghe

Indice



La neve

Le superfici del manto nevoso

L'interno del manto nevoso & Metamorfismo

Le valanghe





Neve

Formazione

- **La neve è composta da aria e da acqua**, e si forma attraverso complessi meccanismi di condensazione del vapore acqueo presente nell'atmosfera.
- L'**aria** che costituisce l'atmosfera terrestre è un miscuglio di gas:



78% azoto

21% ossigeno

1% gas vari

...incluso il vapore acqueo...



Neve Formazione



Umidità dell'aria e saturazione

In natura non esiste aria secca.

L'aria contiene sempre del vapore acqueo derivante da evaporazione.

Quando la sua **temperatura si abbassa**, però, la capacità di contenere acqua si riduce fino a raggiungere un punto di **saturazione**, in cui l'umidità in eccesso viene condensata in forma liquida e rilasciata.

La saturazione dell'aria

L'aria non può contenere una qualsiasi quantità di vapore acqueo. Questa quantità dipende essenzialmente dalla sua temperatura. Più una massa d'aria è fredda, meno essa può contenere acqua. Quando viene raggiunto il valore massimo di vapore acqueo - l'aria è detta "satura" -, tutta la quantità in sovrappiù viene allora condensata in forma liquida.

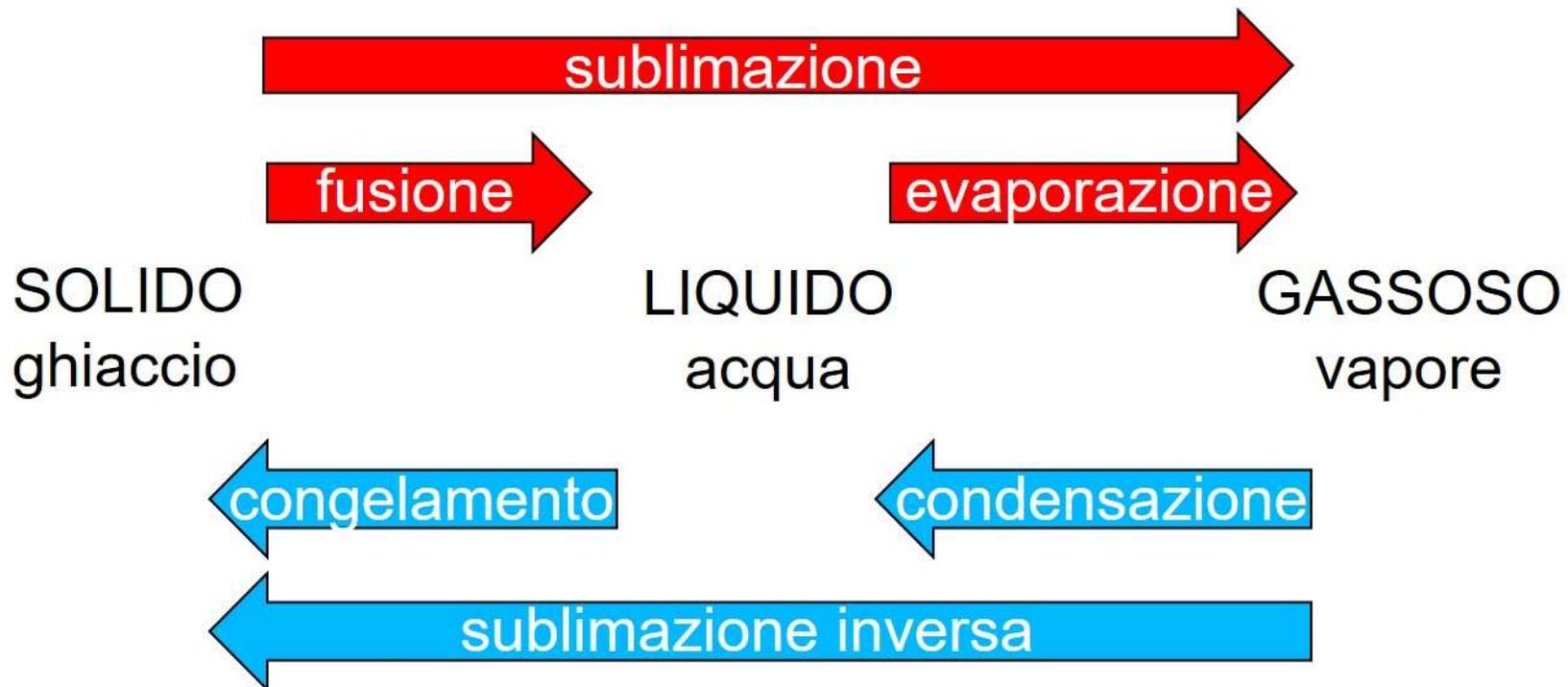
TEMPERATURA (in °C)	+20	+10	0	-5	-10	-20
QUANTITA' D'ACQUA (in g/m ³)	17,2	9,4	4,8	3,4	2,4	1,1



Neve

Formazione

Per capire la formazione della neve, bisogna quindi considerare i cambiamenti di stato del vapore acqueo contenuto nell'atmosfera.





Neve

Formazione

Saturazione e condensazione

Con l'aumento dell'altitudine, la temperatura di una massa d'aria ferma, cioè in assenza di correnti, diminuisce di 0,6 °C ogni 100 metri.

Man mano che l'aria dell'atmosfera si raffredda, essa cede umidità per saturazione. **L'acqua eccedente condensa prima in nebbia e nubi, poi si trasforma in pioggia e grandine, quindi in neve.**

Nuvole

Le nuvole sono costituite da **minuscole goccioline d'acqua (droplet)**, del diametro di 10-50 µm, **prodotte dalla condensazione** di miliardi di molecole di **H₂O** del vapore saturo o soprassaturo **attorno a dei nuclei di condensazione.**

I nuclei di condensazione sono polveri solubili saline (evaporazione dei mari), oppure particelle minerali di origine vulcanica, o prodotti della combustione industriale (es. gas di scarico degli aerei).

La formazione delle nubi è consentita dal raffreddamento della massa d'aria.

Neve

Formazione

La **neve** si forma all'interno delle nuvole per un processo di **sublimazione inversa** (da gas a solido), che si verifica in presenza di:

- **temperature negative** (soprattutto se comprese tra -12° e -18° C)
- un alto tasso di **umidità (aria satura)**
- particelle in sospensione (**nuclei di congelamento**), che favoriscono la formazione di germi di ghiaccio per deposito di molecole d'acqua sulla loro superficie.





Neve

Formazione



nuclei di condensazione

favoriscono la formazione delle nubi (particelle di sale marino, particelle minerali di origine vulcanica o prodotti di combustione industriale)

nuclei di congelamento

favoriscono la formazione del cristallo di neve o germe di ghiaccio, in concentrazione non superiore a 10 per cm³; la maggior parte sono costituiti da polvere di argilla (caolinite).



Neve

Formazione



I nuclei di congelamento sono essenziali, altrimenti una goccia di acqua pura congelerebbe solo a -41°C !

A -10°C
gela 1 gocciolina
su 1.000.000

A -30°C
gela 1 gocciolina
su 1.000

A -40°C
gelano tutte
le goccioline

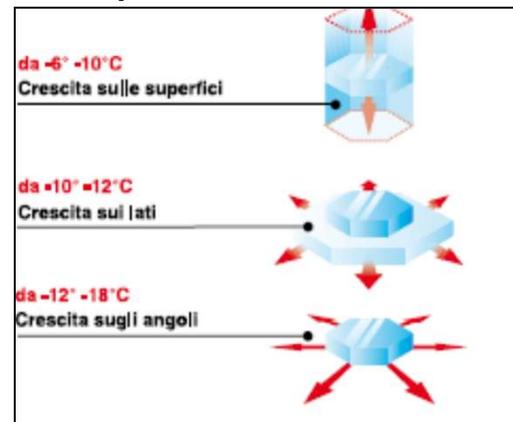
La presenza di minuscole particelle in sospensione, invece, consente la formazione dei cristalli a partire da -9°C .



Neve

Accrescimento del cristallo

- I germi di ghiaccio si ingrandiscono all'interno della nube molto velocemente, finché, appesantiti, non iniziano a precipitare. La loro forma iniziale è esagonale, ma l'accrescimento può avvenire con diverse modalità:
 - in orizzontale, con crescita sui lati oppure sugli angoli
 - In verticale, quindi con un ispessimento del centro dell'esagono



Il germe di ghiaccio, inoltre, **si ingrandisce e trasforma anche durante la caduta** per collisione, effetto del vento, della temperatura, dell'umidità dell'aria ecc.



Neve

Accrescimento del cristallo

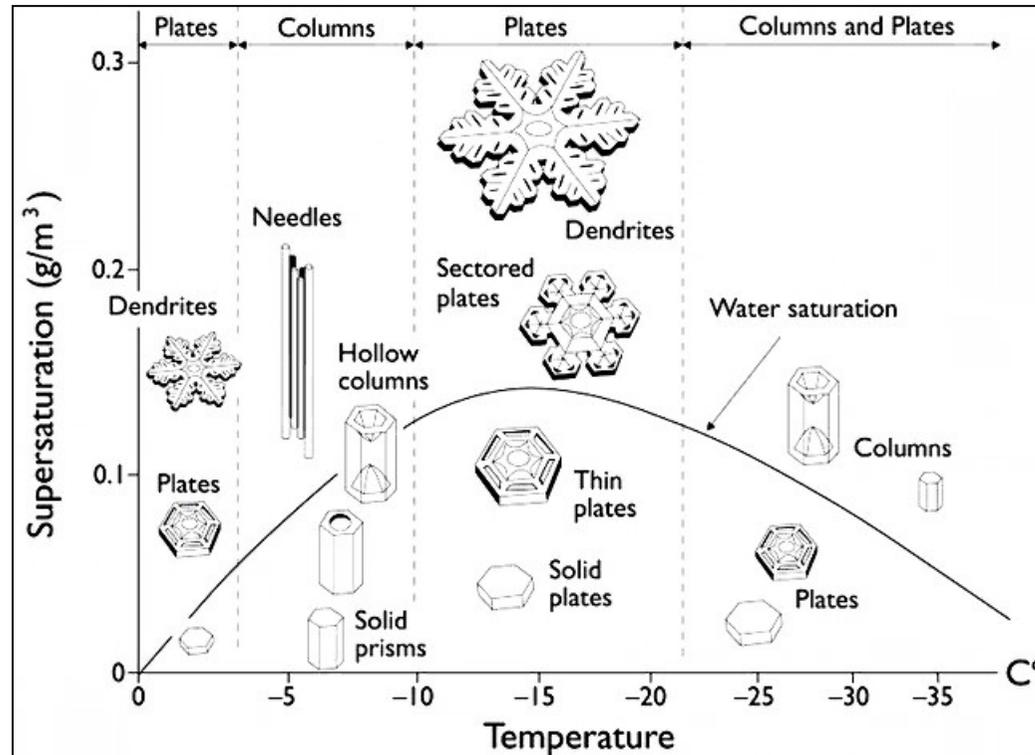
Pertanto esiste una varietà enorme di tipologie di cristalli di neve. Gli scienziati giapponesi ne hanno individuato ben 3000 tipi, che l'Organizzazione Mondiale di Meteorologia ha ricondotto a **8 tipi diversi di cristalli di neve, e 2 tipi di grani di ghiaccio** (pioggia gelata o grandine).

1	Piastre				
2	Stelle				
3	Colonne				
4	Aghi				
5	Dendriti spaziali				
6	«Gemelli di camicia»				
7	Particelle irregolari				
8	Neve pallottolare				
9	Sferette di ghiaccio				
10	Grandine				

Neve

Accrescimento del cristallo

Soprattutto la **temperatura** e il **grado di saturazione** dell'aria in cui cresce (umidità) influenzano lo sviluppo del cristallo, determinando la formazione di **diverse tipologie**.



Morfologia dei cristalli di neve in funzione delle condizioni ambientali: temperatura e soprasaturazione (umidità).



Neve

Verifica dei cristalli



Per la nivologia la **forma dei cristalli che arrivano al suolo è molto importante;** da essa dipendono due cose sostanziali per la valutazione, presente e futura, del manto nevoso.

Stabilità

- 1) Solo i **cristalli dendritici e i relativi fiocchi possono depositarsi ed accumularsi su terreni molto inclinati, addirittura su pareti verticali o restare appesi**, grazie alla coesione feltrosa dovuta all'intreccio delle ramificazioni. La stabilità è legata al carico (il peso può facilmente rompere i legami da feltratura) e alle variazioni di forma (metamorfosi) che i cristalli continuano a subire anche dopo il deposito al suolo.
- 2) **Le forme semplici non si fermano se non su versanti poco inclinati** e quindi già una parte del potenziale pericolo di valanghe viene eliminata.

Densità

- 1) Dalla forma dipende inoltre la **densità della neve** con effetti, oltre che sul peso e quindi sulla velocità di assestamento e di neviflusso, sulla permeabilità e quindi sugli scambi di umidità e calore che, all'interno del manto, sono all'origine delle metamorfosi.

La **densità** della neve varia

- In zone protette dal vento può avere una densità 70 - 120 Kg/m³
- In zone ventate può raggiungere o superare i 150 Kg/m³



Neve & Valanghe

Indice



- ❑ La neve
- ❑ Le superfici del manto nevoso
- ❑ L'interno del manto nevoso & Metamorfismo
- ❑ Le valanghe





Superfici del manto nevoso

Fattori che le influenzano



La superficie del manto nevoso viene modificata da:

- **Vento**
- **Pressione** meccanica
 - persone
 - mezzi
- Fenomeni **atmosferici**
 - sole e temperatura dell'aria
 - pioggia
 - nebbia e nuvole



Superfici Neve fresca



In **assenza di vento** il manto è regolare, con elevato contenuto di aria, poco coeso





Superfici Neve ventata



In **presenza di vento**, la neve è irregolare ed erosa





Superfici Neve battuta



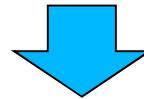
Pressione meccanica sul manto nevoso





Superfici Neve primaverile

Le variazioni di **temperatura dell'aria** e l'esposizione al **sole** determinano processi di fusione e rigelo del manto.



Aumento della densità (fase di fusione), consolidamento (fase di rigelo)



Questo fenomeno può avvenire in **tutte le stagioni**,
a seconda delle condizioni locali

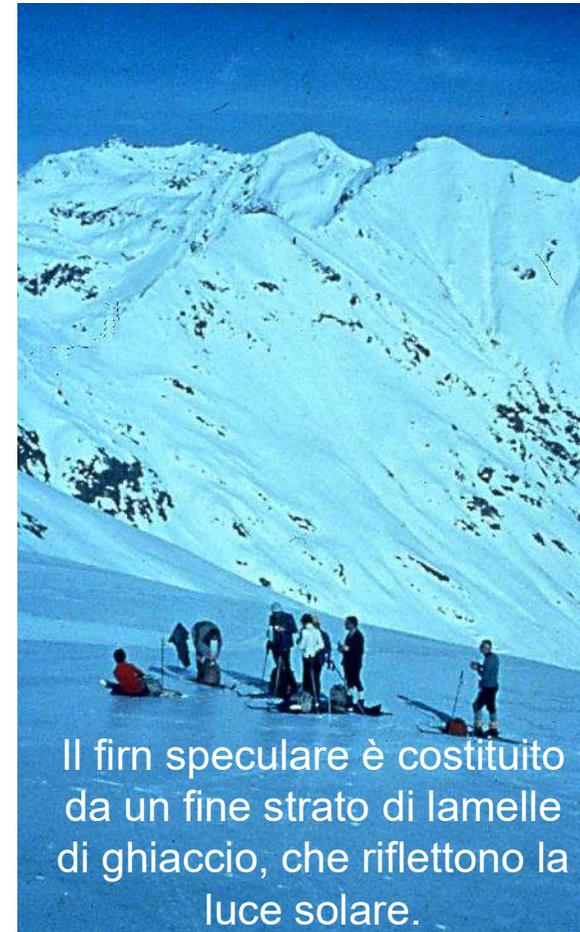


Superfici

Crosta da rigelo



- La formazione di croste superficiali è la conseguenza di apporti di calore seguiti da una fase di congelamento (temperatura o vento).
- Possono reggere il peso dell'escursionista o rompersi rendendo difficile la progressione.
- Le croste possono garantire stabilità al manto nevoso, ma spesso nascondono la presenza di strati deboli.



Il firn speculare è costituito da un fine strato di lamelle di ghiaccio, che riflettono la luce solare.



Superfici

Neve lavorata dalla pioggia





Superfici

Brina di superficie

La **brina** si forma per sublimazione inversa dell'umidità dell'aria sul manto nevoso (quando si raffredda molto nelle notti serene); è caratterizzata da cristalli a forma piana o piastrine.

L'eventuale inclusione del manto nevoso origina **superfici di slittamento**





Superfici

Brina opaca (galaverna)

La **galaverna** si forma su oggetti più freddi dell'aria (es. alberi) quando l'umidità delle nubi condensa su di essi.





Neve & Valanghe

Indice



- La neve
- Le superfici del manto nevoso
- L'interno del manto nevoso & metamorfismo
- Le valanghe



Manto nevoso

Introduzione



- In superficie si presenta come un tappeto bianco e uniforme
- In realtà è costituito da più **strati sovrapposti** derivati da successivi apporti di neve
- Ciascuno strato presenta **caratteristiche meccaniche diverse**
- Le superfici di contatto costituiscono i **piani di possibili distacco**
- L'osservazione della stratificazione è importante per valutare la **stabilità** del manto





Manto nevoso

Profilo stratigrafico, test di resistenza

- Consente di realizzare un test relativamente affidabile delle caratteristiche strutturali del manto nevoso
- Si seziona il manto nevoso, si testa con pugno, dita, ...



Manto nevoso

Trasformazione

Il processo di trasformazione fisico-meccanico dei cristalli di neve è detto **metamorfismo**



- Il tipo di metamorfismo dipende dal gradiente di temperatura del manto nevoso
- per gradiente di temperatura (GT) si intende la variazione di temperatura per centimetro di spessore del manto nevoso
 - debole $GT < 0.05^{\circ}\text{C}/\text{cm}$
 - medio $GT 0.05 - 0.2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$
 - forte $GT > 0.2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$

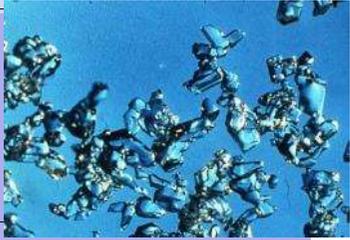
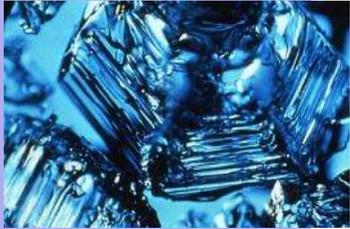
temp. suolo: -12°C
temp. superficie: -14°C
differenza: 2°C
altezza neve: 50 cm
 $GT = 2/50 = 0.04^{\circ}\text{C}/\text{cm}$



Manto nevoso

Metamorfismi



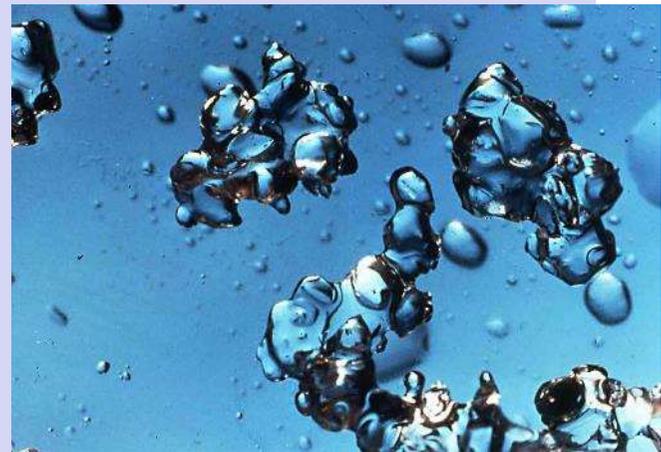
Metamorfismo della neve asciutta	
debole GT	<p>Grani fini arrotondati (MM distruttivo o da isoterma) formazione di neve vecchia granulosa</p> 
medio GT	<p>Cristalli sfaccettati (MM costruttivo)</p> 
forte GT	<p>Brina profondità o cristalli a calice (MM costruttivo)</p>  



Manto nevoso

Metamorfismi



Metamorfismo della neve umida	
<p>Si verifica quando nella neve c'è acqua e la sua temperatura è prossima allo 0°</p>	<p>Grani grossi e rotondi (MM da fusione e rigelo) formazione di neve Primaverile</p> 



Manto nevoso

Metamorfismo meccanico



Il **vento** modifica la neve, oltre che durante la precipitazione, anche dopo la sua deposizione al suolo.

I continui **urti** spezzano le ramificazioni riducendo la neve ad una polvere di cristalli di ghiaccio con diametro inferiore a 0.5 mm.

La **neve ventata** ha proprietà meccaniche completamente diverse da quelle della neve fresca: **non è plastica, presenta sempre coesione (formazione di lastroni) ed ha un comportamento fragile.**





Neve & Valanghe

Indice



- ❑ La neve
- ❑ Le superfici del manto nevoso
- ❑ L'interno del manto nevoso & metamorfismo
- ❑ Le valanghe



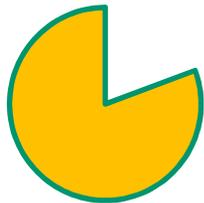


Valanghe

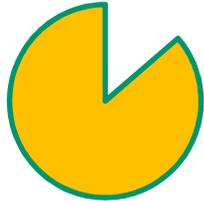
Condizioni necessarie



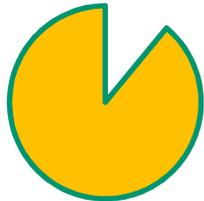
1° condizione: inclinazione del pendio



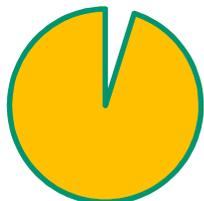
< 30° distacchi di neve umida



30 - 45° valanghe di neve a lastroni



40 - 60° valanghe di neve a debole coesione

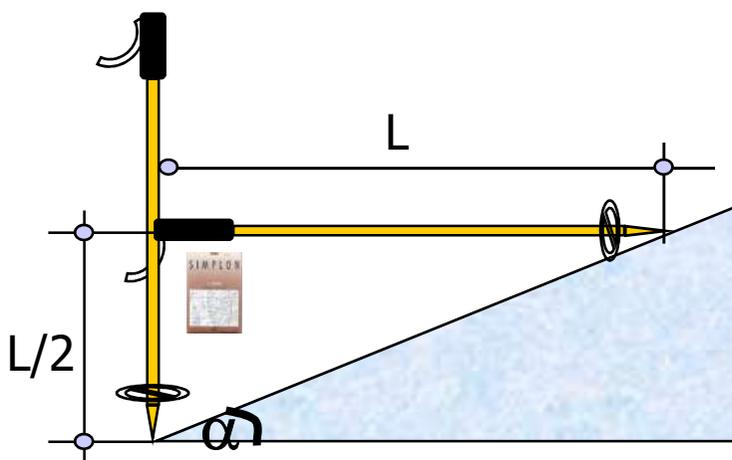


> 60° scaricamenti frequenti



Valanghe

Valutazione della pendenza



Angolo α = Pendenza = 27°

all'impugnatura 45°
a $\frac{3}{4}$ del bastoncino 37°
a metà bastoncino 27°
a $\frac{1}{4}$ del bastoncino 14°



Valanghe

Condizioni necessarie



2° condizione: strato superiore con neve coesa



rapida propagazione a distanza!

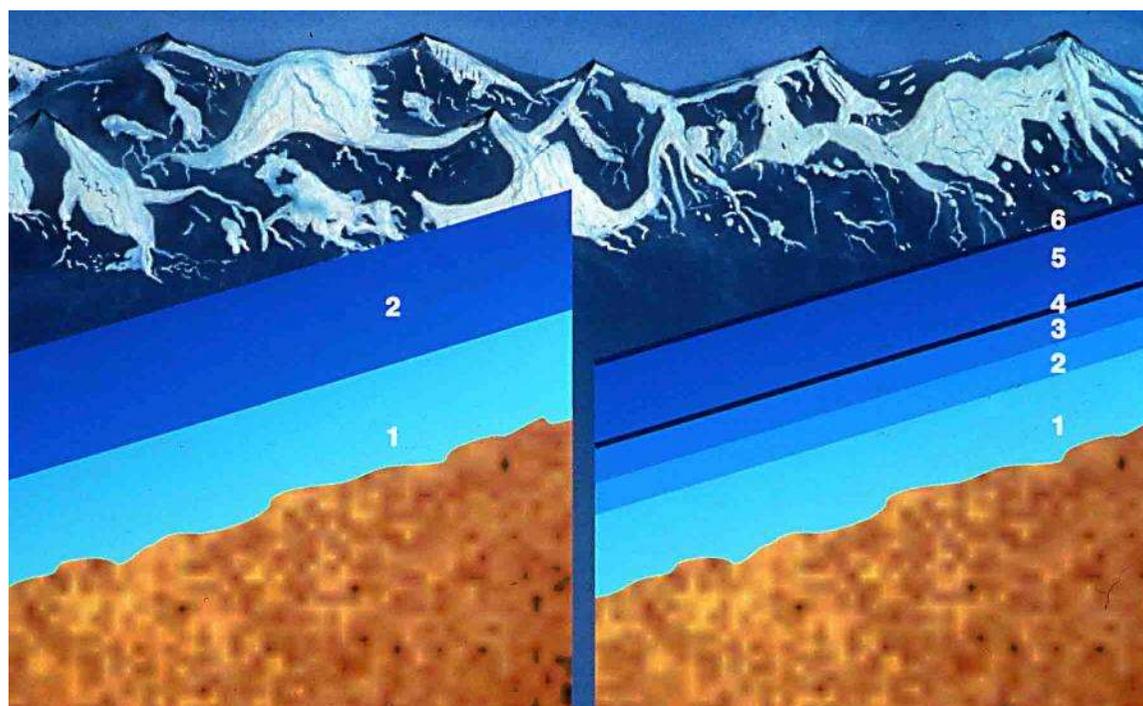


Valanghe

Condizioni necessarie

3° condizione

- presenza di **piani di slittamento** (strati critici)
- scarso legame tra questi e la superficie





Valanghe



Rapida valutazione del manto

La resistenza aumenta progressivamente

Situazione ideale; non si riscontrano strati particolarmente deboli o particolarmente resistenti (lastroni).

Scarsa resistenza

Neve fresca, non assestata, o brina di profondità.

Discreta resistenza

Neve ben assestata o possibilità di lastroni di neve a media densità.

Elevata resistenza

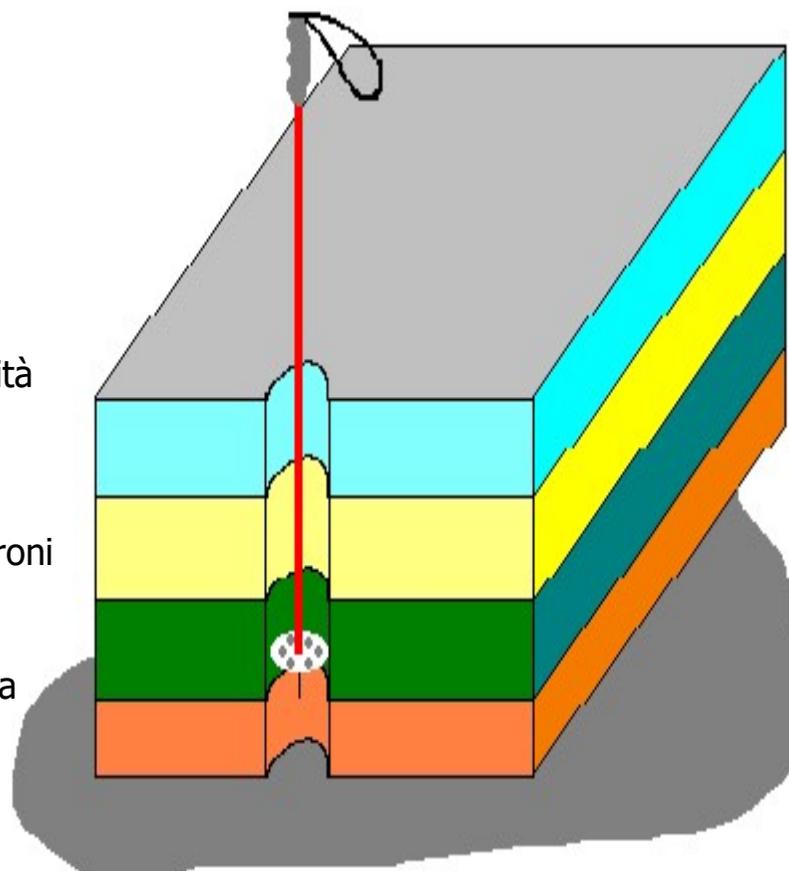
Croste di neve gelata e/o lastroni

Alternanza di resistenze per brevi spessori

Successione di croste e strati a debole coesione

Neve che tende ad incollarsi sul bastoncino

Presenza di nevi umide o bagnate all'interno del manto





Valanghe



Le forze sul manto nevoso

La superficie è stabile quando le forze che tendono a provocare il distacco sono inferiori alla resistenza opposta dal terreno (attriti...)

FORZE ATTIVE

INCLINAZIONE

APPORTO NEVE

APPORTO H₂O

SOVRACCARICO

RESISTENZE

ASSESTAMENTO

ASSENZA DI STRATI CRITICI

SCABROSITÀ DEL SUOLO

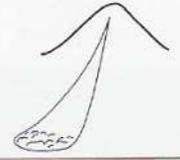
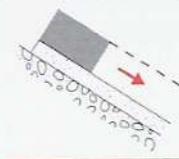
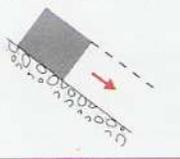




Valanghe

Classificazione delle valanghe



Criteria	Description	
Tipo di distacco	<p>lineare, ad angoli retti, perpendicolare alla superficie di slittamento VALANGA DI LASTRONI</p> 	<p>puntiforme VALANGA DI NEVE A DEBOLE COESIONE</p> 
Posizione della superficie di slittamento	<p>all'interno del manto nevoso VALANGA DI SUPERFICIE</p> 	<p>al suolo VALANGA DI FONDO</p> 
Tipo di movimento	<p>soprattutto polverosa VALANGA POLVEROSA</p> 	<p>soprattutto radente VALANGA RADENTE</p> 
Umidità della neve	<p>asciutta VALANGA DI NEVE ASCIUTTA</p>	<p>bagnata VALANGA DI NEVE BAGNATA</p>
Forma del percorso	<p>piatta VALANGA DI VERSANTE</p> 	<p>canalone VALANGA INCANALATA</p> 

Valanghe

A media/elevata coesione (a lastroni)

- Strato a coesione sufficientemente alta che **poggia su uno strato più debole**, nel quale solitamente si produce la rottura
- La presenza di lastroni si evidenzia quando la neve raccolta con la pala si forma un **blocco** compatto
- La rottura si origina su di una superficie relativamente piccola e si **propaga** rapidamente



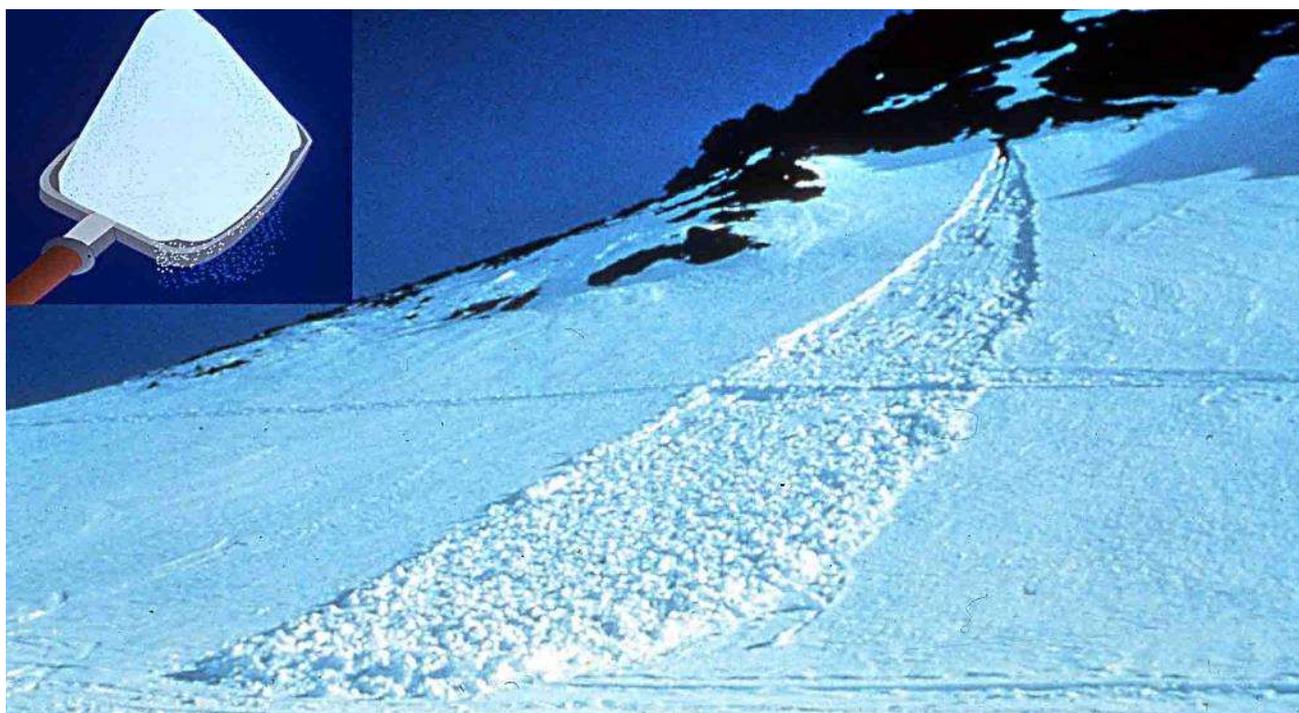


Valanghe

A debole coesione (puntiforme)



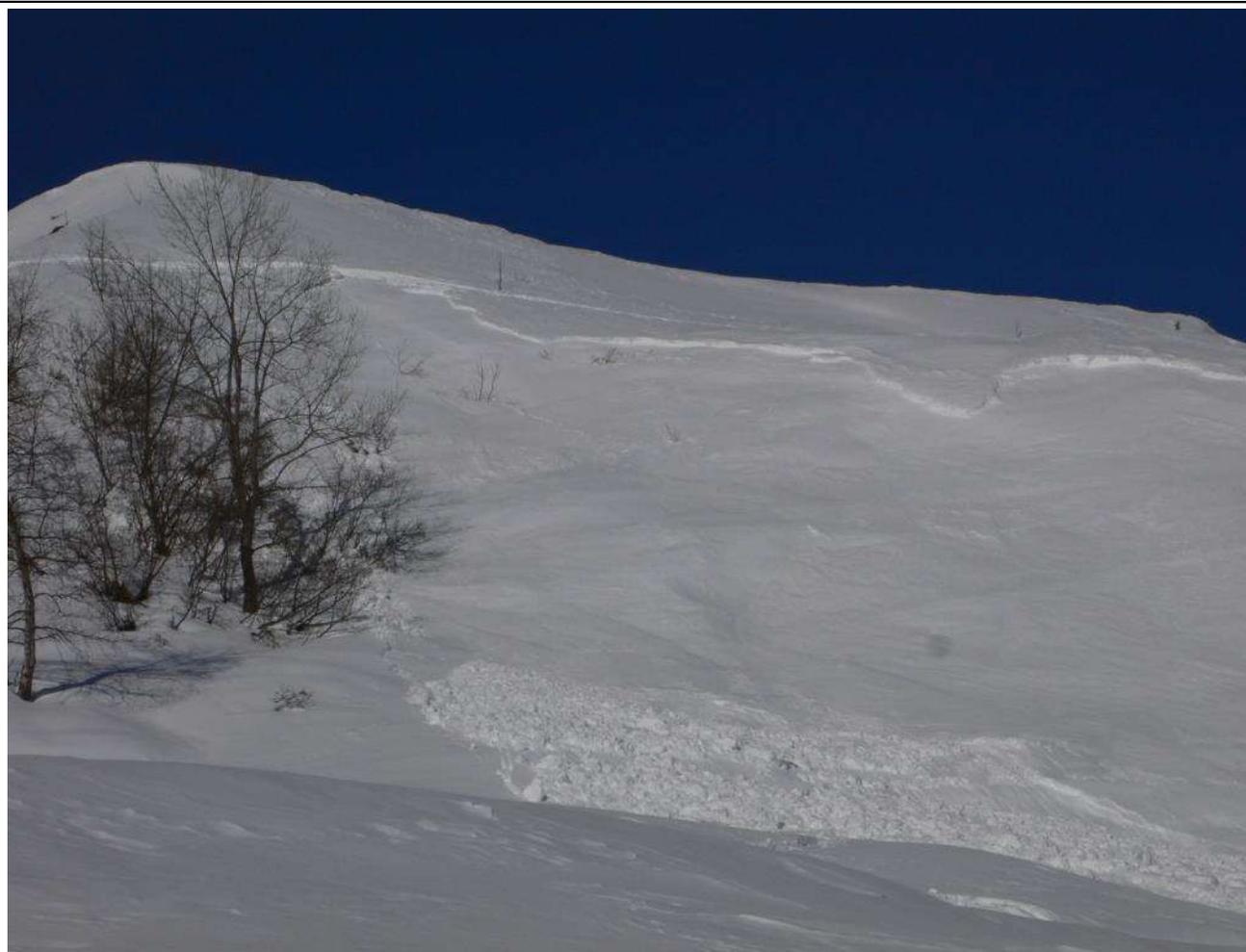
- Caratterizzata da neve poco compatta, che si dispone a “cono” sulla pala
- Il movimento della valanga inizia da un punto o da una zona ristretta e si amplia progressivamente lungo il pendio assumendo la forma a “pera”





Valanghe

La valanga di superficie





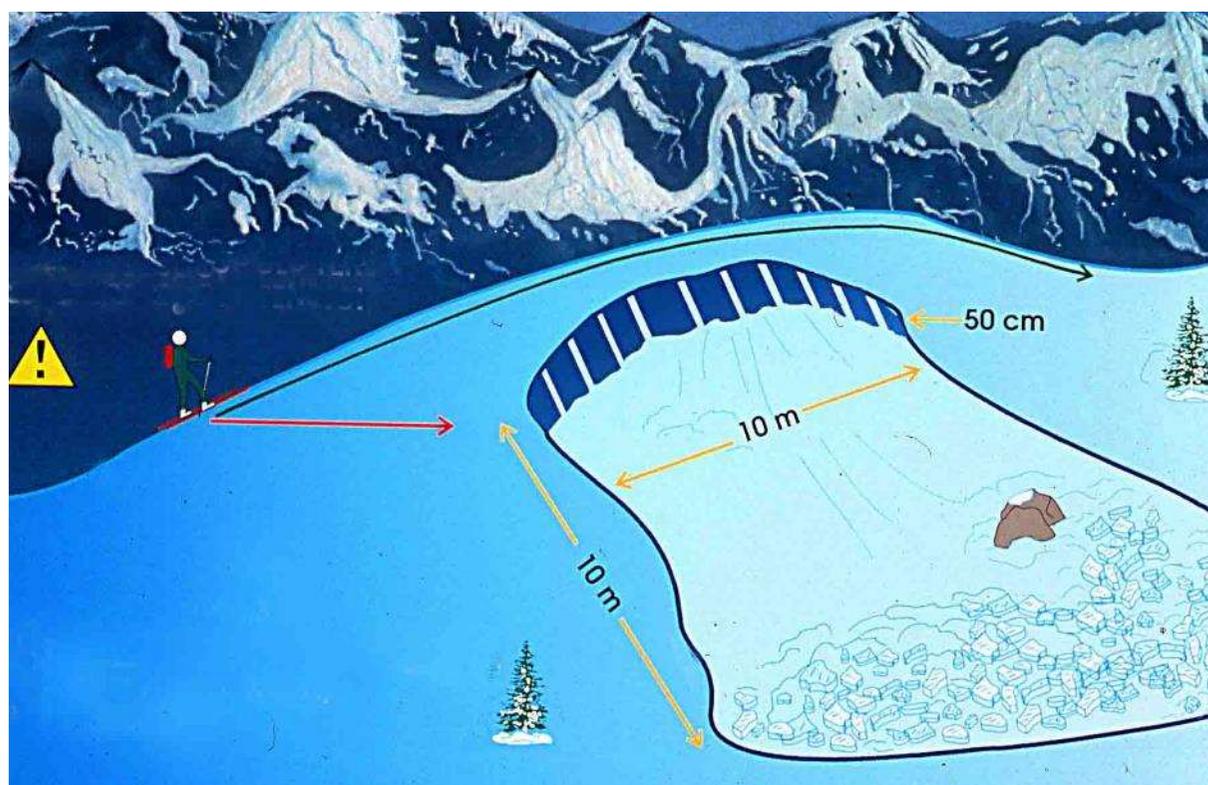
Valanghe

La valanga di fondo



Valanghe Piccolo pendio

Non sottovalutiamo il pericolo: il piccolo smottamento pesa 15 ton!





Valanghe

Trasporto eolico della neve

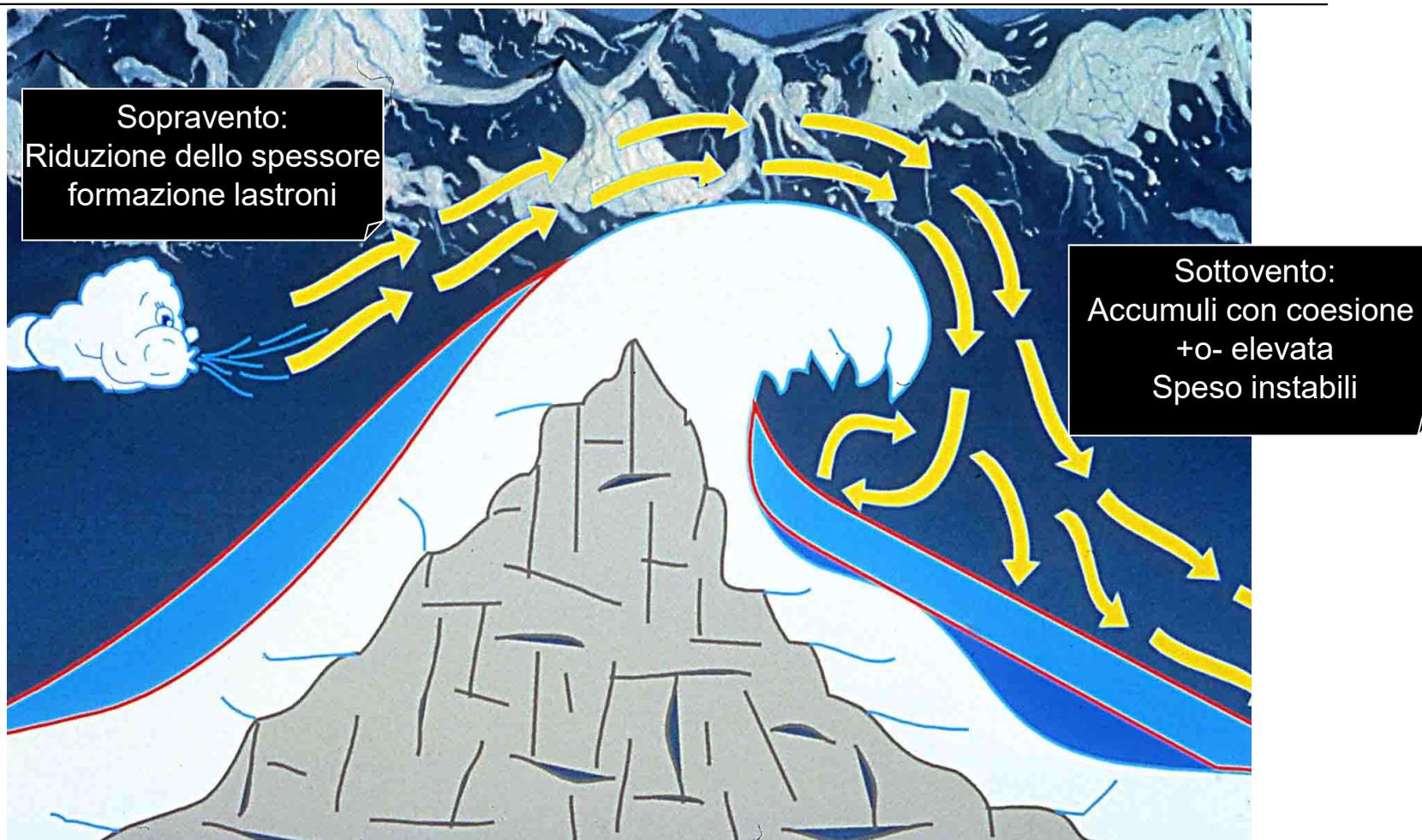


- E' importante valutare l'azione del vento



Valanghe

Il lastrone da vento





Neve & Valanghe

Formazione di cornici

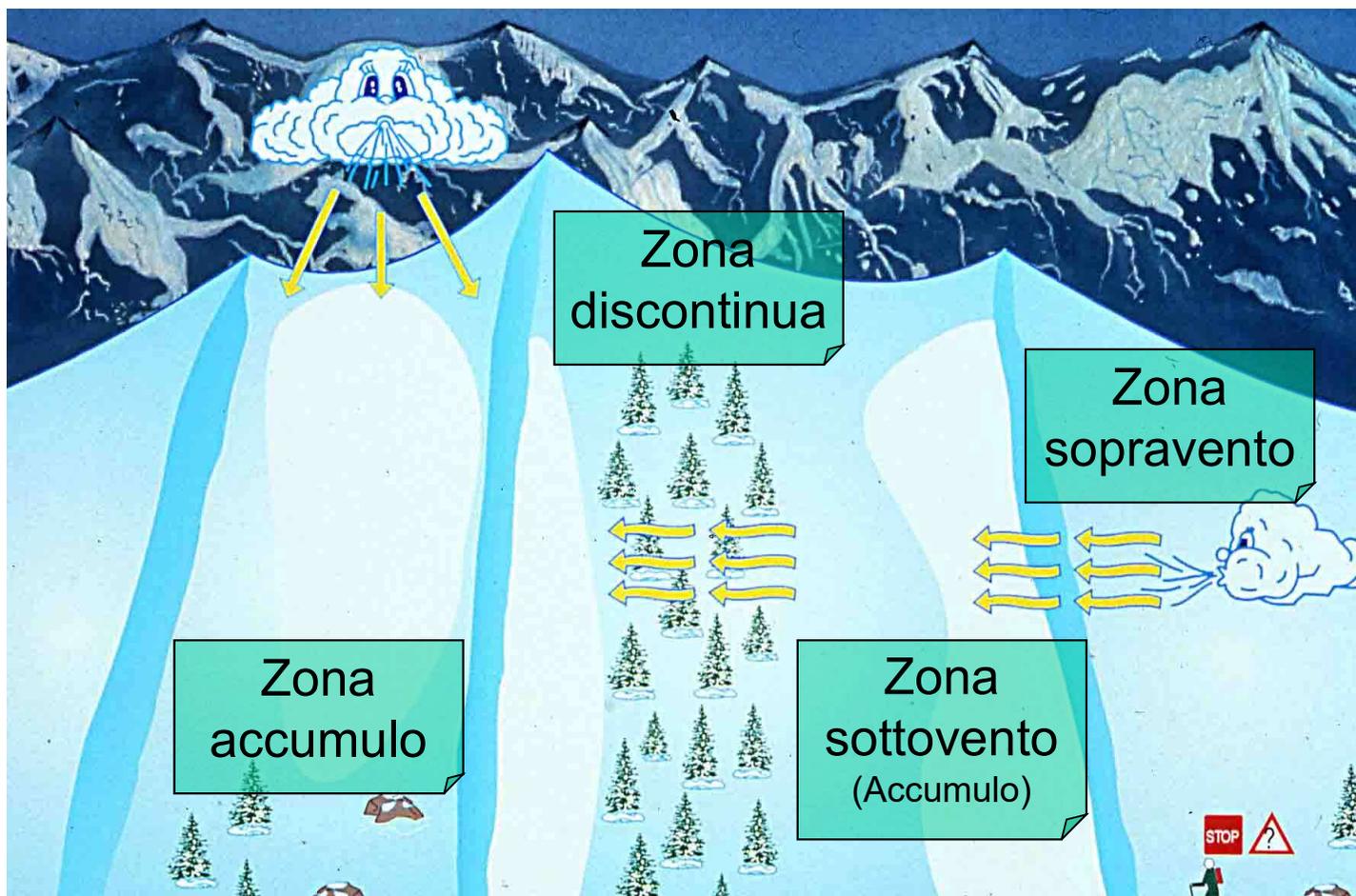
E' evidente la direzione del vento, nella cresta la neve è instabile (**cornici**).



La scarsa inclinazione dei versanti crea **accumuli** difficilmente individuabili

Valanghe

Azione del vento al suolo





Neve & Valanghe

Zone di accumulo e di erosione





OCCHIO ALLA NEVE...
...E BUONE GITE!!!