

# ΧΙΟΝΟΣΤΙΒΑΔΕΣ

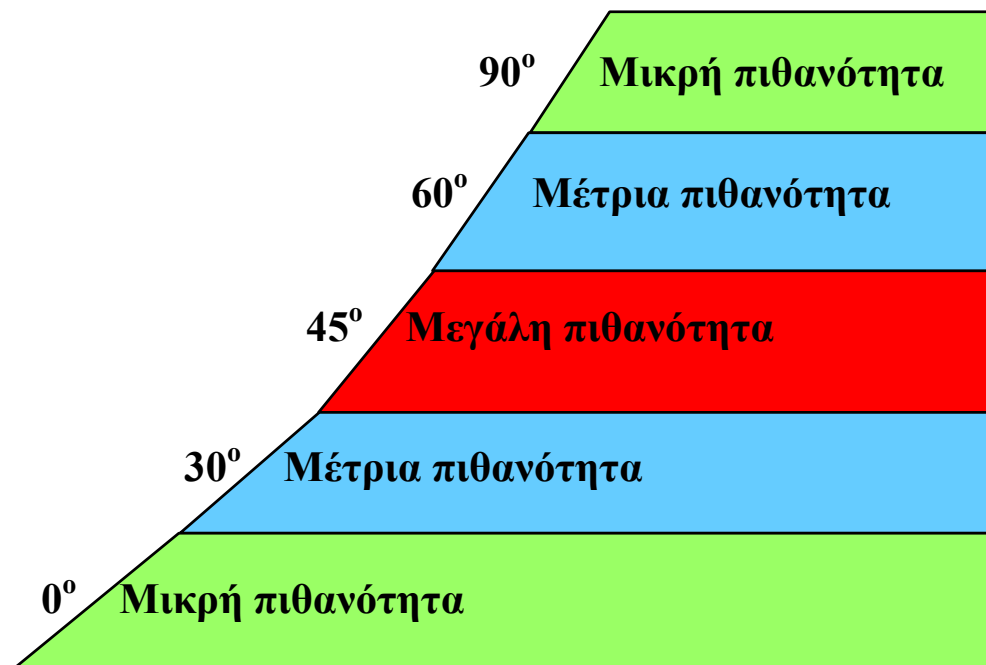
**Κουνιάκης Χριστόφορος**

# Παράγοντες που συντελούν στη δημιουργία χιονοστιβάδων

## 1. ΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ

Οι χιονοστιβάδες δημιουργούνται πάνω από την ζώνη δασικής ανάπτυξης (timberline). Το ύψος της ζώνης αυτής, ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος που βρίσκεται το βουνό. Ξεκινάει από μηδέν υψόμετρο (Αλάσκα) και μπορεί να φτάσει και μέχρι τα 3.800 μ.

## 2. Η ΚΛΙΣΗ ΤΗΣ ΠΛΑΓΙΑΣ



Κλίσεις και πιθανότητες δημιουργίας χιονοστιβάδων

### 3. Ο ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΓΙΑΣ

- Στο βόρειο ημισφαίριο, ο ήλιος το χειμώνα, ζεσταίνει περισσότερο τις νότιες πλαγιές του βουνού απ' ότι τις βόρειες. Έτσι:
  - οι βόρειες πλαγιές καλύπτονται από παχύ στρώμα παγωμένου χιονιού.
  - οι νότιες πλαγιές καλύπτονται από λεπτό μη παγωμένο στρώμα χιονιού.
- Στο βόρειο ημισφαίριο, στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, επικρατούν οι ισχυροί δυτικοί άνεμοι. Επίσης, τα χαμηλά βαρομετρικά κινούνται από δυτικά προς ανατολικά. Έτσι:
  - στις υπήνεμες πλαγιές, που συνήθως είναι οι βόρειο-ανατολικές, οι ανατολικές και οι νοτιοανατολικές, συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες χιονιού.

Στις προσήνεμες πλαγιές δεν συσσωρεύονται μεγάλες ποσότητες χιονιού εκτός αν αυτές ορθώνονται σαν φράγμα στον αέρα (Στεφάνι Ολύμπου, Πλάκα Βαρδουσίων κ.ά.)

### 4. Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Τα μεγάλα κοιλώματα και τα λούκια είναι περιοχές όπου ο άνεμος συσσωρεύει μεγάλες ποσότητες χιονιού. Στις περιοχές αυτές το χιόνι παγιδεύεται από ανέμους οποιασδήποτε διεύθυνσης.
- Στις επίπεδες πλαγιές, που δεν υπάρχουν κοιλώματα, το χιόνι συσσωρεύεται μόνο όταν πνέουν άνεμοι από την αντίθετη διεύθυνση. Οι πλάγιοι και οι προσήνεμοι άνεμοι, στις πλαγιές αυτές, “σαρώνουν” παρά συσσωρεύουν το χιόνι.

## 5. Η ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

- Μια λεία βράχινη επιφάνεια παρέχει μικρή πρόσφυση στο χιόνι, ιδιαίτερα αν ο βράχος είναι σχιστόλιθος με προσανατολισμό την κοιλάδα.
- Μια χορταριασμένη πλαγιά παρέχει μικρή πρόσφυση στο χιόνι.
- Τα δένδρα και οι θάμνοι συγκρατούν το χιόνι μόνο όταν αυτά έχουν μεγάλη πυκνότητα. Αντίθετα, αραιή συστάδα θάμνων ή δένδρα αρκετά απομακρυσμένα το ένα από το άλλο, δημιουργούν σημεία που το χιόνι παρουσιάζει μικρή συνοχή.

## 6. ΟΙ ΚΑΙΡΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι παράγοντες που εξετάσαμε μέχρι τώρα είναι σταθεροί. Αντίθετα, οι καιρικές συνθήκες καθορίζουν τους μεταβλητούς παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί, πρέπει να υπολογίζονται σε καθημερινή ή και σε ωριαία βάση και είναι οι εξής:

- Πάχος χιονιού
- Ταχύτητα χιονόπτωσης
- Πυκνότητα φρέσκου χιονιού
- Ανομοιογένεια παλιών και νέων στρωμάτων χιονιού
- Βροχή
- Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου
- Θερμοκρασία

## 6.1 Πάχος χιονιού

Το 80% των χιονοστιβάδων προκαλούνται μετά από χιονοθύελλες. Οι χιονοθύελλες προσθέτουν καινούργια στρώματα χιονιού πάνω στα παλιά (λόγω χιονόπτωσης ή αερομεταφοράς) με αποτέλεσμα να αυξάνεται το βάρος του χιονιού. Το μέγεθος των χιονοστιβάδων σχετίζεται σχεδόν άμεσα με το πάχος των στρωμάτων του χιονιού.

- Στρώμα 15 cm, σπάνια προκαλεί χιονοστιβάδες
- Στρώμα 15-30 cm, συνήθως προκαλεί μικρές χιονοστιβάδες
- Στρώμα 0.3-0.6 m, προκαλεί σχετικά μεγάλες χιονοστιβάδες
- Στρώμα 0.6-1.3 m, προκαλεί μεγάλες χιονοστιβάδες
- Στρώμα >1.3 m, προκαλεί χιονοστιβάδες μεγάλου μεγέθους

## 6.2 Ταχύτητα χιονόπτωσης

Η ταχύτητα συσσώρευσης του χιονιού είναι το ίδιο σημαντικός παράγοντας όσο και η ποσότητα του χιονιού για την πρόκληση χιονοστιβάδας. Η συσσώρευση 90 cm χιονιού σε μια ημέρα είναι πολύ πιο επικίνδυνο από την συσσώρευση 90 cm χιονιού σε τρεις ημέρες. Το χιόνι είναι ένα ρευστοπλαστικό (visco-plastic) υλικό. Η αργή συσσώρευση χιονιού, επιτρέπει στο χιόνι την αργή καταστροφική του μεταμόρφωση (καταστροφή των ακίδων του χιονιού) και το σχηματισμό δεσμών μεταξύ των κλάδων των αστέρων του, είτε λόγω της συμπίεσης των επικαθήμενων στρωμάτων είτε λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας του εδάφους, με αποτέλεσμα να μπορεί έτσι να δεχθεί το επιπλέον φορτίο.

Μια συσσώρευση χιονιού με ρυθμό 2.5 cm / ώρα ή μεγαλύτερο που διαρκεί τουλάχιστον 10 ώρες, δημιουργεί επικίνδυνες συνθήκες για πρόκληση χιονοστιβάδας. Η κατάσταση γίνεται ακόμη πιο επικίνδυνη αν επικρατούν και άνεμοι.

## 6.3 Πυκνότητα φρέσκου χιονιού

Το ειδικό βάρος του χιονιού κυμαίνεται από 0,03-0,04 gr/cm<sup>3</sup> έως 0,7-0,8 gr/cm<sup>3</sup>. Ως πυκνότητα του χιονιού θα ορίσουμε το ποσοστό του πάγου που περιέχεται σε ένα δεδομένο όγκο χιονιού. Συνήθως η πυκνότητα ενός φρέσκου χιονιού κυμαίνεται από 7% έως 12%.

Χιονοπτώσεις όπου η πυκνότητα του χιονιού είναι 20% ή περισσότερο, θεωρούνται επικίνδυνες λόγω του μεγάλου βάρους του χιονιού.

Χιονοπτώσεις όπου η πυκνότητα του χιονιού είναι μικρή, δηλ. μεταξύ 2% και 4%, είναι επίσης επικίνδυνες όταν ακολουθούνται από χιονοπτώσεις με μεγαλύτερη πυκνότητα χιονιού. Στην περίπτωση αυτή, στρώματα χιονιού μεγάλης πυκνότητας επικάθονται σε στρώματα μικρότερης πυκνότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα επάνω στρώματα να τείνουν να ολισθήσουν (ανομοιογένεια στρωμάτων).

#### 6.4 Ανομοιογένεια παλιών και νέων στρωμάτων χιονιού

- Ένα στρώμα χιονιού που έχει παγώσει (λόγω ηλιοφάνειας, ή λόγω βροχόπτωσης), προσφέρει ελάχιστη συνοχή σε ένα υπερκείμενο στρώμα φρέσκου χιονιού.
- Ένα στρώμα χιονιού που έχει σκληρύνει (μετά από ασυνέφιαστες βραδιές), προσφέρει ελάχιστη συνοχή σε ένα υπερκείμενο στρώμα φρέσκου χιονιού. Το χιόνι αυτό κάνει ένα ευχάριστο σφυρικό ήχο στο πέρασμα ενός σκιέρ.
- Στρώμα με χιόνι μικρής πυκνότητας (λόγω χαμηλής θερμοκρασίας κατά τη χιονόπτωση ή συσσώρευσης χωρίς άνεμο), προσφέρει ελάχιστη συνοχή σε ένα υπερκείμενο στρώμα φρέσκου χιονιού. Στρώμα το οποίο έχει υποστεί παραγωγική μεταμόρφωση λόγω διαφοράς θερμοκρασίας αέρος-εδάφους δεν έχει καμία συνοχή με ένα υπερκείμενο στρώμα μεταγενέστερης χιονόπτωσης.

#### 6.5 Βροχή

- Μια ελαφριά βροχή πάνω σε παγωμένο χιόνι δημιουργεί μια παγωμένη κρούστα η οποία δυναμώνει την επιφάνεια του χιονιού. Η κρούστα αυτή όμως, σε μια ενδεχόμενη νέα χιονόπτωση, θα καταστεί κάτω από το νέο στρώμα χιονιού, μια ολισθαίνουσα επιφάνεια.
- Μια δυνατή βροχή αποδυναμώνει την επιφάνεια του χιονιού με δύο τρόπους: (α) της προσθέτει αρκετό βάρος (1cm βροχής = 10-12 cm χιονιού), (β) καταστρέφει τους δεσμούς μεταξύ των κλάδων των αστερών του χιονιού καθώς το νερό διεισδύει μέσα στη μάζα του χιονιού.

#### 6.6 Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου

Ο άνεμος σηκώνει το χιόνι από τις προσήνεμες πλαγιές του βουνού και το εναποθέτει στις υπήνεμες (με τη μορφή πλάκας) και μέσα στα λούκια.

Μια ταχύτητα ανέμου 7 m/sec αρκεί για να συσσωρεύσει τοπικά ένα φρεσκοπεσμένο χιόνι. Μια ταχύτητα ανέμου 9-22 m/sec μεταφέρει και συσσωρεύει το χιόνι στις περιοχές εκκίνησης χιονοστιβάδων. Μια ταχύτητα ανέμου >22 m/sec σηκώνει, από τις πλαγιές, μεγάλες ποσότητες χιονιού στον

αέρα το οποίο όμως το περισσότερο διασκορπίζεται ή μεταφέρεται μακριά από τις περιοχές εκκίνησης χιονοστιβάδων.

Ο άνεμος ουσιαστικά είναι υπεύθυνος για δύο πράγματα:

- Μεταφορά και επανατοποθέτηση του χιονιού.
- Συμπύκνωση του αερομεταφερόμενου χιονιού μέχρι και 10 φορές περισσότερο από το φρεσκοπεσμένο χιόνι, εφ' όσον κατά τη μεταφορά του καταστρέφονται οι ακίδες των χιονονιφάδων επιτρέποντας έτσι να είναι πιο κοντά η μία με την άλλη.

## 6.7 Θερμοκρασία

Αλλαγές της θερμοκρασίας που διαρκούν μικρό χρονικό διάστημα, μεταβάλλουν ελάχιστα τη συνοχή του χιονιού. Για παράδειγμα, μια ξαφνική αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος λόγω απόκρυψης του ηλίου από το πέρασμα σύννεφων, δεν επηρεάζει σημαντικά τη συνοχή του χιονιού.

Αντίθετα, οι αλλαγές της θερμοκρασίας που διαρκούν μεγάλο χρονικό διάστημα, μεταβάλλουν σημαντικά τη συνοχή του χιονιού. Για παράδειγμα, η ηλιοφάνεια που διαρκεί ώρες ή το πέρασμα ενός θερμού μετώπου αυξάνει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα τα επιφανειακά στρώματα του χιονιού αρχικά και τα βαθύτερα αργότερα, να γίνονται ασταθή και επικίνδυνα για χιονοστιβάδες.

Στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες το χιόνι παθαίνει ελάχιστη καταστροφική μεταμόρφωση και γι' αυτό το λόγο, στις θερμοκρασίες αυτές, δε μεταβάλλεται η συνοχή του.

Μικρές αλλαγές στο χιόνι. Ακίνδυνη κατάσταση	Συμπύκνωση χιονιού	Υγροποίηση-Συμπύκνωση του χιονιού. Κίνδυνος χιονοστιβάδας
-20° C	-6° C	0° C
		5° C

## ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ - ΑΕΡΟΣ

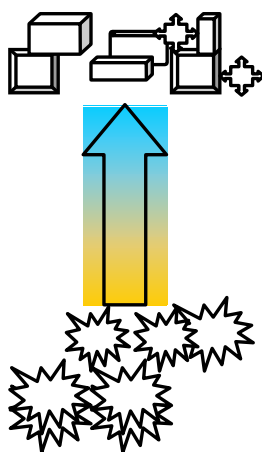
Μεταξύ του εδάφους και του αέρα συνήθως υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας (θερμό έδαφος - ψυχρός αέρας). Λόγω αυτής της διαφοράς θερμοκρασίας, ο αέρας στα κατώτερα στρώματα του χιονιού περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών απ' ότι ο αέρας κοντά στην επιφάνεια του χιονιού. Αυτό, δημιουργεί μια διαφορά πίεσης μεταξύ των κατώτερων και ανώτερων στρωμάτων του χιονιού, προκαλώντας έτσι, μια ροή υγρού αέρα από κάτω προς τα επάνω. Καθώς ο αέρας κινούμενος προς τα επάνω συναντά τα ψυχρότερα στρώματα του χιονιού, ψύχεται, οι υδρατμοί υγροποιούνται και απορροφώνται από το χιόνι.

Αν η διαδικασία αυτή διαρκέσει αρκετά, που θα διαρκέσει όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας, μεγάλο μέρος των κόκκων του χιονιού λιώνουν και παγώνουν πάλι δηλ., επανα-κρυσταλλοποιούνται. Το σχήμα και η συνοχή των καινούργιων κρυστάλλων εξαρτάται από το πόσο μεγάλη είναι η διαφορά θερμοκρασίας.

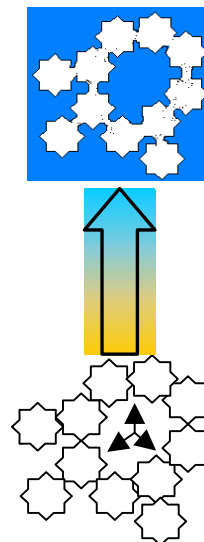
Όταν η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγάλη, της τάξης  $10^{\circ}$  C/m, τότε οι καινούργιοι κρύσταλλοι είναι μεγαλύτεροι από τους αρχικούς με αιχμηρές ακμές και εμφανείς πλευρές και έχουν μικρή έως ελάχιστη συνοχή μεταξύ τους. Έτσι, δημιουργείται ένα στρώμα χιονιού με ελάχιστη συνοχή μεταξύ των κόκκων του (sugar snow).

Όταν η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρότερη των  $10^{\circ}$  C/m, επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία αλλά με αργότερους ρυθμούς. Οι καινούργιοι κρύσταλλοι τώρα, έχουν ομαλότερες γωνίες, πιο σφαιρικό σχήμα και μεγαλύτερη συνοχή μεταξύ τους. Έτσι, δημιουργείται ένα στρώμα χιονιού με ισχυρούς δεσμούς μεταξύ των κόκκων του.

ροή υδρατμών μεγάλη



ροή υδρατμών μικρή





## **ΣΕΝΑΡΙΟ -1**

Στο βόρειο ημισφαίριο, χαμηλό βαρομετρικό κινείται προς τα ανατολικά. Στον ορεινό όγκο ενός βουνού επικρατεί χιονοθύελλα με ισχυρούς δυτικούς-βορειοδυτικούς ανέμους. Την επόμενη μέρα το χαμηλό βαρομετρικό έχει περάσει ο ουρανός είναι καθαρός και επικρατεί ηλιοφάνεια.

**ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΝΟΟΥΝ ΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΧΙΟΝΟΣΤΙΒΑΔΑΣ ΣΤΙΣ ΝΟΤΙΕΣ-ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΕΣ ΠΛΑΓΙΕΣ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ ΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΠΡΩΙΝΕΣ ΩΡΕΣ. ΓΙΑΤΙ;**

**ΕΞΗΓΗΣΗ**: Οι βορειοδυτικοί θυελλώδεις άνεμοι συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες χιονιού στις νότιο-νοτιοανατολικές πλαγιές του βουνού (υπήνεμες πλαγιές). Την επόμενη μέρα, η ηλιοφάνεια αυξάνει τη θερμοκρασία στο επάνω στρώμα του χιονιού με αποτέλεσμα την καταστροφή των ακίδων των χιονονιφάδων (λιώσιμο χιονιού) και τη δημιουργία δεσμών μεταξύ των. Αυτό έχει σαν συνέπεια, το επάνω στρώμα να γίνει πιο συμπαγές και πιο βαρύ από ότι τα κάτω στρώματα αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο να τείνει να ολισθήσει και να προκαλέσει χιονοστιβάδα, ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες. Αργότερα, μετά από κάποιες ώρες ηλιοφάνειας, το πρόσφατο χιόνι γίνεται πιο πυκνό και συμπαγές σε μεγάλο βάθος, και ο κίνδυνος χιονοστιβάδας μειώνεται.

## **ΣΕΝΑΡΙΟ -2**

Στον ορεινό όγκο ενός βουνού επικρατεί χιονοθύελλα με ισχυρούς κρύους ανέμους. Η θερμοκρασία κατά την εξέλιξη της χιονοθύελλας ή μετά την χιονοθύελλα ανεβαίνει.

**ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΝΟΟΥΝ ΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΧΙΟΝΟΣΤΙΒΑΔΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΤΙΣ ΠΛΑΓΙΕΣ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ. ΓΙΑΤΙ;**

**ΕΞΗΓΗΣΗ**: Η θερμοκρασία στην αρχή της χιονοθύελλας είναι χαμηλή με αποτέλεσμα ο άνεμος να συσσωρεύει μεγάλες ποσότητες χιονιού μικρής πυκνότητας στις πλαγιές του βουνού (υπήνεμες πλαγιές). Καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει, χιόνι μεγάλης πυκνότητας συσσωρεύεται πάνω από μικρής πυκνότητας χιόνι, δημιουργώντας έτσι τις συνθήκες σχηματισμού χιονοστιβάδας πλάκας.

### **ΣΕΝΑΡΙΟ –3**

Είναι άνοιξη επικρατεί ηλιοφάνεια για αρκετές μέρες και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνει.

**ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΝΟΟΥΝ ΤΟ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΧΙΟΝΟΣΤΙΒΑΔΑΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΣΗΛΙΕΣ ΠΛΑΓΙΕΣ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ. ΓΙΑΤΙ;**

**ΕΞΗΓΗΣΗ**: Καθώς οι ακτίνες του ηλίου χτυπούν το χιόνι το επάνω στρώμα του αρχίζει να λιώνει. Το στρώμα αυτό μπορεί να παγώσει το βράδυ αλλά την επόμενη μέρα θα λιώσει πάλι και μάλιστα μεγαλύτερο στρώμα απ' ότι την προηγούμενη μέρα, εφ' όσον έχει αυξηθεί η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Καθώς το νερό διεισδύει μέσα στη μάζα του χιονιού, καταστρέφει (λιώνει) τους συνδέσμους των κόκκων χιονιού δημιουργώντας έτσι τις συνθήκες σχηματισμού χιονοστιβάδας πλάκας