



Εμβιομηχανική της Χιονοδρομίας

Ιωάννης Γιαννακόπουλος M.Sc.

Βιομηχανική

Γενική Γραμματεία Αθλητισμού

Σχολή προπονητών Αγωνιστικής
Αναρρίχησης & Ορειβατικού Σκι

Ενότητα 9^η



ΕΙΛΟΣ ΙΝΔΥΛΗΣ 1984
Τρίκαλα 2019



Θέματα προς ανάλυση

- Θεμελιώδεις αρχές χιονοδρομίας κατάβασης
- Δυνάμεις
- Ικανότητα στρέψης του σκι
- Μηχανική ανάλυση ελεύθερης κατάβασης
- Εναλλαγές στην κλίση της πίστας
- Μηχανική ανάλυση τεχνικής “Λ”
- Μηχανική ανάλυση πλαγιοδρόμησης
- Μηχανική ανάλυση παράλληλης στροφής



Μετά την ολοκλήρωση της ενότητας ο σπουδαστής θα είναι σε θέση να:

- Γνωρίζει τις θεμελιώδεις αρχές της χιονοδρομίας κατάβασης και τα χαρακτηριστικά τους
- Διακρίνει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ του χιονοδρόμου και της πίστας, αλλά και τους νόμους που τις διέπουν
- Μπορεί να εξηγήει γιατί κατασκευαστικά τα χιονοπέδιλα έχουν αυξημένη ικανότητα στρέψης
- Αναλύει μηχανικά τις συνθήκες ελεύθερης κατάβασης, θέσης "λάμδα Λ", πλαγιοδρόμησης και παράλληλης στροφής
- Διακρίνει τις αλλαγές στις δυνάμεις που εφαρμόζονται από και προς τον χιονοδρόμο, με την αλλαγή κλίσης της πίστας

Θεμελιώδεις Αρχές

Καθορίζουν την ποιότητα και αποτελεσματικότητα της κίνησης

- 1. Δυναμική ισορροπία** (Γραμμή ματιών, ύψος και εφαρμογή κέντρου βάρους)
- 2. Στρέψη των σκι** (Αρχή της στροφής)
- 3. Γώνιασμα των σκι** (Μείωση αντίστασης χιονιού)
- 4. Πίεση των σκι** (Βαρυτική δύναμη, πελμα και σκι → σαν ένα)



Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Δυνάμεις

➤ **Βαρύτητα**

($\Delta\kappa\alpha\theta - \Delta\kappa\iota\nu$)

➤ **Αδράνεια**

➤ **Αντίδραση εδάφους**

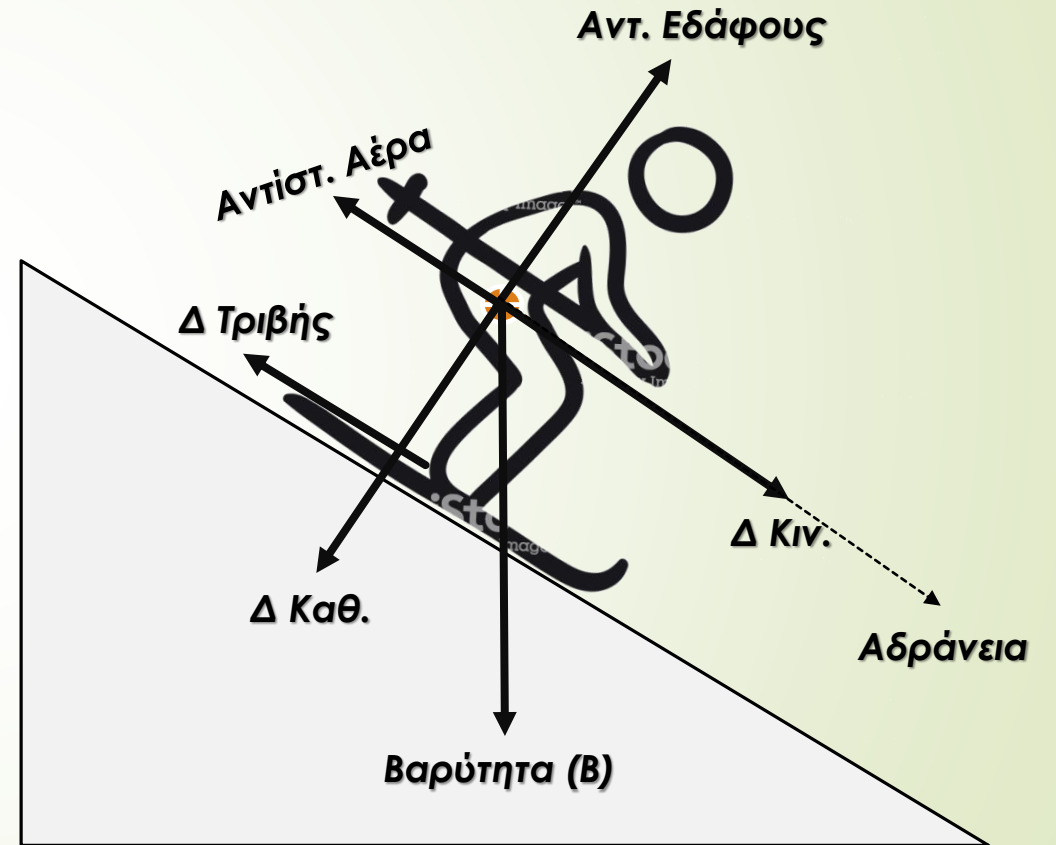
($-\Delta\kappa\alpha\theta$)

➤ **Αντίσταση αέρα**

$$A = 1/2 * E * \Upsilon * \Pi * \Sigma$$

➤ **Τριβή**

($\Delta\kappa\alpha\theta * \eta$)



Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Ικανότητα στρέψης των σκι

- Ιδιαίτερη κατασκευή
- Ανόμοιο πλάτος κατά μήκος τους
- Μικρότερο πλάτος → Μέση
- Μεγαλύτερο πλάτος → Σπάτουλα
- Μεσαίο πλάτος → Ουρά
- **Γώνιασμα και πίεση** → Σπάτουλα εκτοπίζει περισσότερο χιόνι από ουρά → Ουρά λιγότερη αντίσταση = Περισσότερη κίνηση ουράς → **Περιστροφή του σκι !**



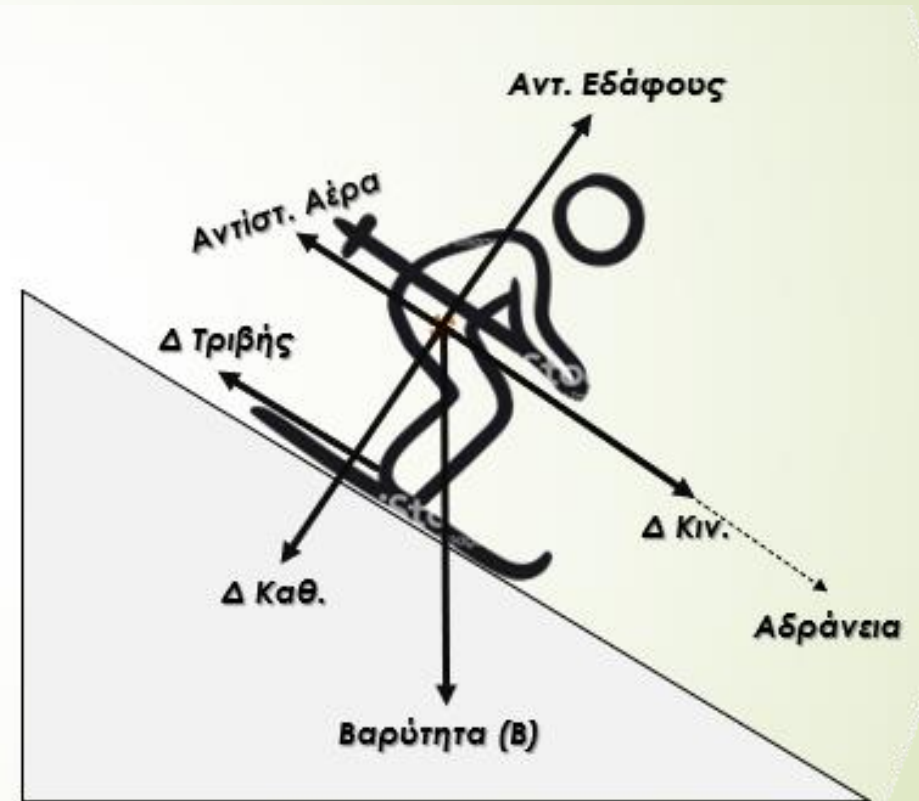
Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Ελεύθερη κατάβαση

- Παράλληλα με γραμμή κατηφόρας
- Εύκολη πορεία – Απλή ανάλυση
- Δυνάμεις μόνο στη διεύθυνση κίνησης (Οβελιαίο επίπεδο)
- Κινητήρια δύναμη → Δκιν

Αντίθετες → Αντ. Αέρα – Τριβή

- Εάν $\Delta\text{κιν} > \text{Τριβή} - \text{Αντ.Αέρα}$ (Κίνηση)
- Εάν $\Delta\text{κιν} < \text{Τριβή} - \text{Αντ.Αέρα}$ (Ακινησία)
- **Δκαθ = Αντ. Εδάφους**
- $\text{Τριβή} = \Delta\text{καθ} * \eta$



Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Εναλλαγές στην κλίση

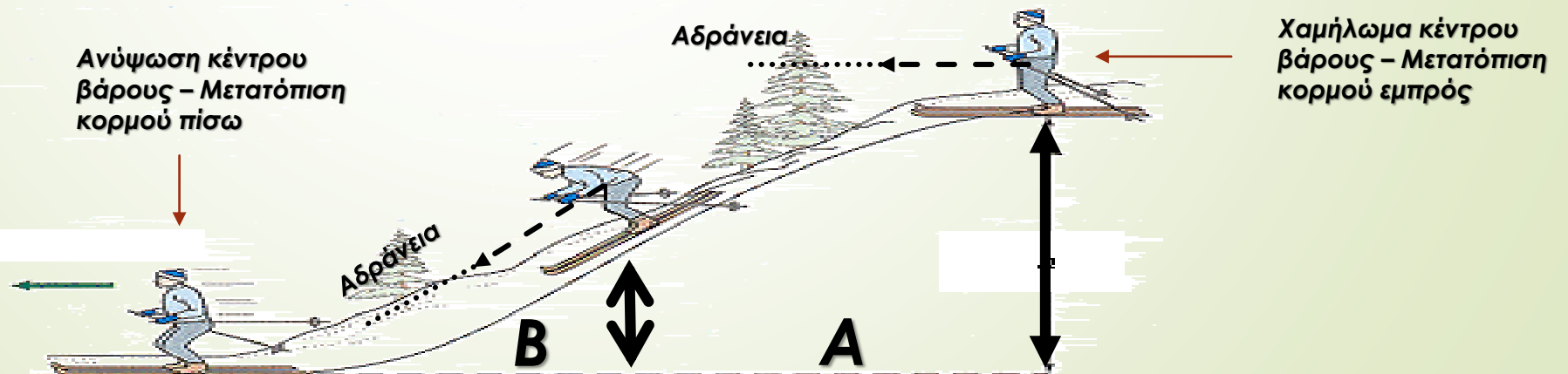
Μικρή → Μεγάλη (A)

- Η αδράνεια τείνει να τον απογειώσει
- Για αποφυγή → Κατά την είσοδο, **χαμήλωμα κέντρου βάρους** και **μετατόπιση εμπρός** (Λύγισμα γονάτων – Κάμψη κορμού)

Μεγάλη → Μικρή (B)

- Η αδράνεια τείνει να τον ρίξει “μέσα” στην πίστα
- Για αποφυγή → Κατά την είσοδο, **ανύψωση κέντρου βάρους** και **μετατόπιση πίσω** (Τέντωμα γονάτων – Έκταση κορμού)

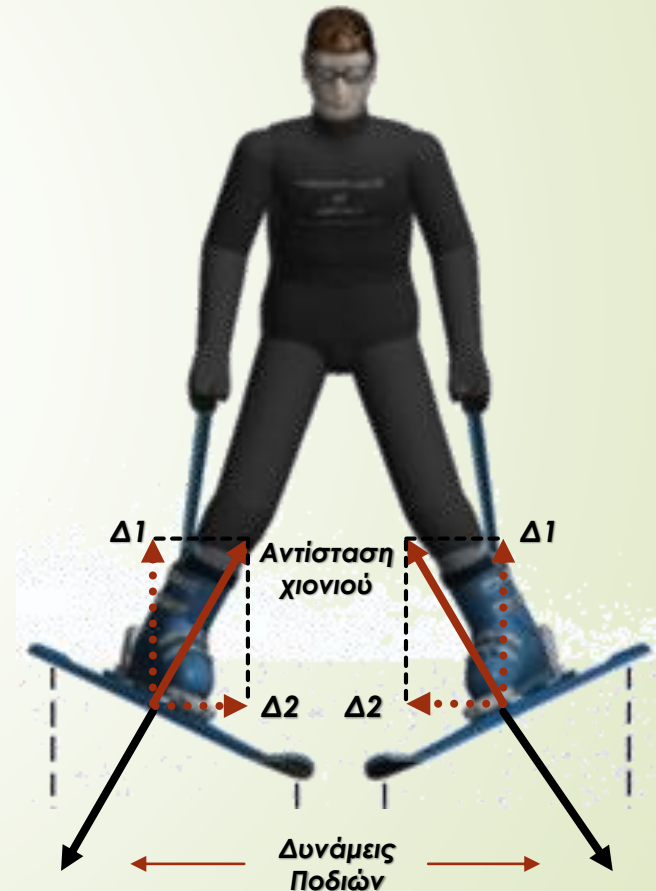
Ο χιονοδρόμος συνήθως αντιμετωπίζει συνεχόμενες - μικρές εναλλαγές κλίσης, γι' αυτό απαιτείται συνεχόμενη εναλλαγή ύψους του κέντρου βάρους, ώστε να το κρατάει μόνιμα σε ευθεία τροχιά



Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Τεχνική λάμδα "Λ"

- ▶ Τεχνική επιβράδυνσης χωρίς στροφή
- ▶ Άνοιγμα σκι σε σχήμα V + Γώνιασμα
- ▶ Δημιουργία τριβής → Αντίθετα από ΔΚΙΝ
- ▶ Η τριβή κάθε σκι αναλύεται σε δύο κάθετες συνιστώσες (αντίθετη κίνηση προς εμπρός ($\Delta 1$) – αντίθετη κίνηση προς πλάγια ($\Delta 2$))



Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

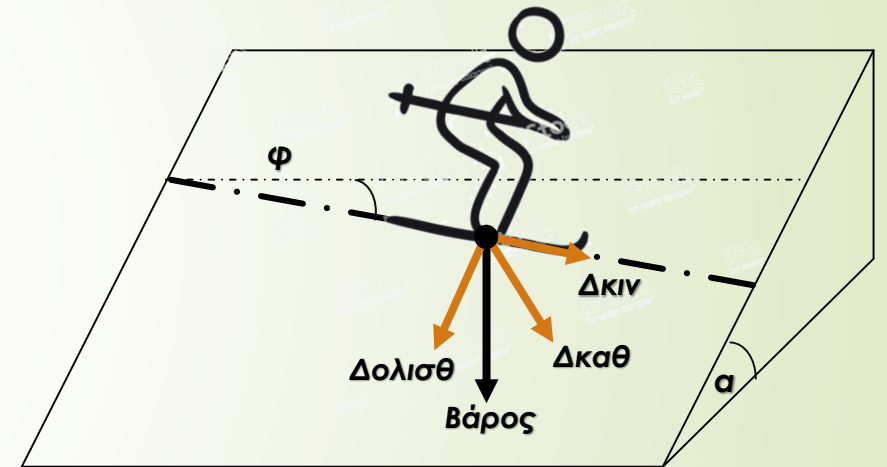
Πλαγιοδρόμηση

Στην πλαγιοδρόμηση δύο γωνίες παίζουν σημαντικό ρόλο :

- **Γωνία α** (κλίση πίστας)
- **Γωνία φ** (γωνία πορείας)

Το βάρος αναλύεται σε 3 συνιστώσες:

- **Δκαθ** (κάθετη στο έδαφος)
- **Δκιν** (κινητήρια)
- **Δολισθ** (φορά στην κατηφόρα)
- Μεγάλη κλίση (α) + Ευθεία πορεία στη βάση (φ) = Μεγάλη επιτάχυνση (\uparrow Δολισθ)
- Μικρή κλίση (α) + Πλάγια πορεία (φ) = Μικρή επιτάχυνση (\downarrow Δολισθ)



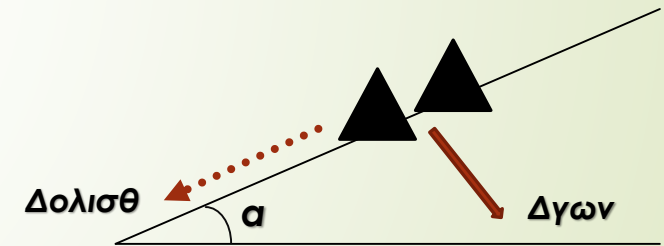
Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Πλαγιολίσθηση

- Γωνία φ μηδενική
- Γωνία α μεγάλη

Ως αποτέλεσμα η **Δολισθ** \uparrow

Για αποφυγή \rightarrow Γώνιασμα των σκι στο χιόνι και εφαρμογή της Δγων



Μηχανική Χιονοδρομίας Κατάβασης

Στροφή

Αλλαγή κατεύθυνσης

Τέσσερις δυνάμεις εφαρμόζονται:

1. $\Delta\text{κιν}$ (κινητήρια)
2. $\Delta\text{ολισθ}$ (προς βάση πίστας)
3. $\Delta\text{φυγ} - \text{Φυγόκεντρος}$ ($M \times u^2 / r$)
4. $\Delta\text{κεντ} - \text{Κεντρομόλος}$ = $\Delta\text{φυγ}$

Εφαρμόζεται από χιονοδρόμο για αποφυγή εκτόπισης λόγω της $\Delta\text{φυγ}$, ρίχνοντας το σώμα προς το κέντρο της στροφής

Από τον τύπο της $\Delta\text{φυγ}$ παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η ταχύτητα του χιονοδρόμου, τόσο αυξάνεται και η φυγόκεντρος

$$\Delta\text{φυγ} = -\Delta\text{κεντ}$$



Αντιθέτως όσο αυξάνεται η ακτίνα στροφής (r) \rightarrow ομαλή στροφή, η φυγόκεντρος μειώνεται και αντίστροφα

Ανακεφαλαίωση

- Οι τέσσερις θεμελιώδεις αρχές τις χιονοδρομίας κατάβασης είναι η δυναμική ισορροπία, το γώνιασμα των σκι, η στρέψη των σκι και η πίεση των σκι
- Τα σκι κατασκευαστικά έχουν ανόμοιο πλάτος κατά μήκος τους με αποτέλεσμα να έχουν αυξημένη ικανότητα στρέψης εάν γωνιαστούν και πιεστούν κατάλληλα
- Στην ελεύθερη κατάβαση οι δυνάμεις που δρουν από και προς τον χιονοδρόμο είναι το βάρος, η Δκαθ, η Δκιν, η τριβή, η αντίσταση του αέρα, η κάθετη αντίδραση του εδάφους και η αδράνεια. Αυτές όλες αλληλοεξαρτώνται
- Ο χιονοδρόμος στην πορεία του συναντά συχνά εναλλαγές στην κλίση της πίστας με αποτέλεσμα να χρειάζεται να χαμηλώνει και να υψώνει το κέντρο βάρους του συνεχώς με σκοπό να το κρατάει σε ευθεία τροχιά σε όλη την πορεία
- Η τεχνική λάμδα χρησιμοποιείται για επιβράδυνση κατά την ελεύθερη κατάβαση με γώνιασμα και ταυτόχρονη πίεση των σκι προς τα μέσα σε σχήμα V δημιουργώντας αντίθετες επιβραδυντικές δυνάμεις τριβής στα χιονοπέδιλα
- Κατά την πλαγιοδρόμηση δύο είναι οι σημαντικές γωνίες, η α και η φ. Επίσης παρουσιάζεται μία νέα δύναμη η ολισθησης που τείνει να ολισθήσει τον χιονοδρόμο προς τη βάση της πίστας
- Κατά τη διάρκεια της στροφής ο χιονοδρόμος γέρνει το σώμα του προς τα μέσα γωνιάζοντας τα σκι και εφαρμόζοντας την κεντρομόλο δύναμη για να αντισταθεί στην εκτόπιση που του δημιουργεί η φυγόκεντρος δύναμη.



Βιβλιογραφία

- ▶ Κουθούρης Χ. (2012). *Χιονοδρομία*. Πανεπιστημιακές σημειώσεις. ΤΕΦΑΑ, ΠΘ..