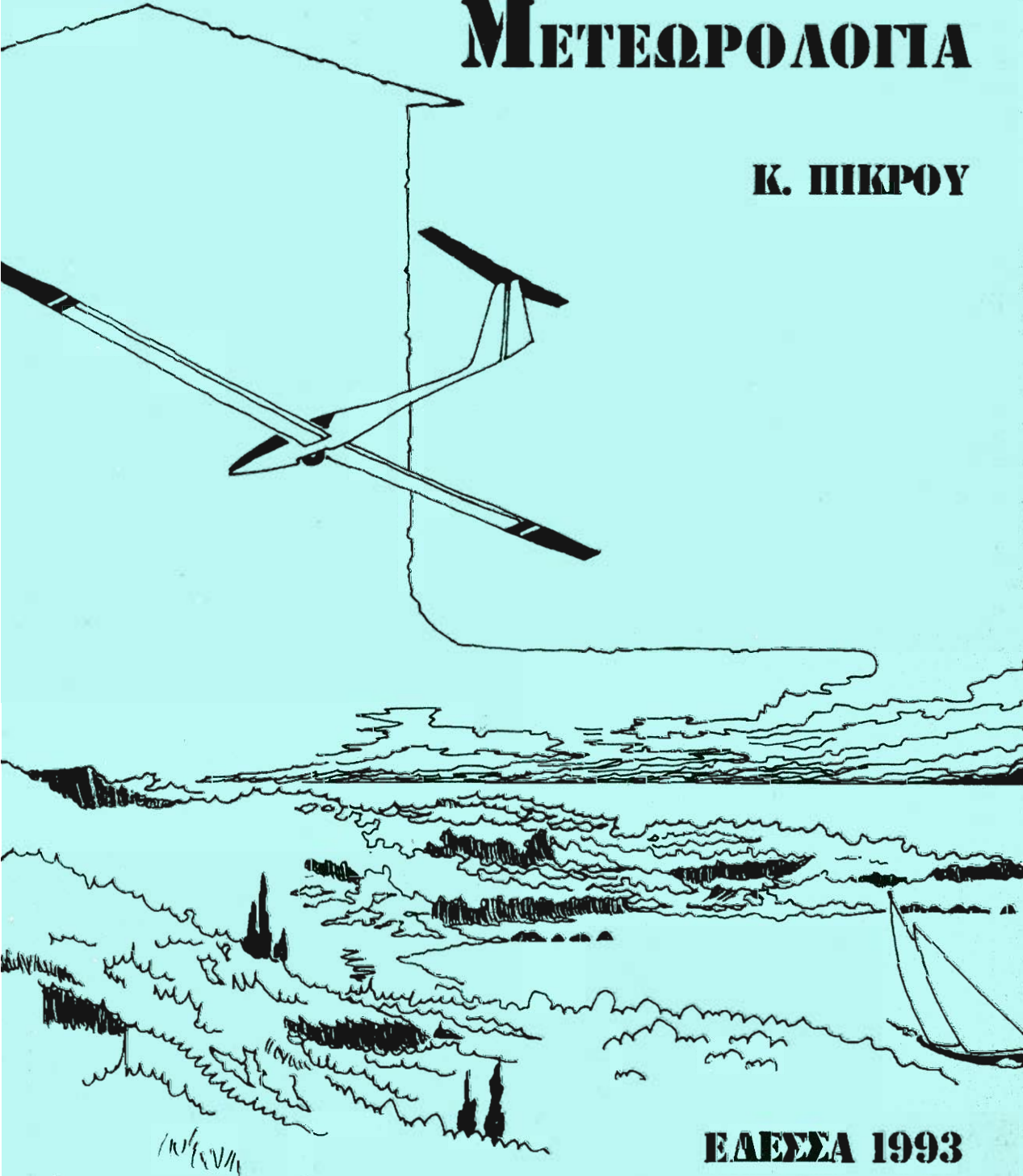


ΑΕΡΟ-ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Κ. ΠΙΚΡΟΥ



ΕΛΕΥΣΑ 1993

ΑΕΡΟ-ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

ΚΩΝΣΤ. Π. ΠΙΚΡΟΥ

ΕΛΕΣΣΑ 1993

- 1972 Πρώτη έκδοση από ΣΕΠ
1984 Ανατύπωση στην ΥΜΔΑΕ
1988 Ανατύπωση από ΑΝΛΑ
1991 Ανατύπωση από ΕΠΠΑΕ
1991 Ανατύπωση από ΑΝΛΑ
1993 Ανατύπωση από ΝΟΚ
1993 Δεύτερη έκδοση
-

Σχέδιο εξωφύλλου:

Από τον ιστιοπλόο Ηλία Μπίρη

Επιμέλεια εκδόσεως:

Από την ανεμοπόρο Ελένη Καντή

Η δεύτερη έκδοση έγινε από την:

Αερολέσχη Εδέσσης

Πλάτωνος 16

582 00 ΕΔΕΣΣΑ

Τηλ. (0381) 22.954

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το 1972 όταν πρωτοέγραφα αυτό το βιβλίο, θεωρούσα την μετεωρολογία απλώς σαν ένα από τα πεδία που έπρεπε να γνωρίζουν καλά οι ανεμοπόροι. Από τότε εδίδαξα μετεωρολογία σε ανεμοπόρους, αιωροπτεριστές, ιστιοπλόους, αεροπόρους, αερομοντελιστές και αεροπροσκόπους, προσθέτοντας κάθε φορά προφορικώς στο γενικό αυστηρό κείμενο τα ειδικά κεφάλαια που απαιτούσε το κάθε ακροατήριο. Κατά την διάρκεια όμως της εικοσαετίας που πέρασε συνειδητοποίησα ότι προσεγγίζαμε την μετεωρολογία κατά ένα πολύ ιδιότυπο τρόπο.

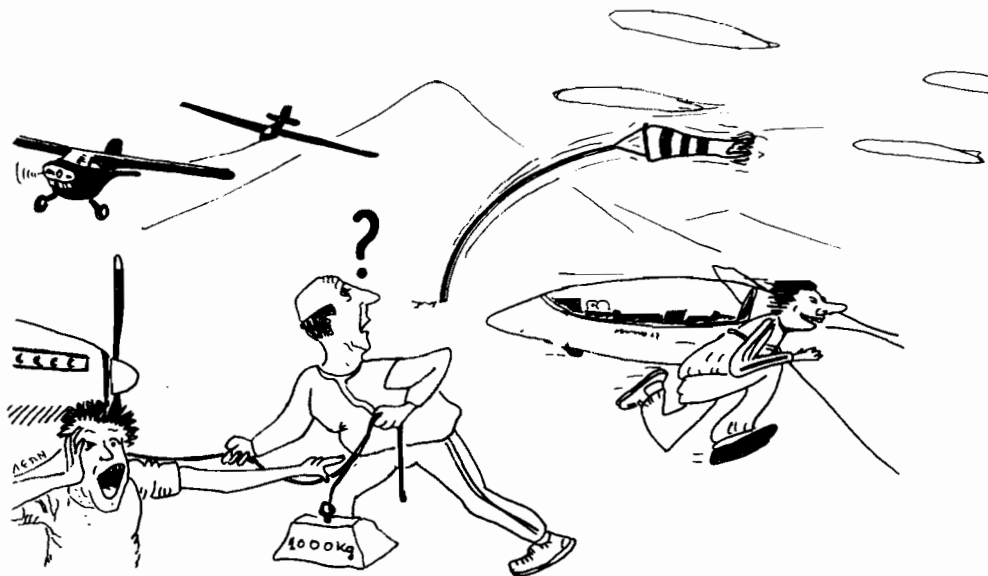
Στη θάλασσα, κάθε ισορροπημένος άνθρωπος επιθυμεί την γαλήνη και την άπνοια. Η κακοκαιρία του αφήνει δυσάρεστες αναμνήσεις. Οι ιστιοπλόοι αντιθέτως επιθυμούμε τον άνεμο που βεβαίως συνεπάγεται κύμα. Πολλές φορές βγαίνουμε στη θάλασσα μόνο και μόνο για να απολαύσουμε αυτό που οι άλλοι ονομάζουν κακοκαιρία. Τις πιο ευχάριστες αναμνήσεις μας τις έχουμε από κάποιο χοντρό καιρό που συναντήσαμε κάποτε το βράδυ με φεγγάρι, ή από κάτι παρόμοιο.

Το ίδιο ακριβώς πνεύμα επικρατεί και στον αέρα. Κατά την συνήθη μετεωρολογική νοοτροπία σε κάθε μετεωρολογικό φαινόμενο είναι κρυμμένο ένα σύνολο από σατανικούς κινδύνους που απειλούν τον ανύποπτο αεροπόρο. Πρόκειται για μετεωρολογία τρόμου, μετεωρολογία γκραν-γκινιόλ. Η ασφάλεια πτήσεων είναι επιμελώς πασαλειμμένη σε όλη την συνήθη αεροπορική μετεωρολογία.

Κάθε κοινός χειριστής θεωρεί ότι ο ιδεώδης καιρός για πτήση είναι η ευστάθεια. Τα ανοδικά και τα καθοδικά ρεύματα θεωρούνται ενόχληση, οι δε επιβάτες των αεροπλάνων θεωρούν τα καθοδικά "κενά αέρος", ουράνιες τρύπες μέσα στις οποίες δεν υπάρχει αέρας και το αεροπλάνο πέφτει. Εμείς αντιθέτως διδάσκουμε επί δεκαετίες και πείθουμε εκατοντάδες μαθητές ότι ο χειρότερος καιρός είναι η ευστάθεια που δεν έχει ανοδικά και καθοδικά. Τους μαθαίνουμε να χαίρονται στην αστάθεια, εκεί ακριβώς που οι άλλοι πάσχουν.

Τα νέφη είναι πάντα απειλητικά για τον αεροπόρο. Του μειώνουν την ορατότητα, την ασφάλεια, την άνεση χειρισμών. Τα χαμηλά νέφη έχουν βάλει το χεράκι τους στα μεγαλύτερα αεροπορικά ατυχήματα στη χώρα μας. Οι ανεμοπόροι αντιθέτως τα σύννεφα τα θέλουμε. Ενισχύουν την αστάθεια και προδίδουν τα σημεία όπου η επιθυμητή αστάθεια είναι μεγαλύτερη. Τα καταϊγδοφόρα νέφη, ο απόλυτος τρόμος των αεροπόρων, είναι τα πιο ζηλευτά νέφη. Με μεγάλο θαυμασμό διαβάζουμε τις αφηγήσεις προπολεμικών ανεμοπόρων που πετούσαν μέσα σε καταϊγίδες για να ανεβούν σε μεγάλα ύψη.

Η κορωνίδα των ανοδικών ρευμάτων είναι σήμερα το κύμα όρους. Εκεί βρίσκεται ο μεγαλύτερος κίνδυνος των αεροπόρων και η μεγαλύτερη απόλαυση των ανεμοπόρων. Το κύμα όρους για την αεροπορική μετεωρολογία είναι μία τρομερή ατμοσφαιρική ανατάραξη, ο ρότορ. Για την ανεμοπορική μετεωρολογία το κύμα όρους είναι μία ατάραχη στρωτή ροή πάνω από τον ρότορα που ανεβάζει τα ανεμόπτερα σε στρατοσφαιρικά ύψη. Την ώρα που οι γνωστικοί αεροπόροι δένουν τα αεροπλάνα τους για να μην τα πάρει ο άνεμος, εμείς σπεύδουμε ενθουσιασμένοι στον διάδρομο, για να απογειωθούμε και να συναντήσουμε το κύμα όρους.



Αυτή είναι η μετεωρολογία της απολαύσεως και με αυτό το πνεύμα συμπλήρωσα το αρχικό κείμενο με ειδικά κεφάλαια που αφορούν τις διασκεδαστικές ασχολίες με την μετεωρολογία. Οποιος δεν ενδιαφέρεται για τα ειδικά κεφάλαια μπορεί να διαβάσει μόνο το κείμενο γενικού ενδιαφέροντος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Τοπική μετεωρολογία

Θερμοκρασία	7
Πίεση	10
Άνεμος	13
Αύρες	21
Υγρασία	26
Ανοδικά ρεύματα	27
Νέφη κατακόρυφης αναπτύξεως	32
Βροχή, χιόνι	36
Ορογραφικά φαινόμενα	40
Κύμα όρους	44
Είδη νεφών	47
Ομίχλη	48

Συνοπτική μετεωρολογία

Θερμική ενέργεια	51
Κυκλοφορία της ατμόσφαιρας	53
Τροπική ζώνη	54
Πολική ζώνη	57
Εύκρατη ζώνη	57
Θαλάσσια ρεύματα	58
Μέτωπα	62
Ο καιρός της εύκρατης ζώνης	64
Αέριες μάζες	67
Ο καιρός στην Ελλάδα	68
Πρόγνωση του καιρού	73
Ρύθμιση του καιρού	81
Παρελθών καιρός	82
Επίλογος	85

Παραρτήματα

A. METAR	87
B. Το τεφίγραμμα	91

ΤΟΠΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Στο πρώτο μέρος θα εξετάσουμε τα μετεωρολογικά φαινόμενα όπως παρατηρούνται σε ένα ορισμένο τόπο και θα επεξηγήσουμε τον τρόπο σχηματισμού και εξελίξεως κάθε φαινομένου χωριστά. Στο δεύτερο μέρος όλα τα φαινόμενα θα εμφανισθούν μαζί, σαν τμήματα της γενικής κυκλοφορίας της ατμοσφαιράς.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

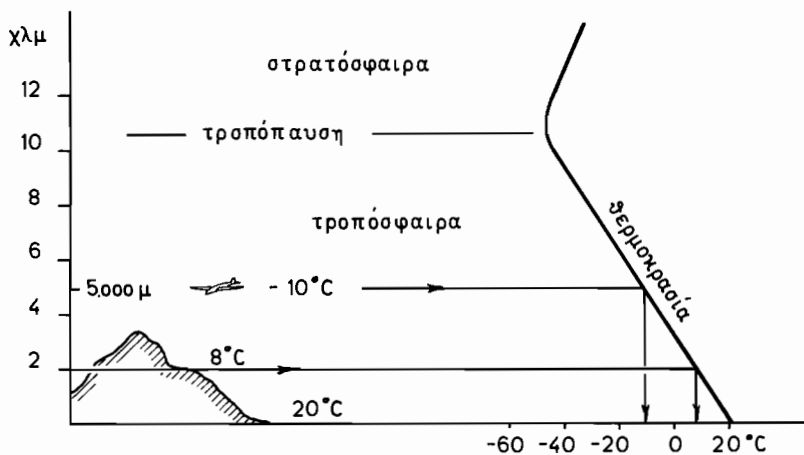
Η Θερμοκρασία είναι πρωτεύον χαρακτηριστικό της ατμοσφαιράς. Η θερμοκρασία είναι ο κύριος συντελεστής, που καθορίζει το κλίμα, τη βλάστηση, την ζωή ενός τόπου.

Από την φυσική γνωρίζουμε ότι την θερμοκρασία μετράμε με θερμόμετρα σε βαθμούς Κελσίου (C). Η μετεωρολογία χρησιμοποιεί, εκτός από τα κοινά ενδεικτικά θερμόμετρα, ειδικά θερμόμετρα όπως τα θερμόμετρα μεγίστου και ελαχίστου, τα οποία δείχνουν τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία από την τελευταία τους ρύθμιση. Ετσι, αν τα επαναφέρουμε καθημερινώς, μπορούμε να μετράμε την μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία του 24ώρου. Η μετεωρολογία χρησιμοποιεί επί πλέον θερμογράφους, που καταγράφουν συνεχώς την επικρατούσα θερμοκρασία πάνω σε μία βαθμονομημένη χάρτινη ταινία.

Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος

Η θερμοκρασία, όπως ξέρουμε, στα βουνά είναι χαμηλότερη από ότι στις πεδιάδες την ίδια στιγμή. Η ελάττωση της θερμοκρασίας συναρτήσσει του ύψους γίνεται περίπου κατά 0,6 C ανά 100 μέτρα ύψους. Στο σχ.1 βλέπουμε ότι, αν στο ύψος της θάλασσας έχουμε 20 C, σε ένα κοντινό βουνό ύψους 2.000 μέτρων θα περιμένουμε να συναντήσουμε, την ίδια στιγμή, θερμοκρασία κατά 12 C χαμηλότερη ήτοι 8 C. Ένα αεροπλάνο που πετάει την ίδια στιγμή σε ύψος 5.000 μέτρων θα συναντήσει θερμοκρασία κατά 30 C κατώτερη δηλαδή -10 C.

Η ελάττωση αυτή της θερμοκρασίας συνεχίζεται μέχρις ύψους περίπου 10.000 μέτρων όπου είναι της τάξεως των -50 C. Ακόμα ψηλότερα, η θερμοκρασία της ατμοσφαιράς αυξάνεται. Στο ύψος όπου η θερμοκρασία αρχίζει να αυξάνεται συνεχώς λέμε ότι έχουμε την τροπόπαυση. Το τμήμα της ατμοσφαιράς από το έδαφος μέχρι την τροπόπαυση ονομάζεται τροπόσφαιρα, πάνω δε από την τροπόπαυση έχουμε την στρατόσφαιρα (σχ.1).



Σχ. 1. Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος.

Πάνω από την τροπόπαυση η θερμοκρασία αυξάνεται με το ύψος και αυτό λέγεται θερμοκρασιακή αναστροφή. Η στρατόσφαιρα είναι μία μεγάλη θερμοκρασιακή αναστροφή. Όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα εξελίσσονται μέσα στην τροπόσφαιρα και σπανίως νέφη διαπερνούν την τροπόπαυση. Αυτό όμως θα μας απασχολήσει και πάλι στα περι νεφών.

Περισσότερα για την τροπόσφαιρα

Η ελάττωση της θερμοκρασίας με το ύψος, δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται από ώρα σε ώρα και από τόπο σε τόπο. Η ελάττωση κατά $0,65\text{ C}$ ανά 100 μέτρα ύψους είναι απλώς ένας μέσος στατιστικός όρος που καθορίζεται από την τυπική ατμόσφαιρα ICAO. Αυτή προβλέπει, για τα δικό μας γεωγραφικό πλάτος, στο έδαφος 15 C και συνεχή ελάττωση της θερμοκρασίας μέχρι τα 11.000 μέτρα (36.000 ft), όπου είναι η τροπόπαυση με θερμοκρασία -56 C .

Η τροπόσφαιρα δεν έχει σταθερό ύψος. Η τυπική ατμόσφαιρα προβλέπει ότι, στον ισημερινό η τροπόπαυση βρίσκεται σε ύψος 16.000 μέτρων (με θερμοκρασία -90 C) και στους πόλους σε ύψος 7.000 μέτρων (με -45 C).

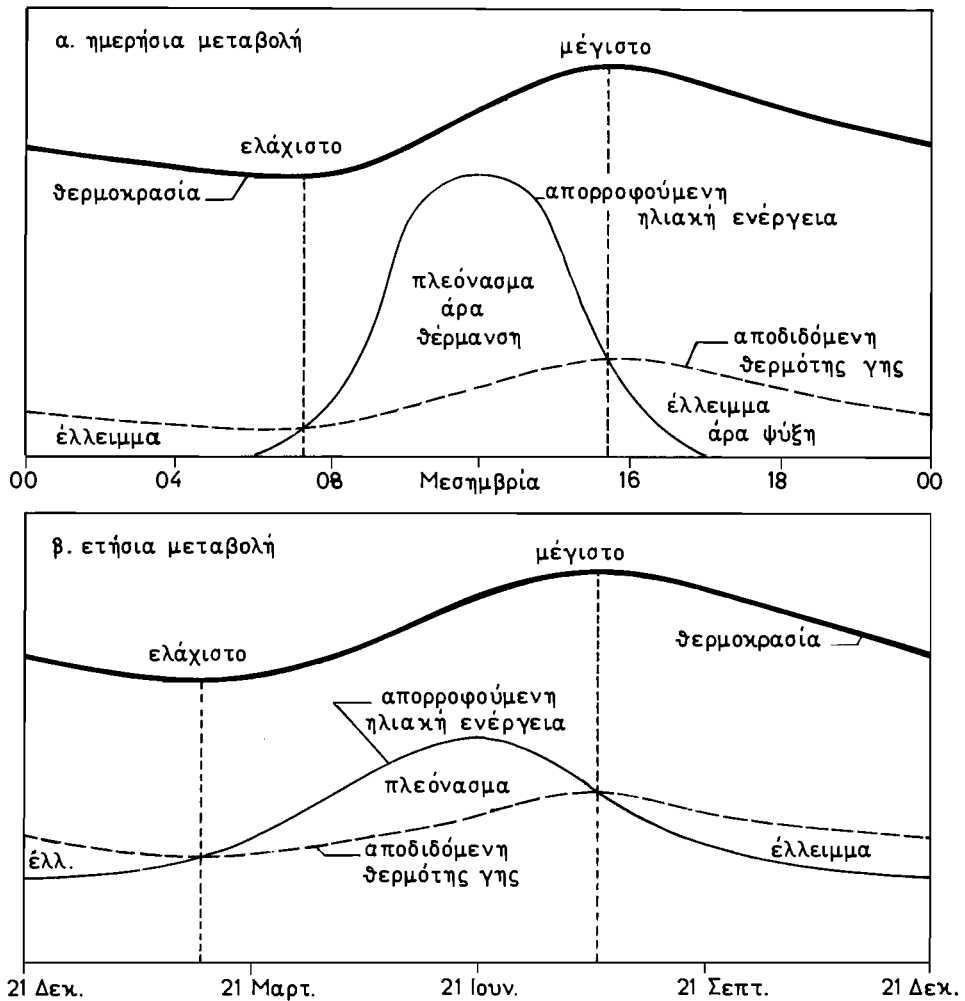
Θερμική ακτινοβολία

Όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα αποκτούν την ενέργειά τους από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει την ατμόσφαιρα

και το έδαφος. Το έδαφος, όταν θερμανθεί από τον ήλιο, αποδίδει και αυτό θερμότητα η οποία θερμαίνει την ατμόσφαιρα.

Λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας, η ημέρα είναι θερμότερη από την νύκτα. Επίσης τον χειμώνα, οπότε η ήλιος θερμαίνει την γη λιγότερες ώρες και βρίσκεται χαμηλότερα στον ορίζοντα, οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από ότι κατά το θέρος. Για τον ίδιο λόγο ο ισημερινός, τον οποίον ο ήλιος προσβάλλει σχεδόν κατακόρυφα, είναι θερμότερος από ότι τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, όπου η ακτινοβολία προσβάλλει το έδαφος πλαγίως.

Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω στην γη, δεν θερμαίνει αμέσως το έδαφος και την ατμόσφαιρα, αλλά η μεταβολή της θερμοκρα-



Σχ. 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας, α.ημερήσια, β. ετήσια.

σίας τους είναι προοδευτική. Επίσης όταν κρυφτεί ο ήλιος, το έδαφος και η ατμόσφαιρα ψύχονται προοδευτικά, αποδίδοντας την θερμότητα που έχουν αποθηκεύσει.

Λόγω του φαινομένου αυτού η ψυχρότερη ώρα της νύκτας είναι λίγο μετά την ανατολή του ηλίου, οπότε το έδαφος συνεχίζει να χάνει θερμότητα ενώ η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι ακόμη ισχυρή. Αυτό φαίνεται στο σχ.2α. Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε ότι η θερμότερη ώρα της ημέρας δεν είναι το μεσημέρι (όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι μέγιστη), αλλά το απόγευμα. Αυτό γίνεται γιατί η θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται και μετά το μεσημέρι, όσο η προσπίπτουσα θερμότης είναι μεγαλύτερη από την αποδιδόμενη.

Λόγω επίσης της βραδείας θερμάνσεως και ψύξεως του εδάφους, η θερμότερη περίοδος του έτους είναι ένα περίπου μήνα μετά το θερινό ηλιοστάσιο (21 Ιουνίου, οπότε ο ήλιος βρίσκεται υψηλότερα στον ουρανό). Επίσης η ψυχρότερη περίοδος του χειμώνα είναι ένα περίπου μήνα μετά το χειμερινό ηλιοστάσιο (22 Δεκεμβρίου). Το φαινόμενο αυτό επεξηγεί το σχ.2β.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η θάλασσα θερμαίνεται και ψύχεται ακόμη βραδύτερα απ' ότι η ξηρά και γι'αυτό, στους ωκεανούς η θερμότερη και η ψυχρότερη περίοδος του έτους καθυστερούν κατά δύο περίπου μήνες μετά τα ηλιοστάσια. Αντιθέτως, σε ηπειρωτικές περιοχές λέγεται π.χ ότι η άνοιξη έρχεται νωρίτερα. Αυτό συμβαίνει γιατί δεν υπάρχει εκεί μεγάλη αποθήκευση θερμότητας.

Σε πολύ μικρότερη κλίμακα, ανάλογα φαινόμενα παρουσιάστηκαν σε περιοχές όπου έγιναν μεγάλα αποστραγγιστικά έργα. Πριν την αποστράγγιση το νερό της λίμνης ή των ελών απέδιδε θερμότητα καθ' όλη τη νύκτα και δεν παρουσιάζετο νυκτερινός παγετός στις γειτονικές καλλιέργειες. Μετά την αποστράγγιση έλειψε η αποθήκη θερμότητας και, ο νυκτερινός παγετός ανάγκασε τους γεωργούς να καλλιεργήσουν άλλα είδη φυτών ανθεκτικότερα στον παγετό.

ΠΙΕΣΗ

Όπως το νερό μένει στην επιφάνεια της γης λόγω της βαρύτητας, το ίδιο και τα αέρια δεν εκφεύγουν στο διάστημα λόγω της βαρύτητας. Έτσι, η γη περιβάλλεται από ένα λεπτό στρώμα αζώτου που ονομάζουμε ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα περιέχει 78% άζωτο. Περιέχει και 21% οξυγόνο χρήσιμο στα φυτά και τα ζώα. Περιέχει και 1% διάφορα άλλα στοιχεία και ενώσεις.

Η ατμόσφαιρα έχει βάρος το οποίο πιέζει όλα τα σώματα που βρίσκονται μέσα της. Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση.

Από την φυσική γνωρίζουμε ότι την ατμοσφαιρική πίεση μετράμε με τα βαρόμετρα. Στην μετεωρολογία χρησιμοποιούμε επί πλέον βαρογράφους, που καταγράφουν συνεχώς την πίεση σε βαθμονομημένη χάρτινη ταινία.

Την πίεση μετράμε συνήθως σε χιλιοστόμετρα στήλης υδραργύρου.

Στην επιφάνεια της θάλασσας επικρατεί πίεση περίπου 760 χιλ. υδραργύρου (29.9 ίντσες υδραργύρου). Στην μετεωρολογία χρησιμοποιούμε την μονάδα χεκτοπασκάλ hPa (δηλαδή εκατοστά της διεθνούς μονάδας πιέσεως πασκάλ Pa). Είναι 1013 hPa ίσα με 760 χιλ. υδραργύρου. Η μονάδα hPa σε παλαιότερα κείμενα αναφέρεται σαν मिलिपार mB.

Μεταβολή της πίεσεως με το ύψος

Η τυπική ατμόσφαιρα προβλέπει ότι στο έδαφος έχουμε πίεση 1.013 hPa και ότι η πίεση μειώνεται κατά 1 hPa κάθε 8,5 μέτρα (κατακόρυφη βαροβαθμίδα). Η μεταβολή αυτή δεν είναι γραμμική σε μεγαλύτερο ύψος.

Όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερο ύψος τόσο έχουμε λιγότερη ποσότητα αέρα υπεράνω μας, άρα τόσο ελαττώνεται η ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι π.χ. σε ύψος 5.500 μέτρων έχουμε ήδη κάτω μας το μισό της ποσότητας του αέρα της ατμοσφαιράς και η πίεση είναι 500 hPa. Σε ύψος 16.000 μέτρων η πίεση είναι 100 hPa άρα έχουμε ήδη κάτω μας τα 90% της μάζας της ατμοσφαιράς.

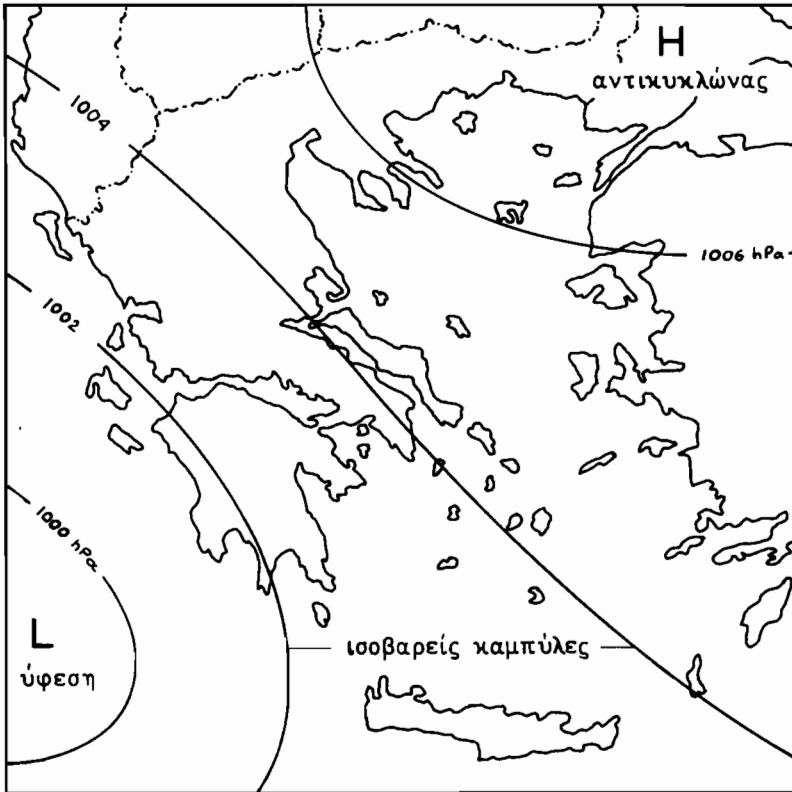
Επειδή η πίεση είναι συνάρτηση του ύψους, μπορούμε να προσδιορίσουμε το ύψος στο οποίο βρισκόμαστε αν γνωρίζουμε την πίεση. Τα υψόμετρα των αεροπλάνων είναι βαρόμετρα των οποίων η κλίμακα αντί να αναγράφει πίεση αναγράφει ύψος.

Όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερο ύψος ο αέρας γίνεται αραιότερος και φυσικά και το οξυγόνο που διατίθεται για την αναπνοή. Ο άνθρωπος μπορεί να προσαρμοσθεί σε μεγαλύτερα ύψη μετά από παραμονή εβδομάδων, όπως οι ορειβάτες. Μόνιμη παραμονή σε μεγάλα ύψη επιφέρει και φυλετικές προσαρμογές, όπως οι κάτοικοι των Άνδεων που έχουν περισσότερα ερυθρά αιμοσφαίρια στο αίμα τους. Ο κοινός όμως πεδινός άνθρωπος για γρήγορες ανόδους πάνω από 3.500 μέτρων πρέπει να διαθέτει πρόσθετο οξυγόνο. Τα αρχικά συμπτώματα της υποξυγοναιμίας κατά την πτήση είναι ευφορία και ελάττωση της ικανότητας για λήψη σωστών αποφάσεων. Στα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται προσωπίδες οξυγόνου, ή θάλαμοι πληρώματος με υπερπίεση.

Μεταβολή της πίεσεως στην επιφάνεια

Όπως για την θερμοκρασία έτσι και για την πίεση έχουμε διαφορά από τόπο σε τόπο και από μέρα σε μέρα για τον ίδιο τόπο. Γενικώς μπορούμε να πούμε ότι, αν ο αέρας που βρίσκεται πάνω μας είναι θερμός, η πίεση θα είναι μικρή, αν είναι ψυχρός, η πίεση θα είναι μεγάλη. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι οι χαμηλές πιέσεις βρίσκονται απαραίτητως στις θερμές περιοχές. Σε περιοχές όπου η τροπόπαυση βρίσκεται ψηλότερα υπάρχει μεγαλύτερη στήλη αέρα που πιέζει το έδαφος. Έτσι οι θερμοί τροπικοί με την υψηλή τροπόπαυση έχουν περίπου τις ίδιες πιέσεις με τους παγωμένους πόλους με την χαμηλή τροπόπαυση.

Αν ενώσουμε πάνω στον χάρτη σημεία της επιφάνειας της γης που έχουν την ίδια πίεση, θα προκύψουν καμπύλες που ονομάζονται ισοβα-



Σχ. 3. Μεταβολή της πίεσης στην επιφάνεια της γης.
 L περιοχή χαμηλών πιέσεων (ύφεση, Low)
 H περιοχή υψηλών πιέσεων (αντικυκλώνας, High)

ρείς. Στο σχ.3 στην κάτω αριστερή περιοχή οι πιέσεις είναι μικρές, μία δε τέτοια περιοχή χαμηλών πιέσεων ονομάζεται ύφεση (depression) και συμβολίζεται με το γράμμα L (Low). Αντιθέτως άνω δεξιά εμφανίζεται μία περιοχή υψηλών πιέσεων, που ονομάζεται αντικυκλώνας (anticyclone) και συμβολίζεται με το γράμμα H (High).

Οι μεταβολές αυτές της πίεσης έχουν άμεση συνάρτηση με τον καιρό και θα μας απασχολήσουν πάλι αργότερα. Πρέπει όμως εδώ να παρατηρήσουμε ότι όταν ασχολούμεθα με μεταβολές από τόπο σε τόπο, θεωρούμε πάντα την πίεση που θα ίσχυε στους δύο τόπους στο ύψος της στάθμης της θάλασσας. Χωρίς την αναγωγή αυτή σε υψόμετρο μηδέν, οι πιέσεις μας δεν μπορούν να συγκριθούν.

Πίεση και η ρύθμιση των υψομέτρων

Ο μετεωρολόγος που μετράει την πίεση στο βαρόμετρό του, πρέπει να κάνει μία βασική διόρθωση για το ύψος του σταθμού του και δύο μικρές διορθώσεις για την θερμοκρασία και το γεωγραφικό

πλάτος, πριν χρησιμοποιήσει την πίεση στους μετεωρολογικούς χάρτες. Η διορθωμένη αυτή πίεση ονομάζεται QFF.

Αν χειριστής αεροσκάφους ρυθμίσει το υψόμετρό τους στην πίεση στάθμης θάλασσας (QFF) γνωρίζει το πραγματικό ύψος όπου βρίσκεται (τα ύψη που αναγράφουν και οι γεωγραφικοί χάρτες). Η ρύθμιση μπορεί να γίνει στο ειδικό παραθυράκι πίεσεως του υψομέτρου. Συνήθως όμως ο χειριστής κάνει το ίδιο, αν πριν απογειωθεί ρυθμίσει το υψόμετρό του ώστε να δείχνει το ύψος του διαδρόμου.

Τα ιπτάμενα αεροσκάφη, αν έχουν ρυθμίσει το υψόμετρό τους στην πίεση του διαδρόμου (QFE field elevation), γνωρίζουν το ύψος τους πάνω από τον διάδρομο όπου θα προσγειωθούν. Η ρύθμιση αυτή γίνεται, αν ο χειριστής πριν απογειωθεί ρυθμίσει το υψόμετρό του ώστε να δείχνει ύψος 0.

Αν ο μετεωρολόγος κάνει την αναγωγή σε στάθμη θάλασσας χρησιμοποιώντας την τυπική ατμόσφαιρα, προκύπτει η πίεση QNH (natural height) που διαφέρει ελάχιστα από την πίεση QFF. Οι χειριστές των αεροπλάνων ρυθμίζουν συνήθως τα υψόμετρά τους σε πίεση QNH.

Προσοχή χρειάζεται σε μακρινές πτήσεις, αν πετάμε από υψηλές σε χαμηλές πιέσεις. Τότε το υψόμετρο, που ρυθμίσαμε στην αρχή του ταξιδιού να δίνει πραγματικά ύψη, δίνει στο τέλος της πτήσεως μεγαλύτερο ύψος από ότι το αεροπλάνο πραγματικά βρίσκεται.

Αν ρυθμίσουμε το υψόμετρο σε πίεση 1013 hPa, ασχέτως της πίεσεως που επικρατεί, το υψόμετρο δεν δείχνει το πραγματικό ύψος πτήσεως. Η ρύθμιση όμως αυτή (QNE) επιτρέπει στα αεροπλάνα να πετάν στους αεροδιαδρόμους με σταθερό μεταξύ τους διαχωρισμό ύψους.

Η πίεση στην επιφάνεια της γης μπορεί να κυμανθεί σε μεγάλα όρια. Από 960 hPa μέχρι 1060 hPa είναι ακραίες τιμές (έχει όμως καταγραφεί σε τροπικό κυκλώνα πίεση κάτω των 900hPa). Μία μεταβολή από 990 μέχρι 1040 hPa είναι συνήθης για την χώρα μας. Η μεταβολή αυτή αντιστοιχεί σε 50 εκατοστόμετρα υδατίνης στήλης και, αυτό το διαπιστώνουν όσοι ασχολούνται με την θάλασσα σαν αντίστοιχη μεταβολή της στάθμης αναλόγως της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

ΑΝΕΜΟΣ

Ο άνεμος είναι η οριζόντια μετακίνηση του αέρα και προκαλείται από την διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσεως από τόπο σε τόπο. Δύο είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του ανέμου, η διεύθυνση και η ένταση.

Ως προς την διεύθυνση, ο άνεμος ονομάζεται όχι από το σημείο του ορίζοντα όπου κατευθύνεται, αλλά από το σημείο από το οποίο προέρχεται. Το σχ.4 εικονίζει ένα ανεμολόγιο στο οποίο σημειώνονται οι επίσημες ονομασίες των ανέμων του Πολεμικού Ναυτικού και οι ονομασίες οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως από τους ναυτικούς.

Ενταση	Περιγραφή	Κόμβοι
0	Απνοια	0
1	Υποπνέων	1-3
2	Ασθενής	4-6
3	Λειπτός	7-10
4	Μέτριος	11-16
5	Λαμπρός	17-21
6	Ισχυρός	22-27
7	Σφοδρός	28-33
8	Θυελλώδης	34-40
9	Θύελλα	41-47
10	Ισχυρή θύελλα	48-55
11	Σφοδρή θύελλα	56-63
12	Τυφών	63-70

Ο άνεμος προκαλείται από την διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσεως από τόπο σε τόπο, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι πνέει επ' ευθείας από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις. Η περιστροφή της γης προκαλεί εκτροπή του ανέμου και, αυτό επεξηγείται αναλυτικώς στην επόμενη ενότητα. Λόγω της περιστροφής της γης ο άνεμος εκτρέπεται αντιθέτως της φοράς των δεικτών του ωρολογίου στις υφέσεις, (σχ.5) και κατά την φορά των δεικτών του ωρολογίου στους αντικυκλώνες.

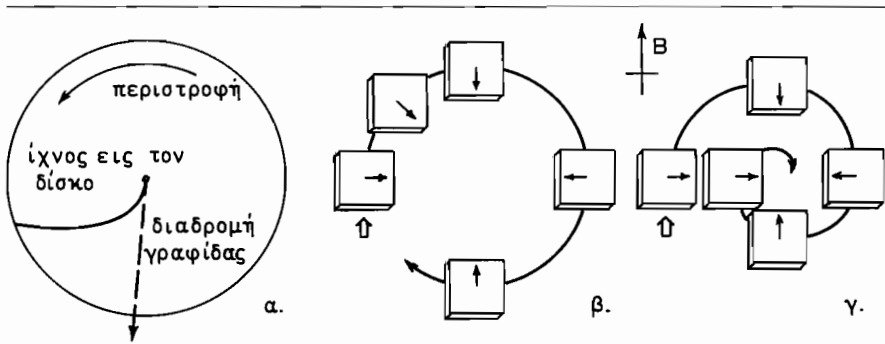
Γεωστροφικός άνεμος

Γιατί στις υφέσεις ο άνεμος στρέφεται ανθωρολογιακώς;

Ας θεωρήσουμε ένα περιστρεφόμενο δίσκο σχ.6α και, από το κέντρο του ας σύρουμε με μολύβι μία ευθεία γραμμή. Όταν σταματήσουμε τον δίσκο και εξετάσουμε το ίχνος το οποίο χαράχθηκε, θα δούμε ότι είναι μία καμπύλη που εκτρέπεται προς τα δεξιά, εφ' όσον ο δίσκος είναι αριστερόστροφος.

Λόγω της περιστροφής της γης, παρόμοιο φαινόμενο θα παρουσιασθεί αν σε μία μάζα που κινείται πάνω στην επιφάνεια της γης (χωρίς τριβή) επιβάλουμε μία στιγμιαία δύναμη π.χ. προς βορράν. (σχ.6β). Η μάζα θα εκτραπεί προς τα δεξιά σαν να επιδρούσε πάνω της μία δύναμη κάθετος προς την εκάστοτε φορά κινήσεως της μάζας και δεξιά. Η φανταστική αυτή δύναμη ονομάζεται Κοριόλιος και, λόγω αυτής, η μάζα θα διαγράψει ένα δεξιόστροφο κύκλο. Αν η μάζα είχε και λίγη τριβή στο έδαφος, ο κύκλος θα μετεβάλλετο σε δεξιόστροφη σπείρα, όπως εις το σχ.6γ.

Με την παραδοχή της Κοριολίου δυνάμεως εξηγείται (σχ.7) το ότι, λόγω της περιστροφής της γης, μία μάζα αέρα Α που θα δοκιμάσει να μεταβεί από περιοχή υψηλών πιέσεων (High) σε περιοχή

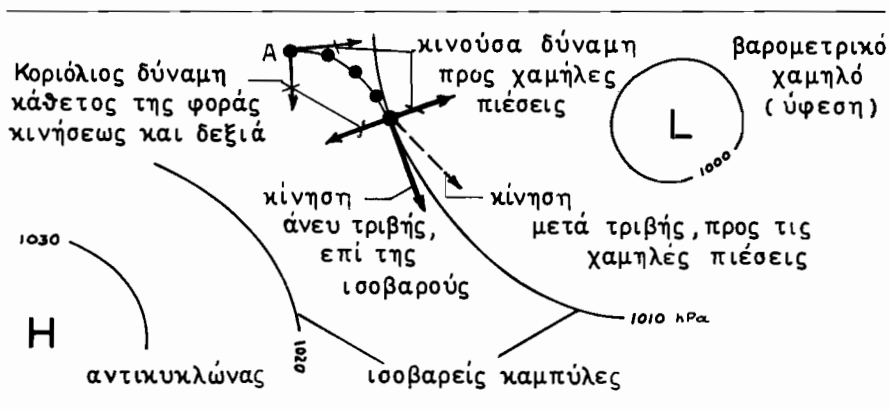


Σχ. 6. Στο βόρειο ημισφαίριο ο άνεμος εκτρέπεται δεξιά από την αρχική κίνησή του.

χαμηλών πιέσεων (Low) δεν θα κινηθεί επ' ευθείας προς τις χαμηλές πιέσεις. Η μάζα θα εκτραπεί δεξιά από την αρχική πορεία της, έτσι ώστε τελικώς θα πάρει κίνηση πάνω στις ισοβαρείς καμπύλες, όπου η κινούσα δύναμη θα είναι ίση και αντίθετη με την Κοριόλιος δύναμη.

Έτσι οι άνεμοι γύρω από μία ύψη L στρέφουν ανθρωπολογικώς, γύρω δε από ένα αντικυκλώνα H ωρολογιακώς. Αυτά ισχύουν για το βόρειο ημισφαίριο. Για το νότιο είναι όπως αναμένεται αντίστροφως.

Σε χαμηλότερα ύψη όπου επιδρά η τριβή με το έδαφος, η μάζα του σχ. 7 θα κινηθεί με απόκλιση προς τις χαμηλές πιέσεις (διακεκομμένο βέλος). Η τριβή του εδάφους επηρεάζει την ατμοσφαίρα μέχρις ύψους 1500 με 2000 μέτρων (μέχρι πίεσεως 800 hPa). Το στρώμα αυτό ονομάζεται στρώμα τριβής ή οριακό στρώμα της ατμο-



Σχ. 7. Η Κοριόλιος δύναμη επιδρά καθέτως και δεξιά προς την κίνηση και συνεπάγεται άνεμο πάνω στις ισοβαρείς καμπύλες.

σφαίρας και, πάνω από αυτό οι άνεμοι κατευθύνονται πάνω ακριβώς στις ισοβαρείς καμπύλες. Λέμε ότι, οι άνεμοι πάνω από το στρώμα τριβής είναι γεωστροφικοί. Από το έδαφος μέχρι το ύψος αυτό ο άνεμος στρέφεται συνεχώς δεξιότερα μετά του ύψους.

Τελικώς, με την επίδραση της τριβής οι άνεμοι στο έδαφος στρέφουν ανθρωπολογικώς και προς τα μέσα στις υφέσεις και, ωρολογιακώς και προς τα έξω στους αντικυκλώνες, όπως φαίνεται στο σχ.5.

Οριζόντια βαροβαθμίδα

Η οριζόντια βαροβαθμίδα (pressure gradient) δηλώνει πόσα hPa διαφέρει η πίεση ανά ναυτικό μίλι αποστάσεως πάνω στην γη. Αν έχουμε δύο παράλληλες ισοβαρείς με διαφορά πίεσεως 5 hPa και απόσταση μεταξύ τους 100 nm, η βαροβαθμίδα είναι 0,05 hPa/nm. Όσο οι ισοβαρείς είναι πυκνότερες τόσο ισχυρότερος είναι ο άνεμος.

Από την βαροβαθμίδα μπορούμε να υπολογίσουμε την ένταση (σε κόμβους) του γεωστροφικού ανέμου στο γεωγραφικό μας πλάτος, πολλαπλασιάζοντας την βαροβαθμίδα επί 960. Ο πραγματικός άνεμος στην επιφάνεια, αναλόγως της τριβής, είναι πολύ ασθενέστερος από τον γεωστροφικό.

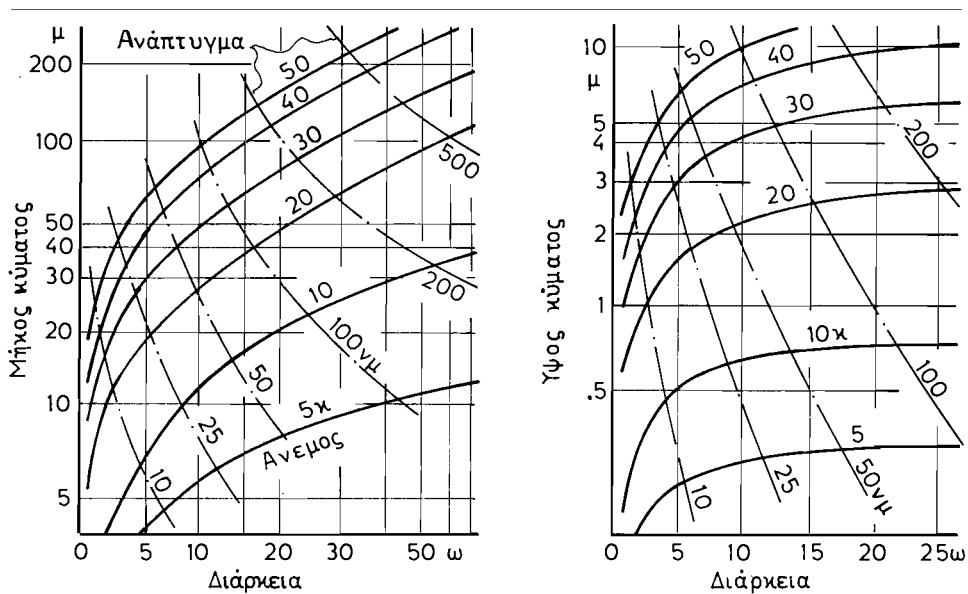
Άνεμος σε καμπύλη τροχιά

Ο άνεμος προκαλείται από διαφορά πίεσεως και, η κινούσα δύναμη είναι από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις. Όταν όμως ο άνεμος ακολουθεί κυκλική τροχιά μία δεύτερη δύναμη έρχεται να επιδράσει, η φυγόκεντρος. Σε κυκλωνική κίνηση (γύρω από χαμηλές πιέσεις) η δύναμη πίεσεως ενεργεί προς τα μέσα ενώ η φυγόκεντρος ενεργεί προς τα έξω. Έτσι η συνολική κινούσα δύναμη είναι μικρότερη και ο άνεμος βαθμίδας (gradient wind) είναι ασθενέστερος από τον γεωστροφικό.

Αντιθέτως σε αντικυκλωνική τροχιά οι δύναμη πίεσεως και η φυγόκεντρος δρουν προς τα έξω και ο άνεμος βαθμίδας είναι ισχυρότερος από τον γεωστροφικό. Ο άνεμος αυτός όμως δεν μπορεί να γίνει πάνω από διπλάσιος του γεωστροφικού γιατί τότε η ροή γίνεται ασταθής.

Στο κέντρο ενός αντικυκλώνα δεν μπορούμε να έχουμε μεγάλες ταχύτητες ανέμου (πυκνές ισοβαρείς) γιατί η αυξημένη φυγόκεντρος θα δημιουργήσει απομάκρυνση των μαζών και πτώση της πίεσεως, δηλαδή της κινούσας δυνάμεως.

Αντιθέτως στο κέντρο των χαμηλών πιέσεων η αύξηση της ταχύτητας απομακρύνει τις μάζες και δημιουργεί μεγαλύτερη πτώση πίεσεως. Αυτό όλοι το γνωρίζουμε από την εκροή του νερού της μπαγιέρας μας που δημιουργεί ισχυρή περιστροφή, ενώ αντιθέτως ανάλογη εισροή νερού δεν θα δημιουργούσε περιστροφική κίνηση.



Σχ. 8. Το μήκος και το ύψος των κυμάτων εξαρτάται από την ένταση του ανέμου (σε κόμβους), την διάρκεια που πνέει (σε ώρες) και την απόσταση πάνω στην οποία πνέει (ανάπτυγμα, σε ναυτικά μίλια).

Περισσότερα περί Μποφόρ

Ο ναύαρχος Μποφόρ δεν επενόησε μία στεριανή κλίμακα ανέμων, σαν και αυτή που παραθέσαμε, αλλά μία κλίμακα με ενδείξεις που μπορούσε να παρατηρήσει ο κυβερνήτης του ιστιοφόρου πολεμικού π.χ. η σημαία κυματίζει, σφουρίζουν τα ξάρτια. Με μία τέτοια εμπειρική κλίμακα ανέμου, μπορούσε να ξέρει πότε έπρεπε να έχει σηκωμένα τα χαμηλά ή τα ψηλότερα πανιά του πλοίου του και το κυριότερο, μπορούσε να μεταδώσει την γνώση του στον επόμενο κυβερνήτη.

Μία άλλη κλίμαξ, που δημιουργεί παρεξηγήσεις, είναι η κλίμαξ καταστάσεως της θάλασσας (sea state). Την κλίμακα αυτή δεν πρέπει να ταυτίζουμε με την κλίμακα του ανέμου. Αν είμαστε κοντά στην ακτή, ή αν ο άνεμος μόλις άρχισε, μπορεί π.χ να έχουμε κατάσταση θάλασσας 2 με άνεμο εντάσεως 6.

Βαθμός	Περιγραφή	Άνεμος	
0	Γαλήνη	Θάλασσα κατοπτρική	0
1	Ρυτιδούμενη	Η επιφάνεια ρυτιδώνεται	1-2
2	Ηρεμη	Μεγαλύτερα κυματίδια	3
3	Λίγο ταραγμένη	Αφρώδεις κηλίδες (προβατάκια)	4-5
4	Ταραγμένη	Μεγάλα κύματα, πύλος (πιτσιλίσμα)	6
5	Κυματώδης	Θάλασσα ογκώδης, λευκές αφρώδεις ταινίες	7
6	Πολύ κυματώδης	Ψηλά κύματα, κορφές που αρχίζουν να διπλώνουν	8

7	Τρικυμιάδης	Θάλασσα κυλιέται, πίτυλος επηρεάζει ορατότητα	9-10
8	Πολύ τρικυμ.	Εξαιρετικώς υψηλά κύματα	11-12
9	Αγρια	Συμβολή κυμάτων σαν όρη (τροπικοί κυκλώνες)	

Θαλάσσια κύματα

Ο άνεμος προκαλεί τα θαλάσσια κύματα. Αυτά είναι μεγαλύτερα αν ο άνεμος είναι ισχυρότερος, αν πνέει περισσότερες ώρες και αν πνέει πάνω σε μεγαλύτερη απόσταση (ανάπτυγμα, fetch). Στο σχ.8 μπορούμε να βρούμε το μήκος και το ύψος κύματος ανάλογα με την ένταση του ανέμου σε κόμβους, την διάρκεια πνοής σε ώρες και το ανάπτυγμα σε ναυτικά μίλια. Το μήκος κύματος είναι πιο αντιπροσωπευτικό από το ύψος, μπορούμε εξ άλλου να το εκτιμήσουμε εύκολα συγκρίνοντάς το με το μήκος του σκάφους μας.

Φαινόμενα τριβής

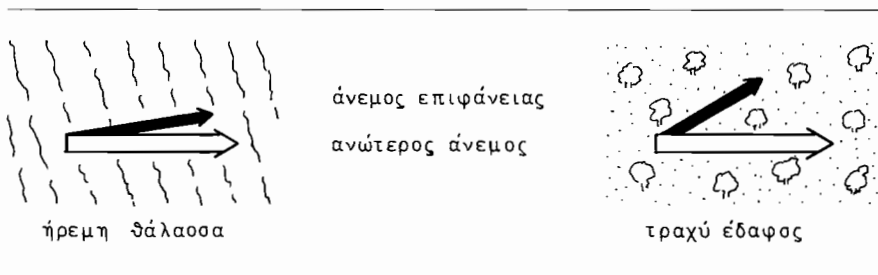
Η τριβή του ανέμου στο έδαφος είναι ιδιαιτέρως εμφανής στις πρώτες δεκάδες μέτρων ύψους της ατμοσφαιράς, στο λεγόμενο στρώμα επιφάνειας (όπου οι κατακόρυφες κινήσεις είναι αδύνατες). Προφανώς η ταχύτης του ανέμου σε επαφή με το έδαφος είναι μηδενική. Ξεκινώντας από το έδαφος η ταχύτης συνεχώς αυξάνεται με το ύψος (wind gradient), φθάνοντας σχεδόν την πλήρη ένταση σε ύψος τάξεως 20-50 μέτρων. Στην θάλασσα και σε πεδινό γυμνό έδαφος όπου η τριβή είναι μικρή, επηρεάζεται λιγότερο στρώμα. Αντιθέτως σε εδάφη με μεγαλύτερη τριβή (π.χ δάσος) επηρεάζεται πολύ παχύτερο στρώμα.

Λόγω της τριβής του εδάφους, ο άνεμος στην ελεύθερη θάλασσα είναι πάντα πολύ ισχυρότερος από τις γειτονικές στεριανές περιοχές. Στην ξηρά, εντάσεις πάνω από 8 μποφόρ (θραύονται μεγάλοι κλάδοι) είναι σπάνιες, ενώ στην θάλασσα συχνές.

Λόγω της τριβής, η ένδειξη ανέμου που παίρνουμε στο κατάστρωμα ενός ιστιοφόρου, είναι μικρότερη από την ένταση που διαβάζει κάποιος από επίστιο ανεμοδείκτη. Αν μάλιστα εμείς μετράμε στο κατάστρωμα την μέση ένταση, ενώ ο άλλος αναφέρει την μέγιστη ριπή στη κορυφή του καταρτιού, η διαφορά μας μπορεί είναι εντυπωσιακή.

Λόγω της τριβής, ένα αεροσκάφος που κρατάει σταθερή ταχύτητα πτήσης σε ισχυρό αντίθετο άνεμο, όταν κατεβεί για προσγείωση στο βραδύτερο κατώτατο στρώμα, θα βρεθεί ξαφνικά να έχει πολύ μικρή ταχύτητα πτήσεως.

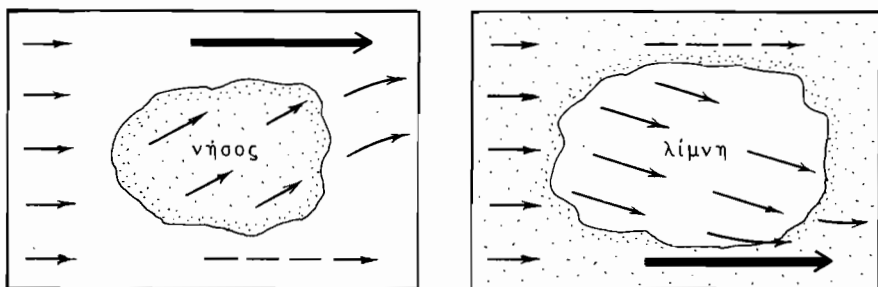
Η τριβή όμως, όπως είδαμε, δεν επηρεάζει μόνο την ταχύτητα του ανέμου αλλά και την κατεύθυνσή του. Στο σχ.9 φαίνεται ότι ο άνεμος κοντά στο έδαφος κατευθύνεται αριστερότερα από ότι σε ψηλότερα στρώματα, και μάλιστα τόσο αριστερότερα όσο η τριβή με το έδαφος είναι μεγαλύτερη.



Σχ. 9. Λόγω της τριβής του εδάφους ο άνεμος πνέει χαμηλά αριστερότερα από ότι πνέει σε υψηλότερα στρώματα.

Ενώ ο άνεμος σε μεγαλύτερο ύψος διατηρεί την κατεύθυνσή του, ο άνεμος στο έδαφος αναλόγως της τριβής αλλάζει κατεύθυνση. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Στο σχ.10α φαίνεται η ροή του ανέμου πάνω από ένα χαμηλό νησί. Στην προσηνεμη και την υπήνεμη ακτή, λόγω διαφορετικής τριβής ξηράς-θάλασσας, ο άνεμος υφίσταται εκτροπή της πορείας του. Στην αριστερή ακτή ως προς τον άνεμο, έχουμε σύγκλιση των ανέμων και αύξηση της εντάσεως. Στην δεξιά ακτή έχουμε απόκλιση των ανέμων και ελάττωση της εντάσεως.

Το σχ.10β δείχνει ότι, λόγω της τριβής, ο άνεμος είναι ισχυρότερος στο δεξί μέρος μιας λίμνης, από ότι στο αριστερό της μέρος. Στο νότιο ημισφαίριο τα φαινόμενα είναι αντίστροφα.

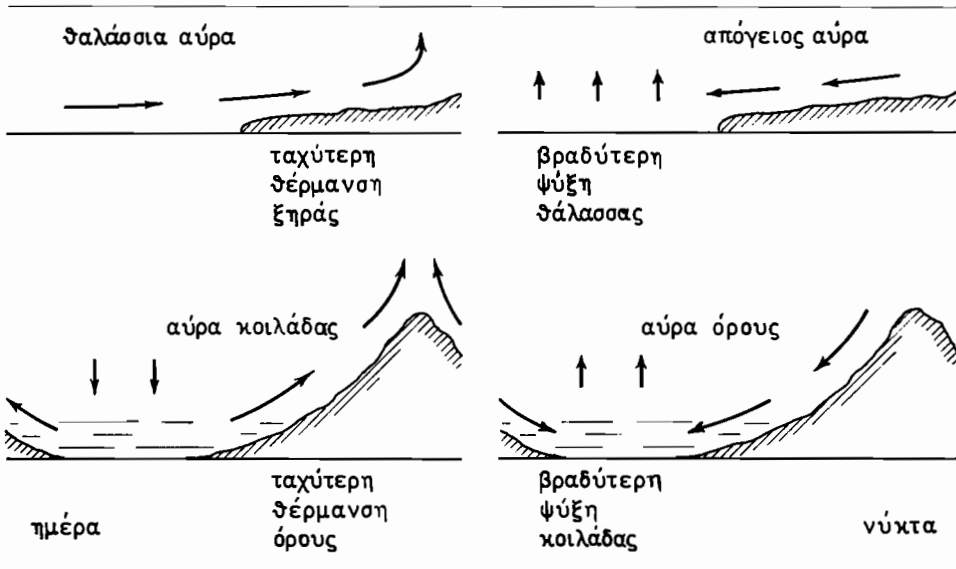


Σχ. 10. Ο άνεμος είναι ισχυρότερος στην αριστερή ακτή μιάς νήσου και στην δεξιά ακτή μιάς λίμνης.

ΑΥΡΕΣ

Ένα τύπος ανέμου καθαρά τοπικός, είναι οι αύρες. Οι αύρες οφείλονται σε τοπικές διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ θάλασσας και ξηράς ή ορέων και κοιλάδων. Οι αύρες στην Ελλάδα είναι πολύ χαρακτηριστικό φαινόμενο και συχνά λόγω αυτών προκύπτουν τοπικοί άνεμοι τελείως αντίθετοι από τους επικρατούντες στην λοιπή χώρα.

Στο σχ.11 εμφανίζεται πρώτα η θαλάσσια αύρα (κοινώς μπάτης). Είδαμε ήδη ότι η θάλασσα θερμαίνεται αργότερα από την ξηρά, γι'αυτό κατά την ημέρα η ξηρά είναι θερμότερη από την θάλασσα. Ο θερμός αραιός αέρας πάνω από την ξηρά ανέρχεται, ο δε ψυχρός θαλάσσιος αέρας σπεύδει να καταλάβει την θέση του. Έτσι δημιουργείται θαλάσσια αύρα που διευθύνεται από το άνοιγμα των κόλπων προς την ξηρά και γι'αυτό ονομάζεται από τους ναυτικούς "μπουκαδούρα". Έτσι π.χ. στον Σαρωνικό η θαλάσσια αύρα είναι άνεμος Ν, στον δε Κορινθιακό Δ.



Σχ. 11. Αύρες. Ανω θαλάσσια και απόγειος. Κάτω κοιλάδας και όρους.

Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη νύκτα, οπότε η θάλασσα ψύχεται βραδύτερα από την ξηρά και δημιουργείται η απόγειος αύρα η οποία διευθύνεται από την ξηρά προς την θάλασσα.

Παρόμοια φαινόμενα δημιουργούνται μεταξύ ορέων και κοιλάδων. Στην περίπτωση αυτή η κοιλάδα, η οποία καλύπτεται από υδρατμούς και σκόνη, θερμαίνεται την ημέρα ή ψύχεται την νύκτα βραδύτερα απ' ό,τι τα βουνά. Η διαφορά θερμάνσεως δημιουργεί αύρες οι οποίες επεξηγούνται στο σχ.11.

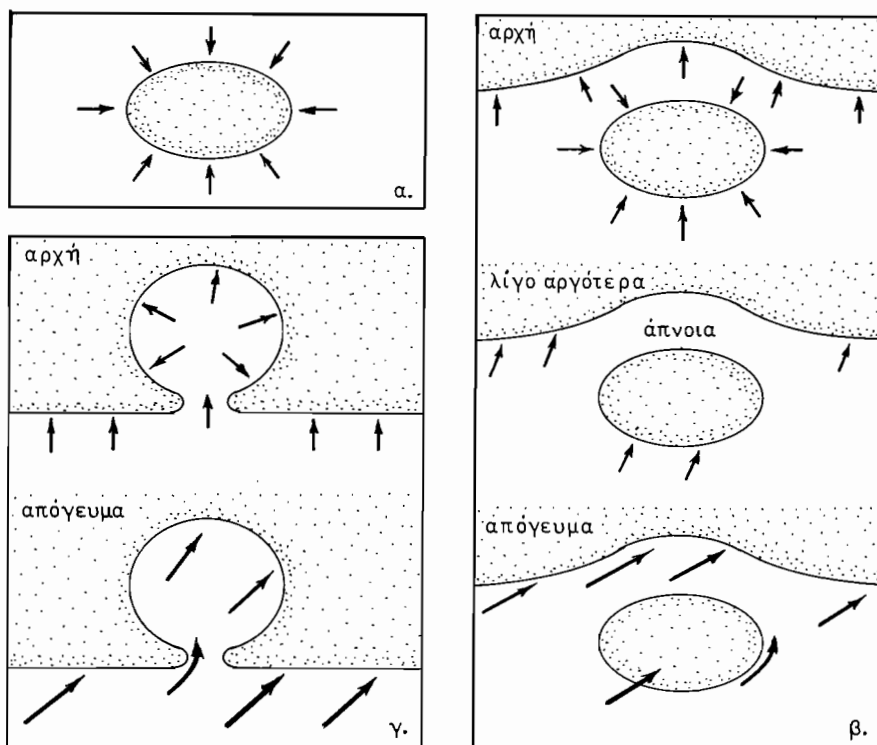
Μουσώνες

Είδαμε ότι οι αύρες οφείλονται στην ημερησία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι μουσώνες των Ινδίων οφείλονται στην ετήσια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της Ασίας και του Ινδικού ωκεανού.

Το θέρος η Ασία θερμαίνεται ταχύτερα και δημιουργείται υγρός θαλάσσιος μουσώνας. Τον χειμώνα ο ωκεανός ψύχεται βραδύτερα και δημιουργείται ξηρός απόγειος μουσώνας.

Περισσότερα για την θαλάσσια αύρα

Η θαλάσσια αύρα (sea breeze) που ξεκινάει σαν άνεμος κάθετος στην ακτή, στρέφεται κατά την διάρκεια της μέρας. Η στροφή της αύρας ακολουθεί, κατά την θεωρία, την φορά στροφής που έχει η ήλιος στον ουρανό (δεξιά στο βόρειο και αριστερά στο νότιο ημισφαίριο). Η αύρα των ακτών του Ιονίου ακολουθεί το θεωρητικό



Σχ. 12. Εξέλιξη της αύρας, α. γύρω από ένα νησί, β. γύρω από ένα παράκτιο νησί, γ. μέσα σε κλειστό κόλπο.

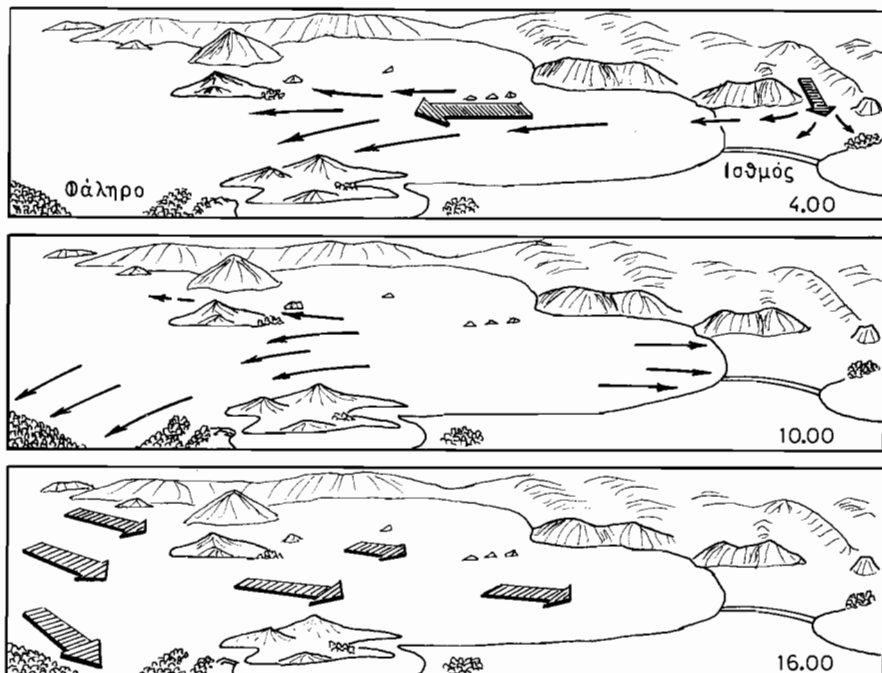
μοντέλο, αρχίζοντας σαν Δ άνεμος και στρέφοντας προς ΒΔ και αργότερα προς Β όσο προχωράει η μέρα. Σε άλλες περιοχές η αύρα, θαλάσσια και απόγειος, κάνει πλήρη κύκλο όπως οι δείκτες του ωρολογίου.

Υπάρχουν μεγάλα νησιά, όπως το Βόρνεο, όπου οι αύρες είναι δεσπόζον καθημερινό φαινόμενο. Την ημέρα ο αέρας συγκλίνει από όλες τις πλευρές προς το κέντρο του νησιού, όπου δημιουργούνται ισχυρές καταιγίδες. Το βράδυ ο αέρας αποκλίνει από το νησί προς τις γύρω θάλασσες.

Υπάρχουν και μεγάλες λίμνες, όπως η Βικτόρια, όπου οι αύρες είναι δεσπόζον καθημερινό φαινόμενο. Την ημέρα η αύρα αποκλίνει από το κέντρο της λίμνης προς τις γύρω πεδιάδες. Την νύκτα η αύρα συγκλίνει προς το κέντρο της λίμνης.

Σε ένα μεγάλο νησί η αύρα εξελίσσεται κατά το σχ.12α. Ένα νησί μικρού μεγέθους κοντά σε μεγάλη ξηρά, παρουσιάζει την τυπική εξέλιξη της αύρας που φαίνεται στο σχ.12β. Ένας κόλπος παρουσιάζει την τυπική εξέλιξη της αύρας που φαίνεται στο σχ.12γ.

Το σχ.13 εικονίζει την εξέλιξη της αύρας στον Σαρωνικό κόλπο. Στον όρμο του Φαλήρου η αύρα ξεκινάει το πρωί σαν τοπικός δυτικός άνεμος. Το απόγευμα στρέφεται προς νότο και ενισχύεται καθώς επικρατεί η γενικότερη μπουκαδούρα του Σαρωνικού.



Σχ. 13. Εξέλιξη της αύρας στον Σαρωνικό κόλπο.

Μέτωπο αύρας

Αν η αύρα έχει αντίθετη κατεύθυνση από τον επικρατούντα γενικό άνεμο, δημιουργείται μία γραμμή όπου οι δύο αυτοί άνεμοι συγκρούονται και, ο αέρας εκτρέπεται προς τα άνω. Η γραμμή αυτή ονομάζεται μέτωπο αύρας (sea breeze front).

Το μέτωπο αύρας είναι πολύ συχνό το θέρος στο λεκανοπέδιο της Αττικής, γιατί συνήθως επικρατεί βόρειο ρεύμα (μελτέμι) και η αύρα του Σαρωνικού είναι αντίθετη με αυτό. Στο σχ.14 εικονίζεται το μέτωπο αύρας (front) να βρίσκεται βορείως των Αθηνών, όπου το χρησιμοποιούν ανεμόπτερα για να κερδίζουν ύψος. Στην θάλασσα εικονίζονται δύο ιστιοπλοϊκά σκάφη που βρίσκονται κοντά, αλλά έχουν αντίθετο άνεμο (antifront).

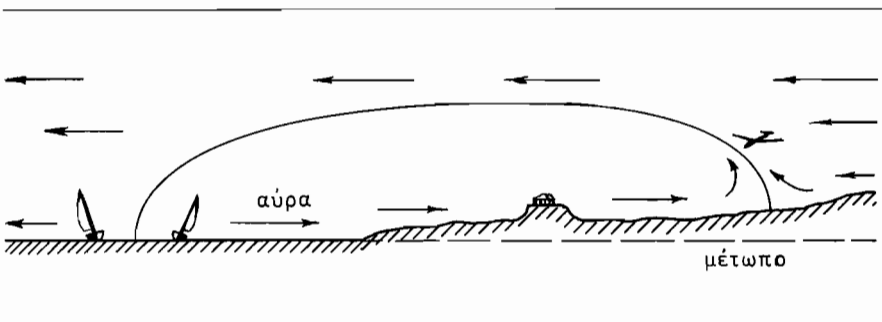
Συχνά η θέση του μετώπου αύρας επισημαίνεται από ένα επίμηκες νέφος που το επιστέφει κατά μήκος του. Το νέφος δημιουργούν οι ανοδικές κινήσεις του μετώπου.

Περισσότερα για τις ορεινές αύρες

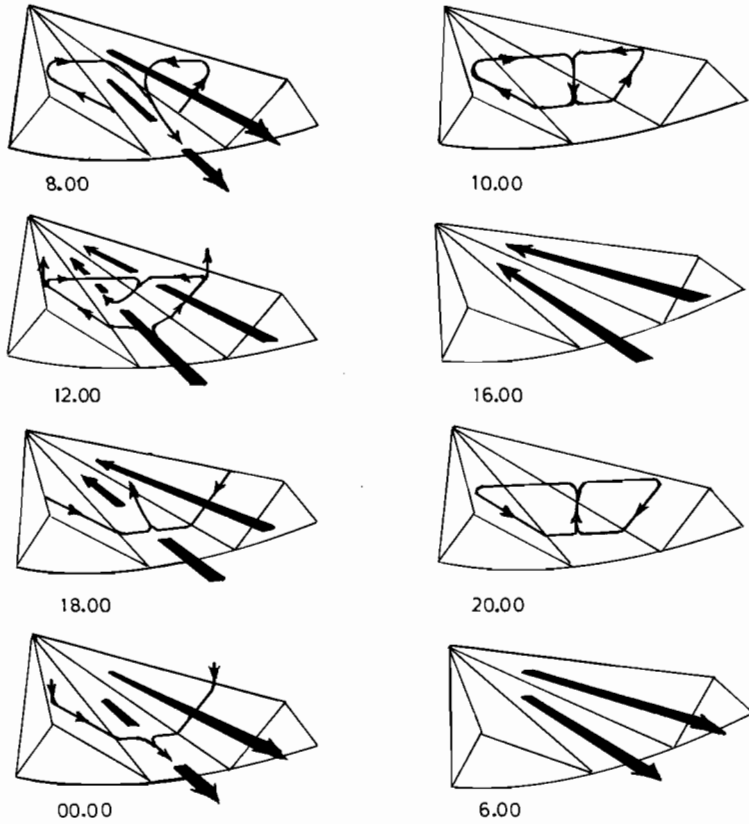
Η βασική θεωρία για τις ορεινές αύρες, θεωρεί το όρος σαν μία συνεχή πλαγιά. Συνήθως όμως τα όρη έχουν επιμήκεις κοιλάδες που περιπλέκουν την ροή της αύρας. Η ημερήσια ροή σε μία τέτοια κοιλάδα εικονίζεται στο σχ.15.

Το γενικό όμως αυτό σχήμα δεν λαμβάνει υπ' όψη του τον προσανατολισμό της κοιλάδας. Στην πράξη οι προσήλιες πλαγιές θερμαίνονται γρηγορότερα και δημιουργούν ισχυρότερες ανοδικές κινήσεις. Στο σχ.16 βλέπουμε την ημερήσια μεταβολή της αύρας σε μία κοιλάδα που βλέπει προς Ν. Παρακολουθούμε τις ορεινές αύρες καθώς ο ήλιος παίρνει διαδοχικές θέσεις πίσω από το κεφάλι μας.

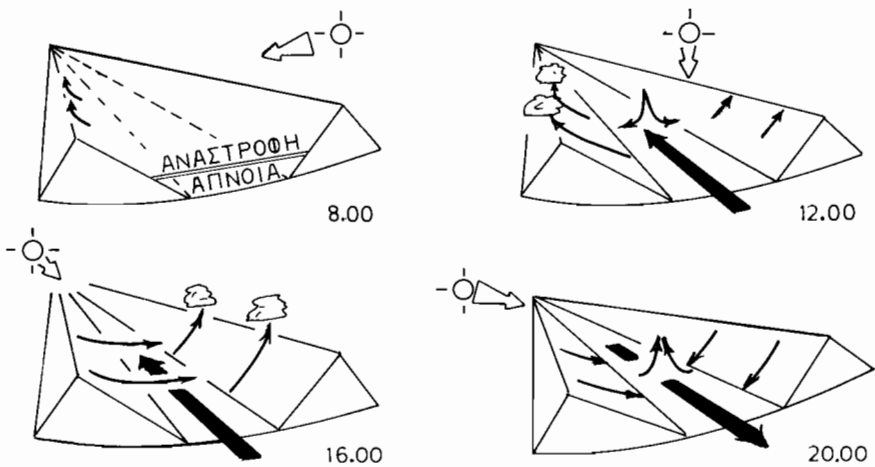
Ιδιαίτερες περιπλοκές παρουσιάζονται σε κοιλάδες διαφορετικού προσανατολισμού που φθάνουν στο ίδιο διάσελο. Αν στην μία κοιλάδα τα φαινόμενα είναι πολύ έντονα, μπορεί στην άλλη κοιλάδα να εμφανίζεται συνεχής καταβάτης άνεμος, μέρα και νύκτα.



Σχ. 14. Μέτωπο αύρας.



Σχ. 15. Ημερήσια εξέλιξη των ορεινών αεράων.



Σχ. 16. Ημερήσια εξέλιξη σε μία κοιλάδα ανοικτή προς νότον.

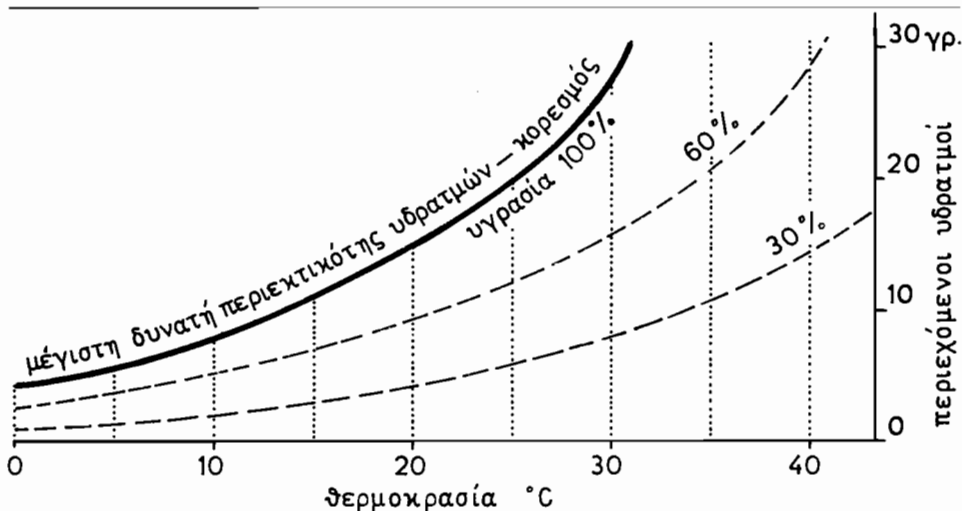
ΥΓΡΑΣΙΑ

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει υδρατμούς σε διαφορετική ποσότητα από τόπο σε τόπο και από ώρα σε ώρα. Ο αέρας όμως δεν μπορεί να περιέχει απεριόριστο ποσό υδρατμών, αλλά για κάθε θερμοκρασία υπάρχει μία μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών. Όταν ο αέρας περιέχει την μέγιστη αυτή ποσότητα ονομάζεται κορεσμένος (saturated).

Στο διάγραμμα του σχ.17 φαίνεται ότι όσο ψυχρότερος είναι ο αέρας τόσο λιγότερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει. Αν λοιπόν μία μάζα υγρού και θερμού αέρα ψύχεται συνεχώς, θα φθάσει σε μία θερμοκρασία όπου δεν μπορεί πλέον να συγκρατήσει όλους τους υδρατμούς που περιέχει. Οι υπόλοιποι υδρατμοί θα συμπυκνωθούν σαν σταγονίδια πάνω σε αιωρούμενα μικροσωματίδια και θα δημιουργήσουν νέφος. Επίσης θα συμπυκνωθούν πάνω στα ψυχρά αντικείμενα σαν δρόσος. Η θερμοκρασία στην οποία ακόρεστος αέρας, ψυχόμενος, φθάνει στον κορεσμό ονομάζεται σημείο δρόσου (dew point).

Την υγρασία μετράμε με τα υγρόμετρα τα οποία δείχνουν την σχετική υγρασία (relative humidity), δηλαδή πόσους υδρατμούς περιέχει η ατμόσφαιρα επί τοις εκατό (όπου 100 θεωρούνται οι υδρατμοί που θα περιείχοντο για την ιδίαν θερμοκρασία αν είχαμε κορεσμό). Κλασικό υγρόμετρο είναι το αποτελούμενο από μία ζωική τρίχα, της οποίας το μήκος μεταβάλλεται συναρτήσει της σχετικής υγρασίας.

Για ορισμένη θερμοκρασία, η υγρασία παίζει σπουδαίο ρόλο στο αίσθημα ανέσεως που αισθανόμαστε. Το θέρος αισθανόμαστε άνεση αν κλιματίσουμε ένα χώρο με θερμοκρασία 27 C και υγρασία 50%. Μεγαλύτερη υγρασία προκαλεί αίσθημα δυσφορίας.



Σχ. 17. Μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών ανά κιλό αέρα σε διάφορες θερμοκρασίες (σε ύψος στάθμης θάλασσας).

Εξάτμιση

Η υγρασία της ατμοσφαιρας προέρχεται από την εξάτμιση του νερού της επιφάνειας της γης (θάλασσα, λίμνες, υγρασία εδάφους, αναπνοή φυτών και ζώων). Για την εξάτμιση γνωρίζουμε από την φυσική ότι, καταναλώνεται θερμότης. Η θερμότης αυτή, την οποία παραλαμβάνουν μαζί τους οι υδρατμοί όταν εξατμισθούν, θα μας απασχολήσει επανειλημμένως σε πολλά μετεωρολογικά φαινόμενα. Η λανθάνουσα θερμότης, που μαθαίναμε στην φυσική, δεν είναι τίποτε άλλο από την θερμότητα που ξοδεύουμε για να εξατμίσουμε το νερό.

Η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη, όσο ο αέρας είναι θερμότερος και ξηρότερος. Ετσι π.χ. στην έρημο η στάθμη μιας ακάλυπτης δεξαμενής θα κατέβαινε λόγω εξατμίσεως κατά 5 εκατοστά ημερησίως.

Στο φαινόμενο αυτό βασίζεται η μέτρηση της υγρασίας με το υγρό θερμόμετρο, το οποίο είναι ένα κοινό θερμόμετρο περιβαλλόμενο από βρεγμένο ύφασμα. Η ένδειξη του υγρού θερμομέτρου (λόγω του ότι η εξάτμιση ξοδεύει θερμότητα) είναι μικρότερη απ' ότι του ξηρού. Από τις ενδείξεις του υγρού και του ξηρού θερμομέτρου υπολογίζεται η υγρασία.

Η ποσότης της υγρασίας που περιέχει ο αέρας σε γραμμάρια νερού ανά κιλό αέρος λέγεται απόλυτος υγρασία (absolute humidity).

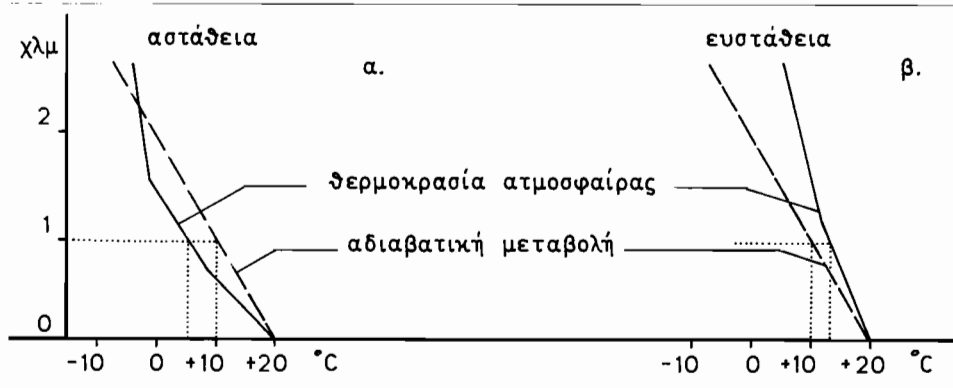
Αν όλη η ποσότης των υδρατμών της ατμοσφαιρας έπεφτε σαν νερό στην επιφάνεια της γης, θα δημιουργούσε ένα στρώμα πάχους 2,4 εκατοστών μόνον. Παρ' όλα αυτά ο κύκλος του νερού (εξάτμιση, μεταφορά, βροχή) κινεί πολύ μεγάλες ποσότητες νερού και μεταφέρει μεγάλα ποσά ενέργειας. Η θερμική ενέργεια που καταναλώνεται για την εξάτμιση του νερού, αποδεσμεύεται κατά την υγροποίηση των υδρατμών αφού πρώτα μεταφερθούν με τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις.

ΑΝΟΔΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Αναφέραμε ήδη ότι ο θερμός αέρας ανέρχεται στην ατμόσφαιρα και η θέση του καταλαμβάνεται από γειτονικό ψυχρότερο αέρα. Η άνοδος αυτή δημιουργεί ένα ανοδικό ρεύμα και αυτό το φαινόμενο θα εξετάσουμε λεπτομερέστερα, γιατί από αυτό δημιουργούνται ενδιαφέροντα μετεωρολογικά φαινόμενα.

Κατακόρυφη θερμοβαθμίδα

Η μείωση της θερμοκρασίας καθ' ύψος γίνεται όπως είδαμε κατά 0,65 C ανά 100 μέτρα περίπου. Αυτή την μεταβολή ονομάζουμε κατακόρυφη θερμοβαθμίδα. Η τιμή 0,65 είναι ένας στατιστικός μέσος όρος. Στην πράξη η θερμοκρασία μειώνεται καθ' ύψος κατά διάφορο βαθμό σε διάφορους τόπους η ώρες. Στο σχ.18α βλέπουμε (όπως και το σχ.1) με σταθερή γραμμή τις θερμοκρασίες της ατμοσφαιρας σε διάφορα ύψη για ορισμένη ώρα, στο δε σχ.18β βλέπουμε την ίδια σταθερή γραμμή όπως μπορεί να είναι σε άλλο τόπο, ή στον ίδιο τόπο για άλλη μέρα.



Σχ. 18. Η ατμόσφαιρα αναλόγως της θερμοκρασίας που επικρατεί σε διάφορα ύψη μπορεί να παρουσιάζει, α. αστάθεια, β. ευστάθεια.

Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα

Ας εξετάσουμε τι συμβαίνει με μία μάζα αέρα που ανέρχεται από ένα ορισμένο ύψος σε ένα υψηλότερο. Δεδομένου ότι η πίεση σε μεγαλύτερο ύψος είναι μικρότερη, ο αέρας θα διασταλεί. Εξ άλλου, εφ' όσον δεν ανεμειχθή με γειτονικό αέρα, η ίδια θερμική ενέργεια της μάζας θα κατανεμηθεί σε μεγαλύτερο όγκο, δηλ. η θερμοκρασία θα ελαττωθεί.

Ετσι έχουμε, για άνοδο της μάζας, διαστολή και ψύξη. Αντιθέτως για κάθοδο της μάζας έχουμε συμπίεση και θέρμανση της μάζας.

Ο βαθμός με τον οποίο ψύχεται η ανερχόμενη μάζα είναι 1 C ανά 100 μέτρα, και ονομάζεται αδιαβατική θερμοβαθμίδα. Ο όρος αδιαβατική προέρχεται από το γεγονός ότι δεν έχουμε διάβαση θερμότητας μεταξύ της μάζας και του περιβάλλοντος. Αυτή δεν είναι κάποια μέση στατιστική τιμή, αλλά μία θερμοδυναμική σταθερή τιμή.

Αστάθεια της ατμοσφαιρας

Η ατμόσφαιρα λέγεται ασταθής όταν, λόγω ανομοιόμορφης θερμάνσεως, οι κατώτερες μάζες έχουν τάση να ανέλθουν, οι δε ανώτερες να πάρουν την θέση των κατωτέρων. Μία κλασική εικόνα αστάθειας μας δίνει το νερό που αναδεύεται ενώ βράζει, γιατί θερμαίνεται εκ των κάτω. Ας εξετάσουμε όμως λεπτομερέστερα την ατμοσφαιρική αστάθεια.

Αν πάρουμε από το έδαφος μία μάζα αέρα θερμοκρασίας 20 C και την μεταφέρουμε σε ύψος 1000 μέτρων, η θερμοκρασία της, κατά την αδιαβατική θερμοβαθμίδα, θα μειωθεί κατά 10 C, δηλ. θα είναι 10 C. Την μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας παριστάνει η διακεκομμένη γραμμή του σχ.18. Αν στο ύψος αυτό των 1000 μέτρων η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κάτω των 10 C (όπως στο σχ.18α) η μάζα, σαν θερμότερη που είναι, θα συνεχίσει να ανεβαίνει, άρα έχουμε αστάθεια.

Αν αντιθέτως, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε ύψος 1000

μέτρων είναι άνω των 10 C (όπως στο σχ.18β) η μάζα, σαν ψυχρότερη που είναι, θα κατεβεί και πάλι στην αρχική της θέση. Αύτη είναι η κατάσταση ευστάθειας, γιατί η μάζα στην πραγματικότητα δεν θα κινηθεί καθόλου, ούτε για την υποθετική αρχική άνοδο προς τα 1000 μέτρα.

Η αστάθεια της ατμοσφαιρας δημιουργει ανοδικα ρεύματα που ονομάζονται από τους ανεμοπόρους θερμικά. Το μετεωρολογικό ενδιαφέρον τους είναι ότι δημιουργούν τα νέφη κατακόρυφης αναπτυξεως.

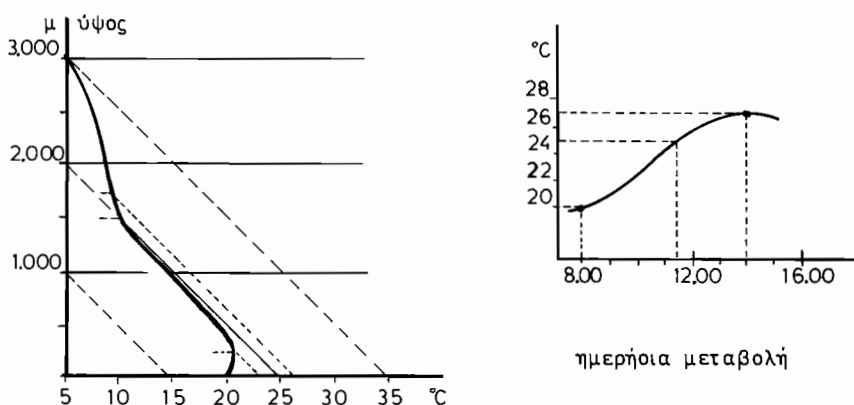
Απλή πρόγνωση θερμικών

Αν έχουμε τις τιμές της θερμοκρασίας της ατμοσφαιρας σε διάφορα ύψη, μπορούμε από το πρωί να προβλέψουμε την θερμική δραστηριότητα της ημέρας. Τις θερμοκρασίες αυτές μας τις δίνει ο σταθμός ανώτερης ατμοσφαιρας που κάνει συνήθως δύο ραδιοβολίσεις, μία στις 0.00 και μία στις 12.00 GMT (ώρα Γκρίνουιτς).

Τοποθετούμε τις θερμοκρασίες σε ένα απλό διάγραμμα θερμοκρασίας-ύψους, όπου χαράσσουμε και την κλίση μερικών αδιαβατικών που είναι 10 C ανά 1000 μέτρα ύψους (διακεκομμένες γραμμές στο σχ.19α).

Την ημέρα αυτή, ξεκινάμε το πρωί με θερμοκρασία εδάφους 20 C και παρακολουθούμε το ύψος μέχρι το οποίο φθάνει η αστάθεια, καθώς αυξάνει η θερμοκρασία στο έδαφος.

Όταν η θερμοκρασία του αέρα κοντά στο έδαφος φθάσει τους 23 C, γράφουμε από το έδαφος μία γραμμή με την κλίση της αδιαβατικής και, βρίσκουμε ότι αυτή τέμνει την καμπύλη μας σε ύψος



Σχ. 19. Απλή πρόγνωση εξελίξεως των θερμικών αναλόγων της ημερήσιας μεταβολής της θερμοκρασίας.

250 μέτρων. Αρα την ώρα αυτή τα θερμικά θα φθάνουν μέχρι τα 250 μέτρα. Για θερμοκρασία εδάφους 24 C η αστάθεια φθάνει στα 500 μέτρα και για την μέγιστη θερμοκρασία της ημέρας (έστω 27 C) τα θερμικά θα φθάσουν στα 1.800 μέτρα.

Οι ανεμοπόροι που χρησιμοποιούν τα θερμικά, αποφασίζουν με το ρολόι πότε θα πετάξουν και όχι με το θερμόμετρο. Αρα μας χρειάζεται κάποια καμπύλη θερμοκρασίας-ώρας. Της καμπύλης αυτής (σχ.19β) μας είναι γνωστά δύο σημεία, η πρωινή θερμοκρασία και η μέγιστη της ημέρας, που γνωρίζουμε ότι εμφανίζεται γύρω στις δύο το μεσημέρι. Συνδέουμε τα δύο αυτά σημεία με μία καμπύλη περίπου της μορφής του σχήματός μας (παράβαλε και με το σχ.2α). Καλύτερη μορφή της καμπύλης θα μας έδινε η γνώση της μεταβολής που είχαμε στον ίδιο τόπο την προηγούμενη μέρα.

Τώρα γνωρίζουμε σε ποία ώρα θα σημειωθεί η κάθε θερμοκρασία, δηλαδή σε τι ύψος θα φθάνει η αστάθεια κάθε ώρα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει, την ημέρα αυτή, η θερμοκρασία μεταξύ 24 και 25 C. Τότε η αστάθεια θα ανεβεί ξαφνικά από τα 500 μέτρα στα 1500 μέτρα (σχ.19α). Η θερμοκρασία αυτή των 25 C θα συμβεί περί τις 11.30 και, αυτή είναι σήμερα η ώρα κατά την οποία θα αναπτυχθούν καλά θερμικά για πτήσεις ανεμοπτέρων.

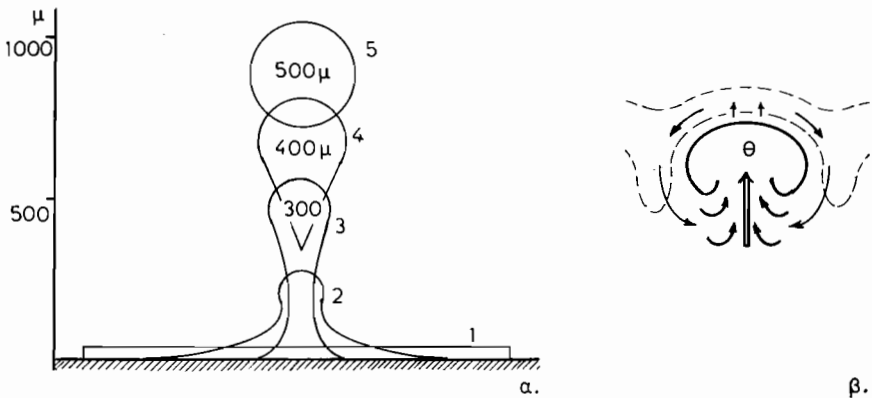
Ορεινά θερμικά

Είδαμε ότι, για να βγουν καλά θερμικά στον κάμπο, η θερμοκρασία πρέπει να μεταβληθεί κατά 5 C. Αντιθέτως αν η θερμοκρασία σε μεγαλύτερο ύψος ανέλθει λίγο (π.χ στα 500 μέτρα κατά 2 C) προκύπτει αμέσως αστάθεια μέχρι τα 1.800 μέτρα. Αυτό γίνεται στο σχ.19α αν μεταφέρουμε το έδαφος σε ύψος 500 μέτρων και επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία.

Προκύπτει λοιπόν στα ορεινά, μεγαλύτερη αστάθεια από ότι στα πεδινά, εξ ου και η ανεμοπορική συμβουλή "keep over the high ground". Αυτή η πρώιμη ορεινή αστάθεια είναι που δημιουργεί την αύρα κοιλάδας.

Η δομή των θερμικών

Τα θερμικά εμφανίζονται σαν στενές στήλες αέρα, όπου τα ανεμόπτερα κάνουν συνεχώς κύκλους. Αλλα θερμικά εμφανίζονται σαν απλές μπάλες ανερχόμενου αέρα. Το αν το θερμικό θα εμφανισθεί σαν στήλη ή σαν μπάλα εξαρτάται από το αν υπάρχει θερμός αέρας στο έδαφος για την συνεχή τροφοδότησή του. Στο σχ.20α εικονίζεται η ανοδική πορεία μιας θερμής μάζας διαστάσεων συνήθους αεροδρομίου, δηλαδή διαμέτρου 2.000 μέτρων και πάχους 20 μέτρων. Το βάρος της είναι 73.000 τόνοι. Η μάζα ξεκολλάει από το έδαφος και παίρνει διαδοχικώς τις μορφές από 1 μέχρι 5. Ενώ στην



Σχ. 20. Θερμικό, α. πέντε φάσεις στην ζωή ενός θερμικού, β. μίξη κατά την άνοδο του θερμικού.

αρχή εμφανίζεται σαν στήλη, σύντομα εξαντλείται ο επιφανειακός θερμός αέρας και η μάζα παίρνει την μορφή μπάλας.

Ανοδική ταχύτης 1 έως 2 μ/δλπ είναι συνηθισμένη. Ταχύτης ανόδου 5 μ/δλπ είναι συναρπαστική. Ηδη από τα 3 μ/δλπ, σε κάθε κύκλο που κάνει ο ανεμοπόρος, αλλάζει αισθητώς η μορφή του ορίζοντα που βλέπει, καθώς νέα τοπία εμφανίζονται πίσω από τις κοντινές κορυφές.

Τα ανεμόπτερα δεν μπορούν να ανεβούν μέχρι το άνω όριο της αστάθειας. Η παρατήρηση δείχνει ότι φθάνουν περίπου μέχρι το ύψος όπου η αδιαβατική της ανερχόμενης μάζας έχει διαφορά 3 C από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Η απόσταση από θερμικό σε θερμικό είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο ψηλότερα φθάνουν τα θερμικά. Γι' αυτό και οι αερομοντελιστές πετάν καλύτερα τα μικρά ανεμόπτερά τους νωρίς το πρωί, όταν η αστάθεια περιορίζεται σε πολύ χαμηλό ύψος. Όταν τα θερμικά έχουν μεγάλο ύψος, η μεταξύ τους απόσταση είναι μεγάλη. Τα ανεμόπτερα, για να φθάσουν από την κορυφή ενός θερμικού στην βάση του επόμενου, πρέπει να έχουν πολύ καλό λόγο κατολισθήσεως (λόγος 30/1 σημαίνει ότι πετάν 30 μέτρα εμπρός για κάθε 1 μέτρο ύψους που χάνουν).

Σε ένα θερμικό, καθώς ο αέρας συγκλίνει προς την βάση του, μπορεί να δημιουργηθεί περιστροφή, ο γνωστός μας ανεμοστρόβιλος (κονιορτοστρόβιλος). Η φορά περιστροφής είναι τυχαία.

Αν πνέει άνεμος, τα θερμικά δεν είναι κατακόρυφες στήλες, αλλά στήλες που γέρνουν προς το μέρος που τα ωθεί ο άνεμος. Πολύ ισχυρός άνεμος ψαλιδίζει τα θερμικά σε μικρά ανερχόμενα κομμάτια.

Γέννηση των θερμικών

Τα θερμικά γεννιούνται πάνω από θερμό έδαφος, αλλά για να ξεκολλήσει ο θερμός αέρας από το έδαφος και να μπει σε κίνηση, χρειάζεται κάποια πρόσθετη ενέργεια. Συνήθως λοιπόν, τα θερμικά ξεκολλάν πάνω από εμπόδια (λόφους, δέντρα, κτίρια) όπου ο άνεμος δίνει στον θερμό αέρα μία μικρή ώθηση προς τα άνω. Αυτός είναι ένας ακόμη λόγος για να προτιμάμε τις εδαφικές εξάρσεις. Αυτός είναι ο λόγος που παρουσιάζονται θερμικά στα υπόστεγα των αεροδρομίων και στα πρώτα υπήνεμα δέντρα των μεγάλων πεδινών εκτάσεων, όπως στα αεροδρόμια.

Θερμικά και μίξη

Ένα θερμικό, καθώς ανεβαίνει, μεγαλώνει σε διάμετρο και τα ανεμόπτερα κάνουν μέσα του ευρύτερους κύκλους. Αυτό οφείλεται επιπλέον σε ανάμιξη με τις γύρω μάζες που αρχίζουν να ανεβαίνουν μαζί με το θερμικό (σχ.20β). Αυτό σημαίνει όμως και ότι, η αδιαβατική μεταβολή που χρησιμοποιήσαμε στην θεωρία δεν είναι στα θερμικά καθαρή αδιαβατική, όπως σε μεγαλύτερες αέριες μάζες.

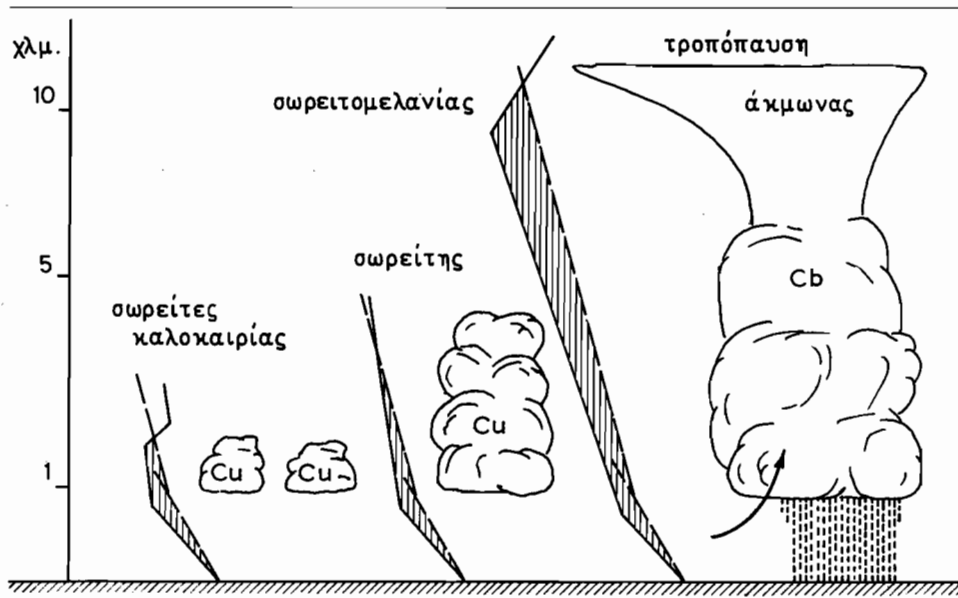
Η απλή πρόβλεψη των θερμικών που αναπτύξαμε αφορά τα ξηρά θερμικά, που οι ανεμοπόροι τα ονομάζουν μπλε θερμικά. Αυτά είναι θερμικά χωρίς ανάπτυξη νεφών. Για την πρόγνωση θερμικών με νέφη, χρησιμοποιείται ένα πιο πολύπλοκο διάγραμμα το τεφίγραμμα. Η χρήση του αναπτύσσεται στο παράρτημα.

ΝΕΦΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ

Αν παρακολουθήσουμε την ανοδική πορεία μίας ασταθούς μάζας αέρα, παρατηρούμε ότι αυτή συνεχώς ανεβαίνει προς μικρότερες πιέσεις, επομένως διαστέλλεται και ψύχεται. Σε ένα ορισμένο ύψος η θερμοκρασία θα κατεβεί στο σημείο κορεσμού (δρόσου), οπότε ο αέρας δεν θα μπορεί να συγκρατήσει όλους τους υδρατμούς που περιέχει. Οι επί πλέον υδρατμοί θα υγροποιηθούν σαν μικρά σταγονίδια τα οποία σχηματίζουν νέφος. Το ύψος όπου η θερμοκρασία του αέρα φθάνει το σημείο κορεσμού είναι το ύψος της βάσεως των νεφών και φαίνεται πολύ χαρακτηριστικά στα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξεως.

Τα νέφη αυτά ονομάζονται σωρείτες (Cumulus, Cu) και όταν η αστάθεια της ατμοσφαιράς δεν επεκτείνεται σε μεγάλα ύψη, σταματούν να μεγαλώνουν και βαθμιαίως διαλύονται. Τέτοιοι σωρείτες καλοκαιρίας (cumulus humilis) παρουσιάζονται στις δύο πρώτες περιπτώσεις του σχ.21.

Στο σημείο αυτό πρέπει να θυμηθούμε ότι, όταν αρχίσει η υγροποίηση των υδρατμών για σχηματισμό του νέφους, απελευθερώνεται η θερμότης που είχε χρησιμοποιηθεί για την εξάτμιση. Η θερμότης αυτή μεγαλώνει την αστάθεια της μάζας και επιταχύνει την ανοδική της πορεία. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στο σχήμα μέσα στα νέφη η διακεκομμένη



Σχ. 21. Το μέγεθος των νεφών κατακόρυφης αναπτύξεως εξαρτάται από την αστάθεια της ατμόσφαιρας.

γραμμή (αδιαβατική) έχει άλλη κλίση από ό,τι κάτω από τα νέφη.

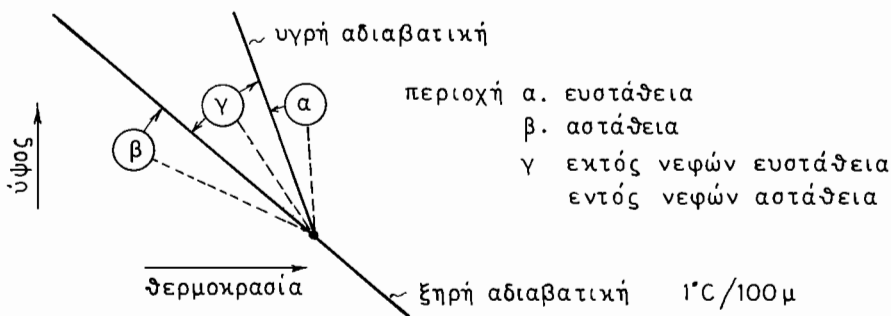
Αν η αστάθεια της ατμόσφαιρας είναι ακόμη μεγαλύτερη, ο σωρείτης μεγαλώνει σε ύψος και φθάνει συχνά μέχρι την τροπόπαιση, πάνω από την οποία δεν μπορεί να ανεβεί, διότι επικρατεί ευστάθεια (στην στρατόσφαιρα όπως είδαμε η θερμοκρασία αυξάνει με το ύψος και αυτό λέγεται θερμοκρασιακή αναστροφή). Στην τροπόπαιση το νέφος επεκτείνεται οριζοντίως και παίρνει σχήμα άκμονος (αμονιού) όπως φαίνεται στο σχήμα. Το νέφος αυτό ονομάζεται σωρειτομελανίας (Cumulonimbus, Cb) και είναι το νέφος το οποίο, όπως θα δούμε αναλυτικότερα, προκαλεί τις καταιγίδες.

Μία αναστροφή θερμοκρασίας αποτελεί φραγμό στα ανοδικά ρεύματα, δηλαδή στην ανάδευση της ατμόσφαιρας. Έτσι, αν έχουμε μία χαμηλή αναστροφή, οι ρύποι της πόλεως δεν μπορούν να μεταφερθούν σε μεγαλύτερα ύψη και, δημιουργούν το γνωστό μας νέφος αιθαλομίχλης. Αυτό αναπτύσσεται συνήθως τις πρώτες πρωινές ώρες, για να διαλυθεί αργότερα όταν η χαμηλή αστάθεια μεγαλώσει και γεφυρώσει τον φραγμό της αναστροφής.

Νέφη και αστάθεια

Κάθε στρώμα της ατμόσφαιρας μπορεί να είναι ευσταθές ή ασταθές ανάλογα με την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα του (ΚΘ), lapse rate.

Την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα του στρώματος, συγκρίνουμε με



Σχ. 22. Αστάθεια εκτός και εντός νεφών.

την αδιαβατική, για να δούμε αν το στρώμα είναι ευσταθές ή ασταθές. Αν βρισκόμαστε εκτός νεφών, θα χρησιμοποιήσουμε την ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα ($\Xi\text{A}\Theta$) που είναι 1 C ανά 100 μέτρα. Αν βρισκόμαστε εντός νεφών, θα χρησιμοποιήσουμε την υγρή (κορεσμένη) αδιαβατική θερμοβαθμίδα ($\Upsilon\text{A}\Theta$). Αυτή δεν έχει σταθερή τιμή (πχ. 0,5 C ανά 100 μέτρα) και πάνω στο διάγραμμα δεν δίνει ευθείες, αλλά καμπύλες γραμμές.

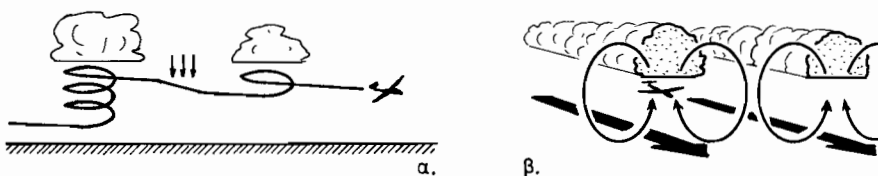
Ετσι αν $K\Theta > \Xi\text{A}\Theta$ έχουμε απόλυτη αστάθεια. Αν $\Upsilon\text{A}\Theta > K\Theta$ έχουμε απόλυτη ευστάθεια. Αν $\Xi\text{A}\Theta > K\Theta > \Upsilon\text{A}\Theta$ έχουμε αστάθεια υπό συνθήκη, δηλαδή ευστάθεια εκτός νεφών και αστάθεια εντός νεφών.

Αυτό φαίνεται στο σχ.22. Συγκρίνουμε την κλίση της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας του στρώματος, με τις δύο αδιαβατικές θερμοβαθμίδες. Αναλόγως σε ποιά περιοχή βρισκόμαστε, έχουμε ευσταθές ή ασταθές στρώμα.

Ενα στρώμα αέρα με αστάθεια υπό συνθήκη (περιοχή γ) είναι ευσταθές αν βρίσκεται κάτω από το ύψος βάσεως νεφών. Αν το στρώμα ανέβει πάνω από το ύψος κορεσμού γίνεται ασταθές δημιουργώντας ανοδικά ρεύματα. Τέτοια άνοδος μπορεί να γίνει όταν ο άνεμος πνέει προς μία οροσειρά. Γι'αυτό και στα προσήνεμα των ορεινών όγκων δημιουργείται συχνά αστάθεια και παρατεταμένες βροχές.

Νέφη και θερμικά

Τα θερμικά ανοδικά ρεύματα (*thermals*) χρησιμοποιούνται από τα ανεμόπτερα για να κερδίζουν ύψος. Τα ανεμόπτερα διανύουν μεγάλες αποστάσεις κερδίζοντας ύψος με αργούς κύκλους μέσα στα θερμικά και γρήγορες κατολισθήσεις από θερμικό σε θερμικό, όπως



Σχ. 23. Εκμετάλλευση θερμικών από ανεμόπτερα: α. σε ταξίδι, και β. νεφόδρομοι.

στο σχ.23α. Με αυτό τον τρόπο τα ανεμόπτερα έχουν διανύσει αποστάσεις πάνω από 2.000 χλμ.

Η μέση ταχύτης ταξιδιού έχει μεγάλη σημασία σε αυτές τις πτήσεις, γιατί η διάρκεια του ταξιδιού περιορίζεται από την περίοδο της ημέρας που έχει καλά θερμικά. Όταν η θερμική δράση σταματήσει, τα ανεμόπτερα από το ύψος που βρίσκονται κάνουν μία τελευταία κατολίσθηση μέχρι το μακρύτερο αεροδρόμιο ή χωράφι όπου μπορούν να προσγειωθούν. Από ύψος 2 χλμ αυτό μπορεί να βρίσκεται 70 χλμ μακριά, δηλαδή πολύ πέρα από τον ορίζοντα.

Τα νέφη *cumulus humilis* προδίδουν την θέση των θερμικών και καθορίζουν τον δρόμο που ακολουθούν τα ανεμόπτερα. Η πράξη είναι κάπως δυσκολότερη, γιατί ο ανεμοπόρος πρέπει να διαλέξει *cumulus* στην φάση της αναπτύξεως. Αν φθάσει κάτω από το νέφος, στην φάση της διαλύσεως, δεν θα βρει ανοδικό αλλά καθοδικό.

Τα θερμικά μπορεί να σταματήσουν και κατά την διάρκεια της ημέρας από υπερβολική αστάθεια, υπερανάπτυξη (*overdevelopment*). Στην περίπτωση αυτή η περιοχή καλύπτεται με νέφωση που φράζει την ηλιακή ακτινοβολία και διακόπτει την θερμική δραστηριότητα. Συχνά τα νέφη διαλύονται πάλι και, ο καιρός μπαίνει σε καινούριο θερμικό κύκλο.

Όταν πνέει άνεμος, τα θερμικά μπορεί να αναπτύσσονται σε παράλληλες γραμμές κατά την ροή του ανέμου. Στις παράλληλες αυτές γραμμές ο αέρας ανεβαίνει κάτω από τα νέφη και, κατεβαίνει στον ανέφελο χώρο μεταξύ των γραμμών (σχ.23β). Οι ανεμοπόροι μπορούν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις κάτω από αυτά τα νέφη, χωρίς να χάνουν ύψος. Έτσι δικαιολογείται το όνομα νεφόδρομοι (*streeting*).

Στην χώρα μας πολλές οργανώσεις νεφών καλοκαιρίας οφείλονται στο ανάγλυφο του εδάφους (ορεινή αστάθεια) και στις αύρες (μέτωπα αύρας).

ΒΡΟΧΗ, ΧΙΟΝΙ

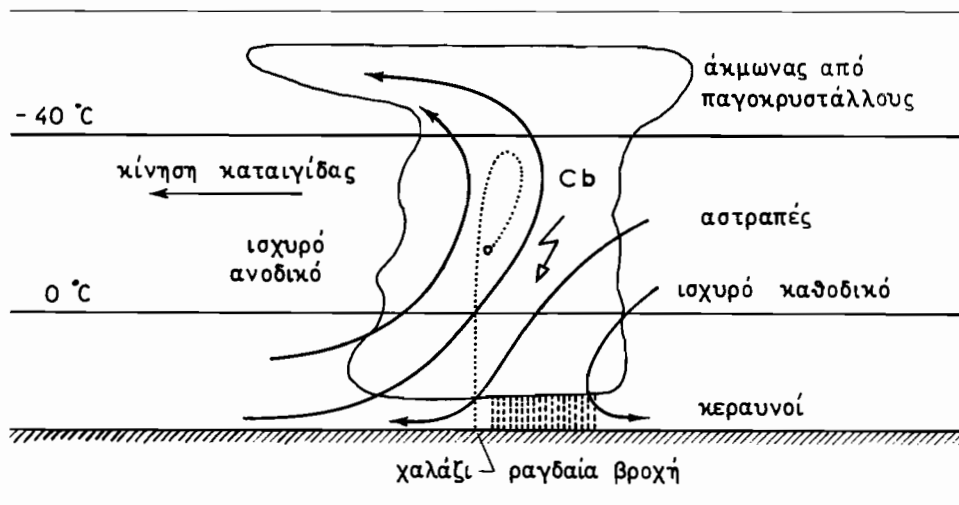
Όσο η υγροποίηση των υδρατμών προχωράει μέσα σε ένα νέφος, τόσο δημιουργούνται μεγαλύτερα υδροσταγονίδια. Επίσης, σε μεγαλύτερα ύψη, όπου η θερμοκρασία είναι πολύ κάτω του μηδενός, τα υδροσταγονίδια γίνονται παγοκρυσταλλίδια τα οποία συνεχώς μεγαλώνουν. Όταν δημιουργηθούν σταγόνες τόσον βαριές ώστε να έχουν ταχύτητα πτώσεως μεγαλύτερη από την ανοδική ταχύτητα του ρεύματος, αυτές πέφτουν προς την γη σαν βροχή (rain).

Οι σταγόνες, καθώς πέφτουν προς το έδαφος, περνούν μέσα από θερμότερα στρώματα αέρα και μέρος αυτών εξατμίζεται και πάλι. Έτσι, μία βροχή σε ανώτερα στρώματα πιθανόν να μη φτάσει ποτέ στο έδαφος.

Στην περίπτωση όπου οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε θερμοκρασία λίγο κατώτερη του μηδενός, σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι με μορφή χιονιού (snow). Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη όπου ευρίσκεται η χώρα μας, το χιόνι είναι συχνό σε μεγάλα ύψη, ενώ στην στάθμη της θάλασσας σπανίως παρουσιάζεται. Αυτό γίνεται γιατί κατά την βραδεία πτώση μέσα από θερμότερο αέρα, το χιόνι τήκεται και φθάνει σε χαμηλά ύψη σαν μικρές σταγόνες (χιονόνερο).

ΚΑΤΑΙΓΙΔΑ, ΧΑΛΑΖΙ

Εξαιρετικώς ενδιαφέρουσα είναι η ζωή της υδροσταγόνας μέσα σε σωρειτομελανία (Cumulonimbus). Επειδή τα ανοδικά ρεύματα είναι πολύ μεγάλα οι σταγόνες δεν πέφτουν αν δεν αποκτήσουν μεγάλο μέγεθος. Τότε προκαλούν ραγδαία βροχή και δημιουργούν ισχυρότατα καθοδικά



Σχ. 24. Καταιγιδοφόρο νέφος (σωρειτομελανίας Cb).

ρεύματα όπως φαίνεται εις το σχ.24. Οι ισχυρότερες βροχές στον πλανήτη μας πέφτουν από σωρειτομελανίες.

Εξ άλλου οι σταγόνες παρασυρόμενες σε μεγαλύτερα ύψη δημιουργούν παγοσφαιρίδια, το χαλάζι (hail), το οποίο μπορεί να πέσει και να ανέλθει επανειλημμένως μέσα στο ανοδικό ρεύμα αποκτώντας συνεχώς μεγαλύτερο μέγεθος μέχρις ότου πέσει στην γη όπως φαίνεται στο σχ.24.

Τα ισχυρά ανοδικά ρεύματα μαζί με τα σταγονίδια μεταφέρουν στον σωρειτομελανία και ηλεκτρικά φορτία. Για την εξισορρόπησή τους ξεσπούν ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ τμημάτων του νέφους (αστραπές) ή μεταξύ νέφους και γης (κεραυνοί).

Η διάμετρος μιας καταιγίδας είναι της τάξεως λίγων χιλιομέτρων και γι'αυτό μία καταιγίδα μπορεί να είναι ένα τελείως τοπικό φαινόμενο. Αυτή μπορεί να σαρώσει μία ζώνη μικρού πλάτους κατά την διεύθυνση κατά την οποία την μεταφέρει ο άνεμος. Η καταιγίδα περνάει πρώτα την φάση της αναπτύξεως κατά την οποία το νέφος συνεχώς μεγαλώνει παίρνοντας τις μορφές cumulus, cumulus congestus (ογκώδες), cumulus calvus (φαλακρό), cumulonimbus. Στην ώριμη φάση τα ανοδικά της καταιγίδας φθάνουν σε ταχύτητες της τάξεως των 20 μ/δλπ και επικρατούν βίαια φαινόμενα. Στην τελική φάση της ζωής της, η καταιγίδα διαλύεται από τα καθοδικά ρεύματα τα οποία η ίδια δημιούργησε.

Οι καταιγίδες καλοκαιρίας, όσο μεγαλώνουν, τροφοδοτούνται από αύρες που δημιουργούνται από τα ισχυρά ανοδικά ρεύματα. Όταν όμως οι καταιγίδες φθάσουν στην φάση της διαλύσεως, τα βίαια καθοδικά αντιστρέφουν την ροή (thunderstorm high) και μπορεί να δημιουργηθούν σφοδρότατοι ξαφνικοί άνεμοι, όπως τα γνωστά μας καλοκαιρινά μπουρίνια.

Οι σωρειτομελανίες μπορεί να εμφανισθούν και σε ομάδες, σαν γραμμή λαίλαπος (squall line) συνήθως κατά μήκος ψυχρών μετώπων, με τα οποία θα ασχοληθούμε στο δεύτερο μέρος. Επίσης μπορεί να είναι ενσωματωμένοι μέσα σε στρωματομόρφα νέφη ώστε να μην γίνονται αντιληπτοί στο έδαφος, παρά μόνο από τις αστραπές τους. Οι σωρειτομελανίες είναι τα μόνα νέφη με αστραπές και χαλάζι.

Οι ισχυρές αναταράξεις και τα ρεύματα του σωρειτομελανία είναι επικίνδυνα για τα αεροπλάνα τα οποία αποφεύγουν τις καταιγίδες, είτε γνωρίζοντας την θέση τους από μετεωρολογικές παρατηρήσεις, είτε ανιχνεύοντας τις καταιγίδες με το ραντάρ καιρού. Ιδιαίτερα μεγάλοι είναι οι κίνδυνοι κατά την προσγείωση οπότε ο χειριστής καλείται να αντιμετωπίσει κακή ορατότητα, βίαιους ανέμους απροβλέπτου διευθύνσεως και βιαιότατα καθοδικά.

Περισσότερα για την βροχή

Τα ορατά υδροσταγονίδια του νέφους προέρχονται από τους άορατους υδρατμούς. Οι υδρατμοί δημιουργούν τα υδροσταγονίδια όταν η μάζα φθάσει στον κορεσμό. Τότε οι υδρατμοί συμπυκνώνονται πάνω σε αιωρούμενα σωματίδια. Ορισμένοι αιωρούμενοι κρύσταλλοι είναι ιδιαιτέρως υγροσκοπικοί και αρχίζουν να συγκεντρώνουν

υδρατμούς και πριν τον κορεσμό. Οι κρύσταλλοι του αλατιού, που μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα από τον αφρό των κυμάτων, αρχίζουν να συγκεντρώνουν νερό ήδη από σχετική υγρασία 70% και συνεχίζουν να μεγαλώνουν δημιουργώντας υδροσταγονίδια.

Τα νέφη που δημιουργούνται στον καθαρό αέρα των ωκεανών έχουν λιγότερα υδροσταγονίδια που μεγαλώνουν γρήγορα και δίνουν εύκολα βροχές. Αντιθέτως, νέφη με πολλά σωματία (πχ. από δασικές πυρκαγιές) έχουν πολύ μεγάλο αριθμό μικρών υδροσταγονιδίων που δύσκολα συγκροτούν μεγαλύτερες σταγόνες για να δώσουν βροχή.

Τα υδροσταγονίδια συγκροτούνται σε μεγάλες σταγόνες που πέφτουν σαν βροχή. Ο κατωτέρω όμως πίνακας δείχνει ότι αυτό δεν είναι πολύ απλό. Στον πίνακα αναγράφονται τα μεγέθη και η ταχύτης πτώσεως των μορφών αυτών μέσα στην ατμόσφαιρα:

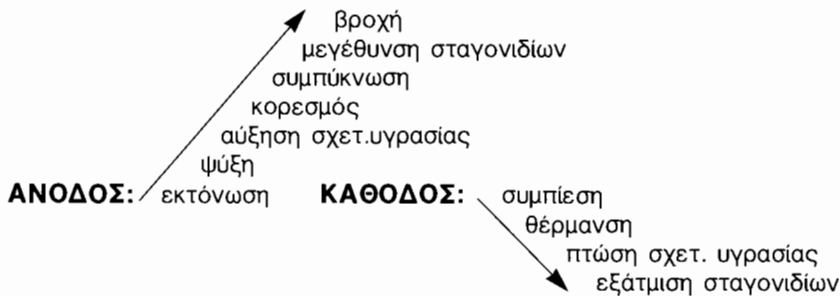
	Διάμετρος	Ταχύτης πτώσεως
Υδροσταγονίδια νέφους	0.01 χλσ.	0.2 εκ/δλ
Ασθενής βροχή	3 χλσ.	0.1-0.2 μ/δλ
Ισχυρή βροχή	6 χλσ.	0.6-0.8 μ/δλ
Χαλάζι	20 χλσ.	2 μ/δλ

Πρώτη παρατήρηση είναι ότι για να δημιουργηθεί μία σταγόνα βροχής πρέπει να συγκεντρωθούν γύρω στα 25 εκατομμύρια υδροσταγονίδια. Ο μηχανισμός συγκεντρώσεως των σταγονιδίων μπορεί να είναι απλές κρούσεις μεταξύ τους, όταν κάποιος γίνει μεγαλύτερο βαραίνει και πέφτει πάνω στα μικρότερα. Σε ύψη όπου η θερμοκρασία είναι κάτω από το μηδέν, υπάρχει ένας γρηγορότερος μηχανισμός. Τα πρώτα υδροσταγονίδια που θα παγώσουν αρχίζουν να εξατμίζουν τα γύρω τους απάγωτα και να απορροφούν τους υδρατμούς στην επιφάνειά τους.

Δεύτερη παρατήρηση είναι ότι με την ταχύτητα που πέφτει μία σταγόνα, χρειάζεται 10 λεπτά για να κατεβεί 1,000 μέτρα. Αυτός είναι ένας αρκετά μεγάλος χρόνος για να μπορέσει να μεταβληθεί η σταγόνα ανάλογα με τα στρώματα μέσα από τα οποία περνάει, ή και να εξατμιστεί τελείως.

Η ταχύτης πτώσεως του χαλαζιού δεν είναι και αυτή μεγάλη μπροστά στα συνήθη ανοδικά ρεύματα της ατμοσφαιρας, έτσι εύκολα παρασύρεται πάλι σε μεγαλύτερα ύψη.

Η τύχη της υγρασίας στην ατμόσφαιρα ανακεφαλαιώνεται στο ακόλουθο πίνακα:



Παγοποίηση

Είναι γνωστό ότι το νερό πήζει σε θερμοκρασία 0 C. Στην ατμόσφαιρα όμως τα υδροσταγονίδια των νεφών παραμένουν σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία αέρα πολύ κάτω από το μηδέν. Στα νέφη έχουμε υδροσταγονίδια σε θερμοκρασίες μέχρι και -15 C. Η θερμότης που αποδίδεται όταν παγώνει το νερό (λανθάνουσα θερμότης πήξεως) είναι τόσο μεγάλη ώστε, τα σταγονίδια παγώνουν σταδιακά διατηρώντας τμήμα τους σε μορφή νερού. Η ύπαρξη νερού σε θερμοκρασία αέρα κάτω από 0 C λέγεται υπέρτηξη. Η υπέρτηξη είναι κανόνας στην ατμόσφαιρα.

Όταν ένα αεροσκάφος περνάει μέσα από νέφος σε υπέρτηξη, τα σταγονίδια που συναντούν την ψυχρή του επιφάνεια παγώνουν δημιουργώντας διάφορους τύπους πάγου:

Clear ice (διαφανής πάγος). Δημιουργείται σε περιοχή θερμοκρασιών 0 έως -4 C. Τα υδροσταγονίδια προσβάλλουν την επιφάνεια και την γλείφουν σε υγρή κατάσταση, παγώνοντας σε συμπαγή πάγο.

Rime ice (ομιχλοκρύσταλλος). Δημιουργείται σε περιοχή θερμοκρασιών -5 έως -10 C. Τα υδροσταγονίδια παγώνουν μόλις συναντήσουν το χείλος προσβολής, παγιδεύοντας αέρα μεταξύ τους. Δημιουργούνται εύθραυστες μάζες μικρού βάρους που μεταβάλουν το σχήμα της αεροτομής.

Glazed frost (υαλόπαγος). Προκαλείται από βροχή που πέφτει από υψηλότερα θερμά στρώματα, σε στρώμα με θερμοκρασία κάτω του μηδενός. Δημιουργεί γρήγορα συμπαγή πάγο μεγάλου βάρους.

Hoar frost (πάχνη). Δημιουργείται σε καθαρή ατμόσφαιρα όταν ψυχρό αεροσκάφος κατέρχεται μέσα σε υγρά στρώματα. Δεν επηρεάζει την πτήση αλλά μπορεί να ελαττώσει την ορατότητα μέσα από την καλύπτρα.

Για την αποφυγή παγοποιήσεως αρκεί να κατεβούμε κάτω από το ύψος της θερμοκρασίας 0 C, ή να ανεβούμε πάνω από το ύψος της θερμοκρασίας -15 C, όπου τα νέφη αποτελούνται από παγοκρυστάλλους και δεν προκαλούν παγοποίηση.

Ο σίφων

Ο σίφων (tornado) είναι φαινόμενο που παρουσιάζεται σε καταιγιδόφωρα νέφη. Σε συνάντηση μαζών με διαφορετικά χαρακτηριστικά, που γεννούν βίαιες καταιγίδες, μπορούν να δημιουργηθούν σε τμήματα του καταιγιδόφωρου νέφους, περιστροφικές κινήσεις μεγάλης εντάσεως. Αυτοί οι βιαιότατοι ανεμοστρόβιλοι ξεκινούν από το νέφος σαν νεφικά πλοκάμια και συναντώνται με στήλες σκόνης που ξεκινάν από το έδαφος, για να αποτελέσουν τελικώς ενιαία περιστρεφόμενη στήλη μικρής διαμέτρου.

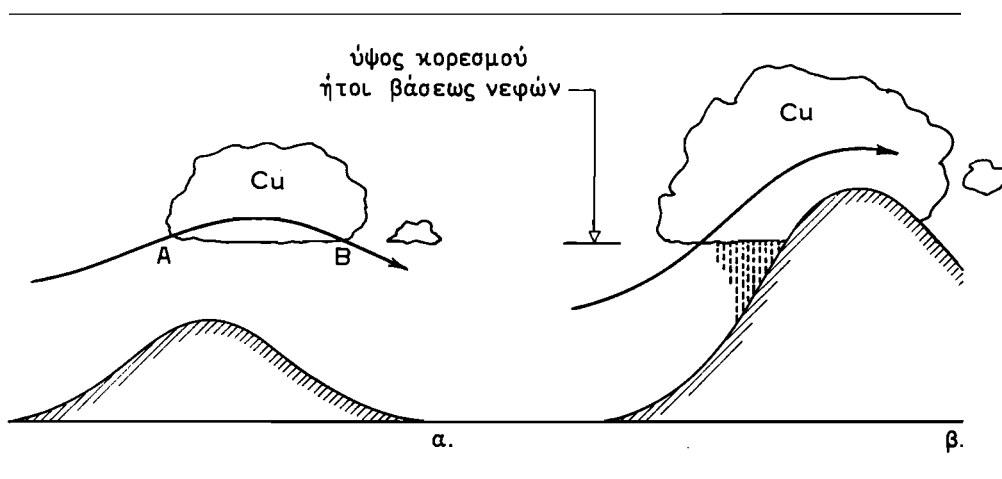
Στο κέντρο του σίφωνα επικρατεί πολύ μικρή πίεση, τα δε σπίτια που θα βρεθούν στον δρόμο του, παθαίνουν έκρηξη από την εσωτερική τους πίεση. Οι καταστροφές περιορίζονται σε λωρίδα μερικών δεκάδων μέτρων στο ίχνος του σίφωνα.

Οι σίφωνες είναι συχνό καταστροφικό φαινόμενο στις κεντρικές πεδιάδες των ΗΠΑ, όπου αέρας από τον θερμό κόλπο του Μεξικού συγκλίνει με αέρα από τον ψυχρό Καναδά. Επίσης δημιουργούνται στις πεδιάδες της Αυστραλίας. Στην Ελλάδα εμφανίζονται σίφωνες σε χειμερινές καταιγίδες που συμβαίνουν πάνω από την θερμή θάλασσα (water spout) πρόκειται όμως για πολύ ηπιότερα φαινόμενα.

ΟΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Στα προηγούμενα εξετάσαμε κατακόρυφες κινήσεις του αέρα οφειλόμενες σε θερμικά φαινόμενα. Κατακόρυφες όμως κινήσεις δημιουργούνται και από δυναμικούς λόγους.

Αν ο άνεμος πνέει προς την πλαγιά ενός όρους (σχ.25) ο αέρας αναγκάζεται να ανεβεί την προσήνεμη πλαγιά για να υπερβεί το όρος. Την



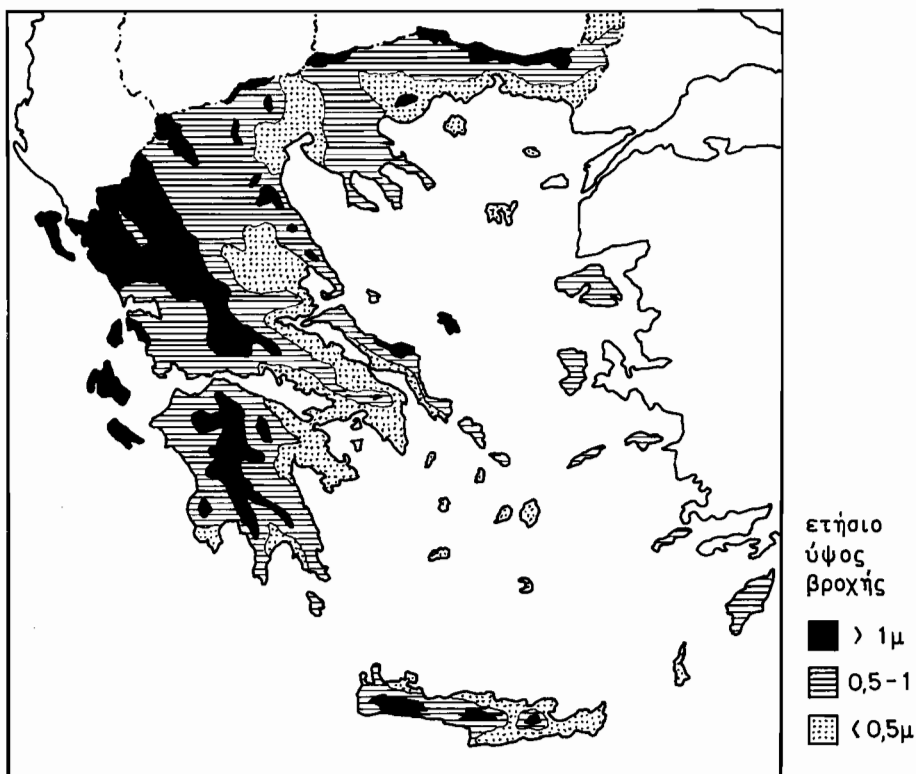
Σχ. 25. Ορογραφικά νέφη.

εξαναγκασμένη αυτή άνοδο του αέρα λόγω της πνοής του ανέμου, ονομάζουμε δυναμικό ανοδικό ρεύμα.

Αν ο αέρας περιέχει αρκετούς υδρατμούς και αν αναγκασθεί να ανεβεί σε αρκετά μεγάλο ύψος, θα φθάσει στο σημείο κορεσμού και θα δημιουργηθούν νέφη τα οποία ονομάζονται ορογραφικά. Τα νέφη αυτά παράγονται στην προσήνεμη πλευρά (σημείο Α) και διαλύονται εις την υπήνεμη πλευρά του όρους (σημείο Β) όπου ο αέρας κατερχόμενος θα θερμανθεί και πάλι πάνω από την θερμοκρασία κορεσμού. Έτσι, ενώ ο άνεμος πνέει, παρατηρείται στην κορυφή του όρους ένα νέφος το οποίο παραμένει στάσιμο και δεν παρασύρεται.

Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ συχνό στα ελληνικά βουνά. Δεν πρέπει όμως τα ορογραφικά νέφη να συγχέονται με εκείνα που συχνά αναπτύσσονται και διαλύονται στην προσήλιο πλευρά του όρους λόγω αυξημένης θερμικής δράσεως.

Λόγω της ορογραφικής δράσεως συμβαίνουν ραγδαίες και παρατεταμένες βροχές στα προσήνεμα των ορέων (βλέπε σχ.25β), κυρίως όταν προ-



Σχ. 26. Στην δυτική Ελλάδα το ετήσιο ύψος βροχής είναι μεγαλύτερο από ότι στην ανατολική.

σπίπτουν πάνω τους πολύ υγρές μάζες αέρα, όπως οι προερχόμενοι από την θάλασσα. Ετσι, στην Ελλάδα οι υγρές μάζες, που προέρχονται από την δυτική Μεσόγειο προσπίπτουν στην οροσειρά της Πίνδου και τα όρη της Πελοποννήσου και δημιουργούν στην δυτική Ελλάδα βροχές συνολικού ύψους περί τα 2 μέτρα ετησίως.

Αντιθέτως, από την ανατολική πλευρά της οροσειράς, η Ελλάδα έχει βροχοπτώσεις της τάξεως των 0,5 μέτρων μόνο. Αυτό φαίνεται στο σχ.26 όπου σημειώνεται το ετήσιο ύψος βροχής στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

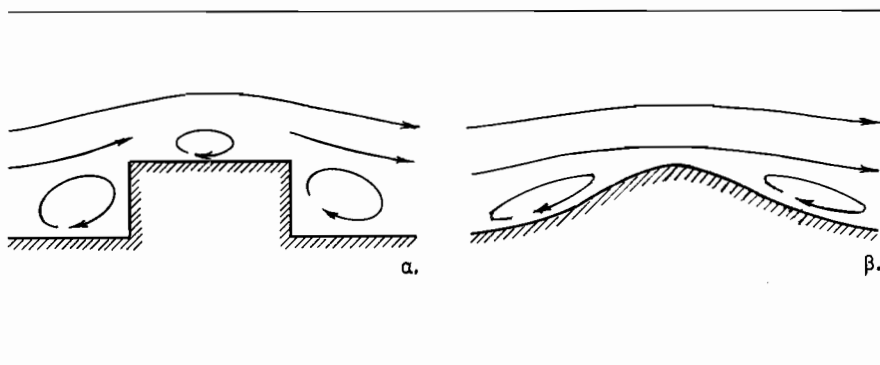
Περισσότερα για το δυναμικό

Το δυναμικό (ridge lift) είναι το πρώτο ανοδικό ρεύμα που χρησιμοποίησε η ανεμοπορία. Είναι περιορισμένο στην πλαγιά ενός όρους και δεν επεκτείνεται σε μεγαλύτερο ύψος. Το δυναμικό όμως υπάρχει όσο πνέει άνεμος και γι'αυτό είναι κατάλληλο για πτήσεις διαρκείας. Στην ανεμοπορία δεν αναγνωρίζονται επιδόσεις διαρκείας.

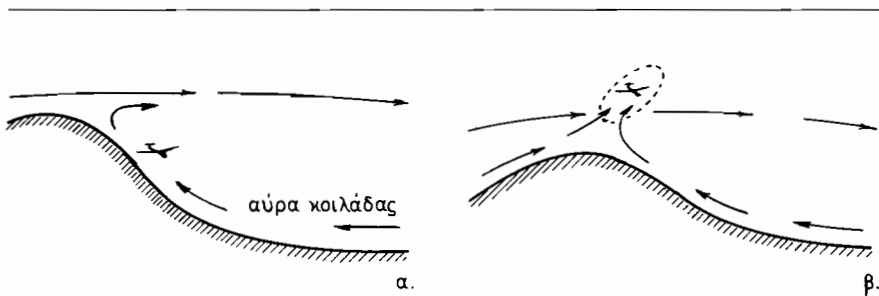
Για να δημιουργηθεί καλό δυναμικό πρέπει να υπάρχει μία επιμήκης πλαγιά και κάθετος άνεμος. Η κλήση της πλαγιάς δεν πρέπει να είναι υπερβολική γιατί τότε δημιουργούνται στρόβιλοι. Σε ένα κατακόρυφο όρος θα δημιουργηθούν τρεις στρόβιλοι, όπως φαίνεται στο σχ.27α.

Ο προσήνεμος στρόβιλος (bolster) ενοχλεί ιδιαίτερως τους αιωροπτεριστές που πετάν πολύ κοντά στις πλαγιές. Ο υπήνεμος στρόβιλος (lee eddy) ξεγελά τους αρχάριους αιωροπτεριστές που τον εκλαμβάνουν για δυναμικό. Τέλος, ο στρόβιλος του οροπεδίου ήταν ιδιαίτερως ενοχλητικός στην προπολεμική ανεμοπορία όταν το ανεμόπτερο εκτοξευόμενο στην προσήνεμη πλαγιά, κέρδιζε ύψος και προσγειωνόταν πάλι στο οροπέδιο.

Η δημιουργία στροβίλων στο δυναμικό γίνεται εντονότερη όταν η



Σχ. 27. Ορεινοί στρόβιλοι.



Σχ. 28. Σκιά ανέμου.

ατμόσφαιρα είναι πολύ ευσταθής. Τότε ακόμα και σε πλαγιές με μικρότερη κλίση ο άνεμος προτιμά να μην κινηθεί πολύ κατακορύφως, όπως στο σχ. 27β. Στην περίπτωση αυτή, αν ο άνεμος δεν είναι κάθετος στην πλαγιά, θα προτιμήσει να γυρίσει παράλληλα με αυτή και να περάσει πλάι και όχι πάνω από το όρος.

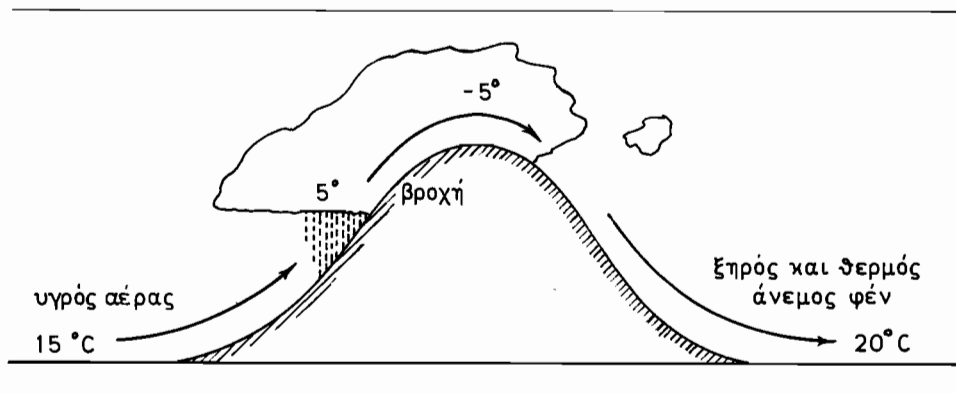
Σκιά ανέμου

Σε προσήλιες πλαγιές εμφανίζεται συχνά το φαινόμενο της σκιάς ανέμου (wind shaddow). Όπως φαίνεται στο σχ.28 ο γενικός άνεμος που πνέει πάνω από το όρος, δεν κατεβαίνει στην υπήνεμη πλαγιά. Εκεί λόγω ορεινής αστάθειας προκαλείται αύρα κοιλάδας. Αυτή έχει αντίθετη κατεύθυνση από τον επικρατούντα άνεμο. Το φαινόμενο είναι πολύ συχνό στην χώρα μας στις νότιες πλαγιές, όταν πνέουν βόρειοι άνεμοι (Πάρνηθα, Βόρρας).

Από τον άνεμο και την αστάθεια εξαρτάται αν θα έχουμε καθαρή σκιά ανέμου (σχ.28α) ή αν θα έχουμε θερμικά που αποκολλώνται από την κορυφογραμμή και ανεβαίνουν μέσα στον ανώτερο άνεμο (σχ.28β).

Άνεμος φεν

Ας εξετάσουμε μία μάζα αέρα που ανεβαίνει την προσήνεμη πλαγιά ενός όρους και αφού προκαλέσει βροχή κατεβαίνει την υπήνεμη πλαγιά. Αν η μάζα δεν εγκατέλειπε τους υδρατμούς της με μορφή βροχής, θα είχε την ίδια θερμοκρασία και υγρασία στο ίδιο ύψος προ και μετά το όρος. Γνωρίζουμε όμως ότι η υγροποίηση των υδρατμών αποδίδει θερμότητα και ότι η εξάτμιση των υδροσταγονιδίων απορροφά θερμότητα. Στην υπήνεμη πλευρά του όρους υπάρχουν λιγότερα υδροσταγονίδια για εξάτμιση λόγω πτώσεως της βροχής, άρα η ενέργεια εξατμίσεως των υδρατμών που έπεσαν σαν βροχή θα μείνει μέσα στην μάζα. Η μάζα στο



Σχ. 29. Άνεμος φέν.

ίδιο ύψος θα προκύψει θερμότερη και ξηρότερη. Μία τυπική περίπτωση του φαινομένου εικονίζεται στο σχ. 29.

Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ χαρακτηριστικό στις βόρειες πλευρές των Αλπεων όταν πνέουν νότιοι άνεμοι. Αυτοί προκαλούν βροχές στην Ιταλία, όσον ανεβαίνουν τις Άλπεις, στην δε Γερμανία, όπου κατεβαίνουν και πάλι, πνέει θερμός και ξηρός άνεμος που ονομάζεται Φέν (Föhn).

Άνεμος τύπου φέν εμφανίζεται και στην Ελλάδα όπως π.χ. στις δυτικές ακτές της Πελοποννήσου όταν πνέουν ΝΑ άνεμοι, στην δε Θεσσαλία, Ανατολική Βοιωτία και τον Μαλιακό κόλπο όταν πνέουν Δ και ΝΔ άνεμοι (ο θερμός και ξηρός Λίβας που καίει τα σπαρτά).

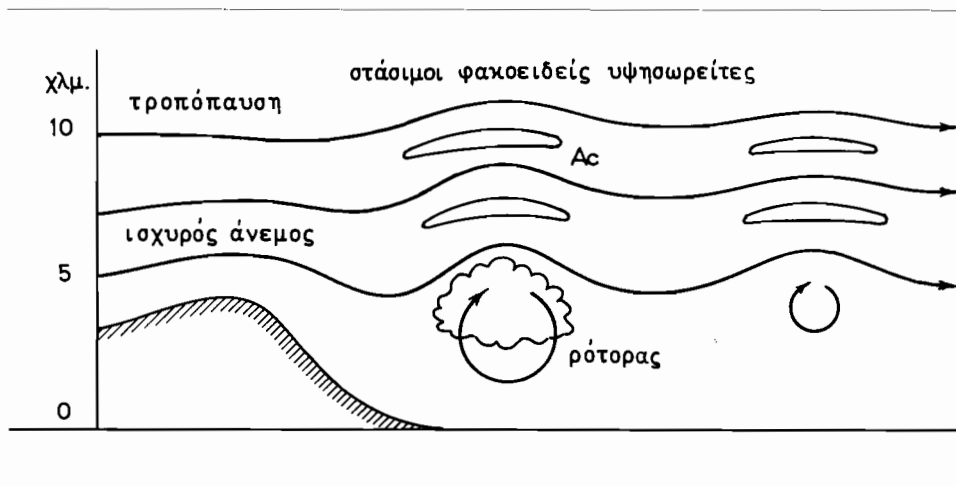
Κατ' επέκταση ονομάζουμε φέν παρόμοιο φαινόμενο χωρίς προσήνεμη βροχή. Αν ο προσήνεμος αέρας σταματήσει και δεν ανεβεί στο βουνό, θα κατολισθήσει στα υπήνεμα προς τα πεδινά αέρας από υψηλότερα στρώματα της ατμοσφαιρας. Αυτός στην κάθοδό του θα θερμανθεί αδιαβατικώς και αν είναι ξηρός θα αποκτήσει χαρακτηριστικά φέν.

ΚΥΜΑ ΟΡΟΥΣ

Ένα άλλο φαινόμενο που παρατηρείται στην υπήνεμη πλευρά των ορέων όταν πνέουν πολύ ισχυροί άνεμοι είναι το κύμα όρους.

Παρατηρώντας ένα ορμητικό ποταμό, που υπερπηδά ένα εμπόδιο στον βυθό του, βλέπουμε ότι μετά το εμπόδιο το ρεύμα δεν είναι ομαλό, αλλά παρατηρείται μία σειρά από κύματα. Ομοιο φαινόμενο παρατηρείται και στην ατμόσφαιρα όταν ισχυρός άνεμος υπερπηδά ένα όρος, τότε στην υπήνεμη πλευρά σχηματίζονται κύματα όπως εμφανίζονται στο σχ.30.

Κύματα όρους παρατηρούμε πολύ συχνά στην Ελλάδα. Η παρουσία τους προδίδεται στον ουρανό από στάσιμα νέφη τα οποία ονομάζονται φακοειδείς υψηλωρείτες, *altocumulus lenticularis*. Στα νέφη αυτά, όπως και στα ορογραφικά, τα υδροσταγονίδια του νέφους παράγονται στην



Σχ. 30. Κύμα όρους.

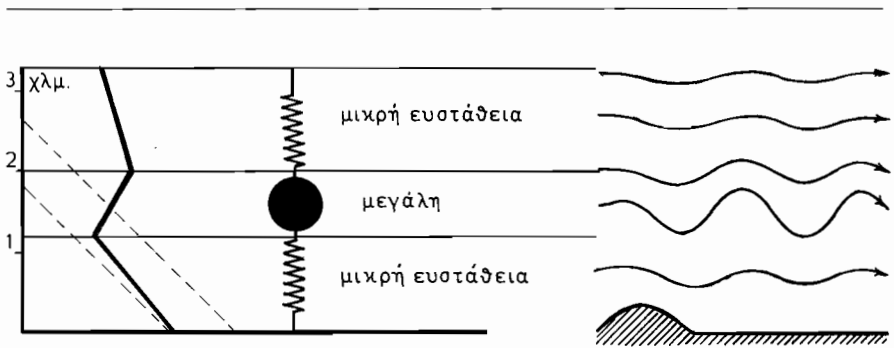
ανοδική περιοχή του κύματος και εξατμίζονται και πάλι στην καθοδική περιοχή. Έτσι, τα νέφη παίρνουν σχήμα φακού και παραμένουν στάσιμα στον ουρανό σε μεγάλα ύψη παρά τον πνέοντα ισχυρό άνεμο.

Σε χαμηλά ύψη, μετά το όρος σχηματίζονται συνήθως στρόβιλοι οι οποίοι είναι πολύ επικίνδυνοι για τα αεροπλάνα. Οι στρόβιλοι αυτοί συχνά προδίδονται από ένα ογκώδες νέφος το οποίο συνεχώς αλλάζει μορφή και ονομάζεται ρότορ.

Περισσότερα για το κύμα όρους

Το κύμα όρους για τους χειριστές αεροσκαφών μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα. Πρώτο τμήμα είναι η περιοχή του ρότορα με τις ισχυρότερες αναταράξεις. Αυτές οι αναταράξεις αφορούν τα αεροπλάνα και προβλέπονται από τους μετεωρολόγους σαν καταστροφικά φαινόμενα. Το δεύτερο τμήμα του κύματος είναι η στρωτή ροή πάνω από τον ρότορα, όπου δεν υπάρχει καμία ανατάραξη, αλλά μόνο ανοδικές και καθοδικές κινήσεις. Κατά την πτήση, η διάβαση από τον ρότορα στο κύμα είναι μία ξαφνική διάβαση από την κόλαση στον παράδεισο. Αυτός ο παράδεισος αφορά τα ανεμόπτερα που κερδίζουν ύψος στις ανοδικές περιοχές του κύματος. Το κύμα όρους μπορεί να επεκτείνεται μέσα στην στρατόσφαιρα όπου τα ανεμόπτερα έχουν φθάσει σε ύψη πάνω από 16.000 μ.

Για να σχηματιστεί κύμα όρους (mountain wave) πρέπει να πνέει ισχυρός άνεμος. Ο άνεμος αυτός πρέπει να πνέει μέχρι μεγάλο ύψος με την ίδια σχεδόν κατεύθυνση. Ακόμα, για να σχηματισθεί κύμα όρους χρειάζονται ειδικές συνθήκες ευστάθειας. Το κύμα σχηματίζεται καθώς ένα ευσταθές στρώμα ταλαντεύεται μεταξύ δύο ασταθεστέρων στρωμάτων. Η εικόνα της βαριάς σφαίρας που ταλα-



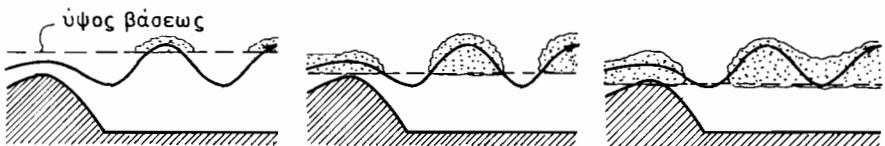
Σχ. 31. Για να σχηματισθεί κύμα όρους χρειάζονται ειδικές συνθήκες ευστάθειας.

ντεύεται ανάμεσα σε δύο ελατήρια (σχ.31) είναι χαρακτηριστική.

Η ατμόσφαιρα γενικώς είναι ευσταθής. Αν δοκιμάσουμε να κινήσουμε κατακορύφως μία μάζα αέρα, αυτή θα επιστρέψει στη θέση της. Και μάλιστα θα επιστρέψει με διαδοχικές ταλαντώσεις γύρω από την αρχική θέση. Η περίοδος αυτής της ταλαντώσεως είναι, για την τυπική ατμόσφαιρα, περί τα 10 λεπτά. Αν η μάζα κινείται με ταχύτητα 20 κόμβων προκύπτει ένα μήκος κύματος (από κορυφή σε κορυφή του κύματος) περί τα 6 χλμ. Σε ένα ισόθερμο στρώμα της ατμοσφαιρας η περίοδος είναι περί τα 5,6 λεπτά και, το μήκος κύματος (με τον ίδιο άνεμο) είναι 3,4 χλμ. Αυτό είναι το φυσικό μήκος κύματος ενός στρώματος. Η πραγματική ατμόσφαιρα αποτελείται από πολλά διαφορετικά στρώματα που αλληλοεπιδρούν.

Αυτά σημαίνουν ότι το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο για ισχυρότερο άνεμο και για μεγαλύτερη ευστάθεια. Αλλαγή στον άνεμο και την ευστάθεια μεταβάλλει το μήκος κύματος και την απόσταση του πρώτου κύματος από το όρος.

Το ύψος του κύματος (το εύρος της ταλαντώσεως) εξαρτάται από το ύψος και την μορφή του όρους. Αν το όρος έχει μορφή και



Σχ. 32. Νέφωση στο κύμα όρους.

μήκος ανάλογα με την φυσική ταλάντωση της ατμόσφαιρας, το κύμα θα έχει μεγάλο εύρος ταλαντώσεως.

Περισσότερες κορφές στην σειρά, δημιουργούν ενίσχυση ή απόσβεση του κύματος, αναλόγως της αποστάσεως τους και του μήκους κύματος. Το αποτέλεσμα είναι ότι κάθε ορεινός όγκος με κάθε κατεύθυνση και ένταση ανέμου και κάθε δομή της ατμοσφαιρας, δημιουργεί διαφορετικό κύμα όρους.

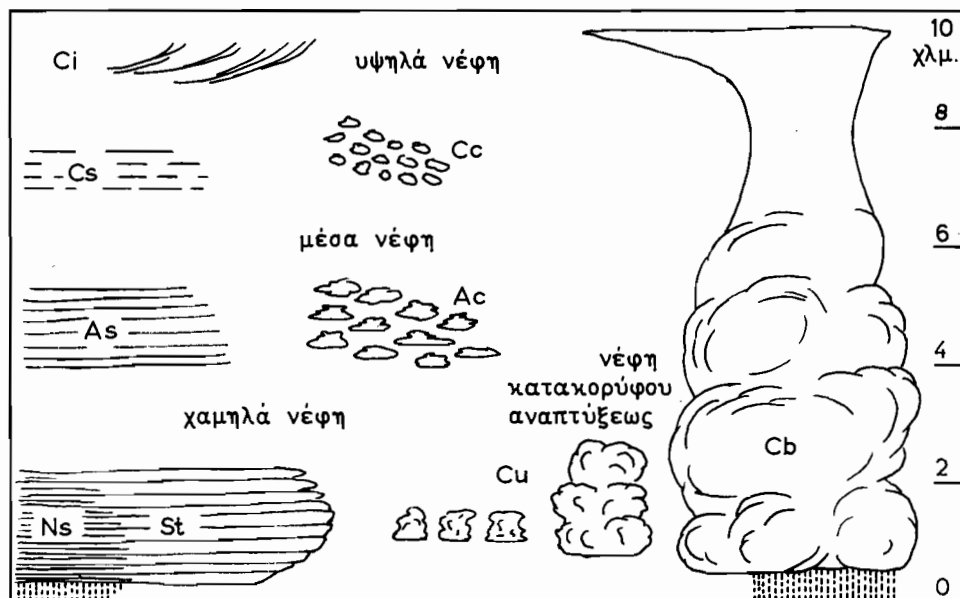
Η νέφωση στο κύμα όρους μπορεί να αποτελείται, από ένα ή περισσότερα *lenticularis* μέχρι πλήρης νεφοκάλυψη, όπως φαίνεται στο σχ.32. Στην τελευταία περίπτωση του σχήματος υπάρχει, μεταξύ του όρους και του πρώτου κύματος, ένα ανέφελο διάκενο (*foehn gap*). Αυτό άλλοτε ανοίγει και άλλοτε κλείνει, ανάλογα με την υγρασία των μαζών που φέρνει ο άνεμος πάνω από το όρος.

Εκτός από τα όρη, κύματα στην ατμόσφαιρα μπορεί να δημιουργηθούν και από άλλες διαταραχές της ροής. Τα ισχυρότατα ανοδικά των μεγάλων *Cu* και *Cb* δρουν συχνά σαν εμπόδια που δημιουργούν κύματα εκμεταλλεύσιμα από τα ανεμόπτερα.

ΕΙΔΗ ΝΕΦΩΝ

Τα νέφη χωρίζονται, αναλόγως του ύψους στο οποίο βρίσκονται σε χαμηλά, μέσα και ανώτερα. Επίσης αναλόγως του σχήματός τους είναι σωρειτόμορφα ή στρωματόμορφα. Στον ακόλουθο πίνακα σημειώνονται τα είδη των νεφών με τις διεθνείς ονομασίες τους και τα σύμβολά τους. Στο σχ.33 εμφανίζονται αντιπροσωπευτικές μορφές των νεφών.

Υψηλά νέφη (ύψος 6 - 10.000 μ.)		
Θύσανοι	Cirrus	Ci
Θυσανοσωρείτες	Cirrocumulus	Cc
Θυσανοστρώματα	Cirrostratus	Cs
Μέσα νέφη (ύψος 2 - 6.000 μ.)		
Υψησωρείτες	Alto cumulus	Ac
Υψηστρώματα	Altostratus	As
Χαμηλά νέφη (ύψος 0 - 2.000 μ.)		
Στρώματα	Stratus	St
Στρωματομελανίες	Nimbostratus	Ns
Νέφη κατακόρυφης αναπτύξεως		
Σωρείτες	Cumulus	Cu
Σωρειτομελανίες	Cumulonimbus	Cb



Σχ. 33. Είδη νεφών.

Τα νέφη επί πλέον των βασικών αυτών ονομασιών τους, φέρουν συχνά παρώνυμα αναλόγως του σχήματος ή της προελεύσεώς τους, όπως π.χ. φακοειδείς υψησωρείτες ή σωρείτες καλοκαιρίας. Επίσης τα νέφη, κυρίως δε τα στρωματόμορφα δεν παρουσιάζονται συνήθως μεμονωμένα, αλλά σαν νεφικά συστήματα, τα οποία θα μας απασχολήσουν στο δεύτερο μέρος του βιβλίου.

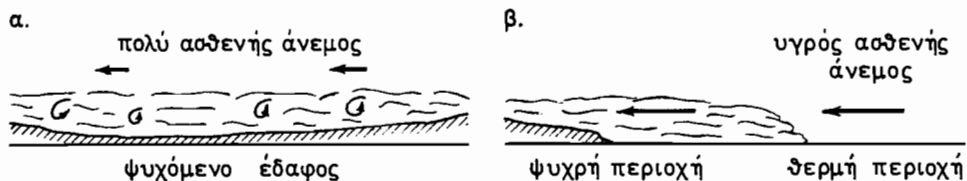
ΟΜΙΧΛΗ

Η ομίχλη είναι ένας ειδικός τύπος νέφους που παράγεται κοντά στο έδαφος. Η ομίχλη (fog) περιορίζει την ορατότητα κάτω των 1.000 μέτρων. Όταν η ορατότης είναι μεταξύ 1.000 και 2.000 μέτρων λέμε ότι επικρατεί αχλύς (haze). Η ομίχλη μπορεί να παραχθεί με ποικίλους τρόπους, κυριότεροι από τους οποίους είναι η ακτινοβολία και η μεταφορά.

Ομίχλη ακτινοβολίας

Η ομίχλη ακτινοβολίας (radiation fog) είναι συνηθέστατο πρωινό φαινόμενο στις πεδιάδες και τας κοιλάδες. Αυτή σχηματίζεται κατά τη νύκτα, όσο η θερμοκρασία του εδάφους συνεχίζει να πέφτει.

Αν επικρατεί πολύ ασθενής άνεμος, τότε ένα λεπτό στρώμα αέρα έρχεται διαδοχικώς σε επαφή με το έδαφος και ψύχεται από αυτό, όπως εικονίζεται στο σχ.34α. Αν η θερμοκρασία της μάζας κατέλθει κάτω του



Σχ. 34. Ομίχλη, α. ακτινοβολίας, β. μεταφοράς.

σημείου κορεσμού, δημιουργούνται υδροσταγονίδια (νέφος). Το νέφος αυτό είναι η ομίχλη.

Αν επικρατεί πλήρης νηνεμία, ο αέρας που έρχεται σε επαφή με το έδαφος δεν ανανεώνεται. Τότε εμφανίζεται απλώς δρόσος (dew) πάνω στο έδαφος, χωρίς να σχηματισθεί ομίχλη. Αν αντιθέτως υπάρχει ισχυρός άνεμος, λόγω της μίξεως, η θερμοκρασία του κατώτατου στρώματος δεν πέφτει αρκετά ώστε να σχηματισθεί ομίχλη. Για τον ίδιο λόγο δεν σχηματίζεται ομίχλη με αστάθεια.

Αν η θερμοκρασία είναι κάτω του μηδενός, αντί για τις αναφερθείσες σταγόνες της δρόσου, σχηματίζονται πάνω στο έδαφος και τα φυτά οι παγοκρύσταλλοι της πάχνης (hoar frost).

Ομίχλη μεταφοράς

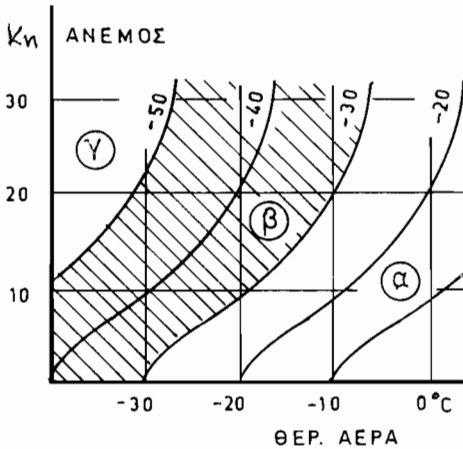
Ομίχλη μεταφοράς (advection fog) δημιουργείται όταν μία υγρή μάζα αέρα έρθει, με ασθενή άνεμο, υπεράνω μίας ψυχρής περιοχής. Τότε η μάζα ψύχεται εκ των κάτω και δημιουργεί ομίχλη όπως στο σχ.34β. Εκτεταμένες ομίχλες μεταφοράς δημιουργούνται στους ωκεανούς όταν υγρός αέρας από μία θερμή περιοχή της θάλασσας μεταφερθεί πάνω από ένα ψυχρό θαλάσσιο ρεύμα.

Στην Ελλάδα, ομίχλες μεταφοράς είναι συχνές στα παράλια της Μακεδονίας και Θράκης, όταν τον χειμώνα πνέουν ασθενείς Ν άνεμοι που μεταφέρουν υγρές μάζες από το Αιγαίο πάνω στην ψυχρή ξηρά. Το αεροδρόμιο της Θεσσαλονίκης αχρηστεύεται συχνά από τέτοιες ομίχλες.

Ομίχλη εξατμίσεως

Η ομίχλη εξατμίσεως (sea smoke) σχηματίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας όταν ο αέρας είναι πολύ ψυχρός. Η εξάτμιση του θερμότερου θαλασσινού νερού δίνει μεγάλες ποσότητες υδρατμών που συμπυκνώνονται γρήγορα στον ψυχρό αέρα. Στην χώρα μας είναι ένα πολύ ωραίο χειμερινό θέαμα κατά το οποίο η ομίχλη αναδύεται από την θάλασσα και δημιουργεί περιοχές χαμηλής ορατότητας αλλά μικρού πάχους.

ΟΤΑΝ Η ΔΙΑΣΚΕΛΑΣΗ ΑΙΤΤΖΕΙ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΒΙΩΣΕΩΣ

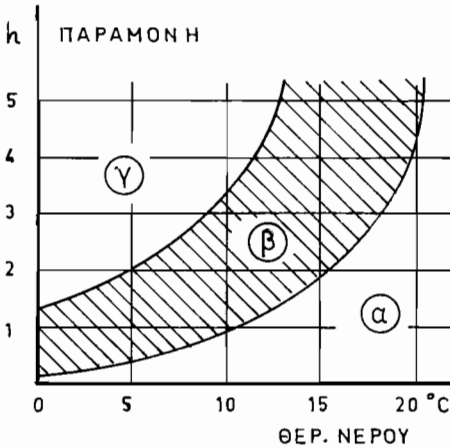


Ψυχρός αέρας

Επίδραση της θερμοκρασίας συναρτήσει της ταχύτητας του ανέμου (σε συνθήκες ορειβασίας).

- α) Περιοχή ανεκτή
- β) Επιβίωση προβληματική
- γ) Μεγάλος κίνδυνος

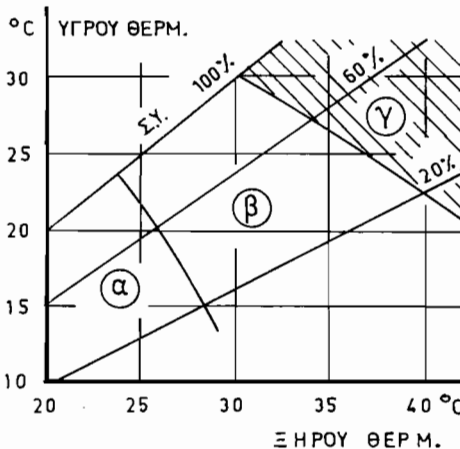
π.χ. Σε θερμοκρασία 0 C άνεμος 20 κόμβων δίνει αισθητό ψύχος -20 C.



Ψυχρό νερό

Επίδραση της θερμοκρασίας συναρτήσει της διάρκειας παραμονής στο νερό (σε συνθήκες ναυαγίου).

- α) Περιοχή ανεκτή
- β) Επιβίωση προβληματική
- γ) Επιβίωση σχεδόν αδύνατη



Θερμός αέρας

Επίδραση θερμού αέρα συναρτήσει της υγρασίας.

- α) Περιοχή ανέσεως
- β) Περιοχή δυσφορίας
- γ) Περιοχή εμφανίσεως θερμοπληξίας

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Στο πρώτο μέρος εξετάσαμε τα μετεωρολογικά φαινόμενα όπως μπορούμε να τα παρακολουθήσουμε με παρατηρήσεις σε ένα ορισμένο τόπο. Όμως, τα μετεωρολογικά φαινόμενα ενός τόπου επηρεάζονται άμεσα από τα φαινόμενα των γειτονικών τόπων και από γενικότερες μεταβολές ολόκληρης της ατμοσφαιράς. Με την εφεύρεση του τηλεγράφου οι μετεωρολόγοι μπόρεσαν για πρώτη φορά να εναλλάσσουν γρήγορα ταυτόχρονες παρατηρήσεις διαφόρων περιοχών. Οι ταυτόχρονες αυτές παρατηρήσεις ονομάστηκαν συνοπτικές γιατί συνέβλεπαν τον καιρό. Από τις παρατηρήσεις αυτές συνετάγησαν οι πρώτοι συνοπτικοί χάρτες καιρού, οι οποίοι εικονίζουν την μετεωρολογική κατάσταση σε μία εκτεταμένη περιοχή για μία ορισμένη χρονική στιγμή. Σήμερα συντάσσονται συνοπτικοί χάρτες ολόκληρης της γης από παρατηρήσεις επιγείων σταθμών, πλοίων, αεροπλάνων και μετεωρολογικών δορυφόρων.

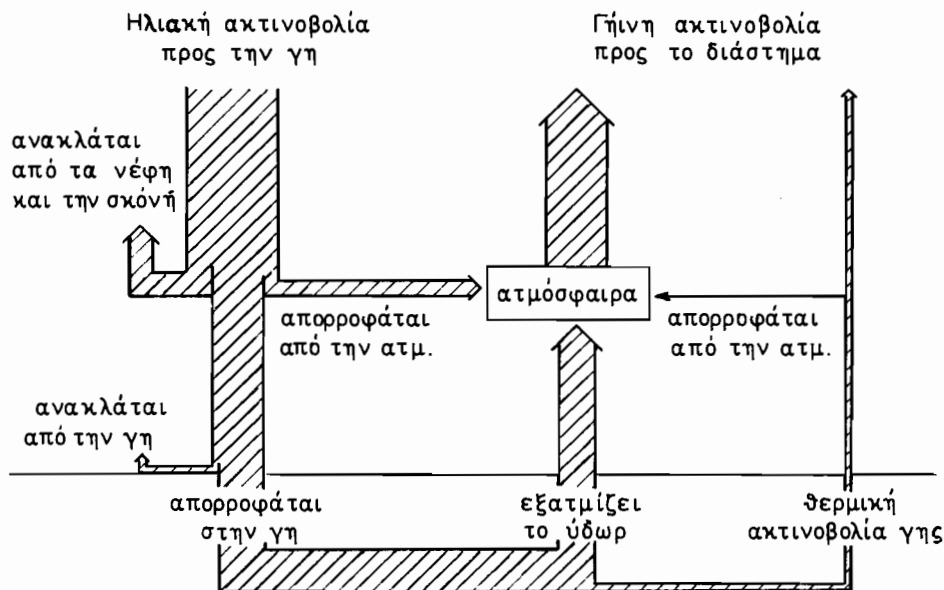
Στο δεύτερο μέρος θα εξετάσουμε την κίνηση ολόκληρης της ατμοσφαιράς και θα δούμε ειδικότερα, πως ο καιρός της Ελλάδας επηρεάζεται από την γενική κυκλοφορία.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στον πλανήτη μας σχ.35, ένα μέρος μόνο απορροφάται από την ατμόσφαιρα και την γη, γιατί μεγάλο μέρος ανακλάται από τα νέφη, τη σκόνη και την επιφάνεια της γης. Το ποσοστό της ανακλώμενης ενέργειας (albedo) εξαρτάται από το είδος και το χρώμα του υλικού πάνω στο οποίο προσπίπτει η ακτινοβολία. Τα νέφη, λόγω του λευκού χρώματός τους, ανακλούν μεγάλο ποσοστό ενέργειας, ακόμα δε περισσότερο το χιόνι. Αντιθέτως, σκούρο υγρό έδαφος κατακρατά μεγάλη ποσότητα θερμότητας, ακόμη δε περισσότερη ο σκούρος ωκεανός.

Από την ακτινοβολία που απορροφάται από το έδαφος προκύπτει η θέρμανση της επιφάνειας. Η θέρμανση της επιφάνειας είναι διαφορετική αν αυτή καλύπτεται από βλάστηση ή όχι. Επίσης, όπως είδαμε, μεγάλη είναι η διαφορά θερμάνσεως μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Επειδή όμως το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της γης καλύπτεται από ωκεανούς, η μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από την θάλασσα και καταναλώνεται για την εξάτμιση νερού.

Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, που είναι κυρίως σε φωτεινό φάσμα, μετατρέπεται τελικώς σε θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται στο διάστημα σε θερμικό φάσμα. Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι ίση με την



Σχ. 35. Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην γη ακολουθεί διάφορους δρόμους και αποδίδεται και πάλι στο διάστημα.

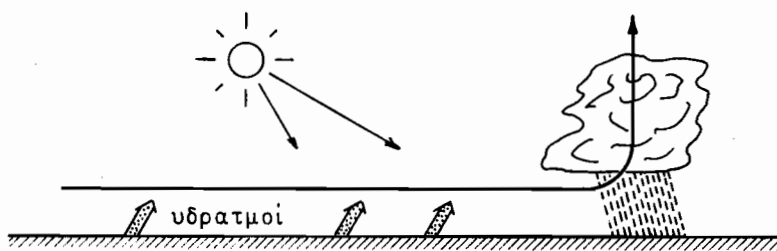
προσπίπτουσα και έτσι η ατμόσφαιρα διατηρεί σταθερή μέση θερμοκρασία.

Όπως ήδη ανεφέρθη, η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία ανομοιομόρφως. Ο Ισημερινός θερμαίνεται περισσότερο από τους πόλους. Το ημισφαίριο που έχει καλοκαίρι, θερμαίνεται περισσότερο από εκείνο που έχει χειμώνα. Η ανομοιομορφία θερμάνσεως της γης είναι πολύ μεγάλη. Μεγάλη είναι επίσης και η ανομοιομορφία κατά την οποία η γη ψύχεται. Η ανομοιομορφία αυτή της θερμικής ενέργειας πάνω στην γη είναι η αιτία η οποία προκαλεί την κυκλοφορία της ατμοσφαιρας. Με την κυκλοφορία μεταφέρεται συνεχώς ενέργεια από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες περιοχές.

Μεταφορά ενέργειας

Πρέπει να τονισθεί ότι η ενέργεια δεν μεταφέρεται μόνον με μορφή θερμού ή ψυχρού αέρα. Η κινητική ενέργεια του ανέμου είναι και αυτή μία μορφή μεταφοράς. Πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας μεταφέρονται με τους υδρατμούς.

Στο σχ.36 εικονίζεται μία έκταση θάλασσας ή υγρού εδάφους. Η προσπίπτουσα θερμική ενέργεια του ηλίου εξατμίζει το νερό. Ο αέρας παραλαμβάνει τους παραγόμενους υδρατμούς και την θερμότητα εξατμίσεως που περιέχουν και, διατηρεί χαμηλή την θερμοκρασία της περιοχής. Ο άνε-



Σχ. 36. Μεταφορά θερμικής ενέργειας.

μος μεταφέρει τους υδρατμούς σε μεγάλες αποστάσεις, αυτοί δε όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες, σχηματίζουν νέφη κατακόρυφης αναπτύξεως. Σε αυτά, καθώς είδαμε, η περιεχόμενη στους υδρατμούς ενέργεια γίνεται κινητική ενέργεια του ανοδικού ρεύματος. Αυτή ανεβάζει τις μάζες του αέρα σε μεγάλα ύψη, όπου ψύχονται περαιτέρω με θερμική ακτινοβολία προς το διάστημα.

Ενας ακόμα τρόπος μεταφοράς ενέργειας είναι με τα θαλασσιά ρεύματα τα οποία μεταφέρουν συνεχώς θερμές μάζες νερού σε ψυχρές περιοχές και αντιθέτως.

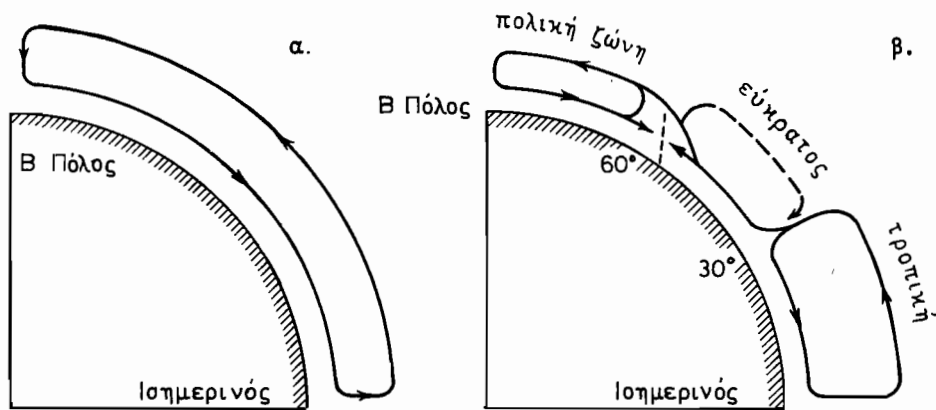
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Βάσει των ανωτέρω, η κυκλοφορία της ατμοσφαιρας θα ήταν όπως στο σχ.37α. Ο θερμός αέρας του Ισημερινού θα ανέβαινε και πολικός άνεμος θα έψυχε τον Ισημερινό. Όμως, η περιστροφή της γης η οποία ήδη μας απασχόλησε στα περί ανέμου, εκτρέπει τον άνεμο και δεν επιτρέπει την απλή αυτή κυκλοφορία.

Η πραγματική κυκλοφορία μπορεί περίπου να απεικονισθεί όπως στο σχ.37β. Παρατηρούμε τρεις ζώνες, την πολική, την εύκρατη, και την τροπική, τις οποίες θα εξετάσουμε αναλυτικώς.

Πρέπει βεβαίως να τονισθεί ότι το σχήμα μας αποτελεί και αυτό απλοποίηση της πραγματικότητας. Πρώτη περιπλοκή είναι ότι το σχήμα ανταποκρίνεται μόνον στην περίπτωση των Ισημερινών (23 Σεπτεμβρίου, 21 Μαρτίου) όταν ο ήλιος βρίσκεται πάνω από τον Ισημερινό. Το θέρος, ο ήλιος ανεβαίνει περί τις 23 μοίρες βορειότερα από τον Ισημερινό και είναι λογικό οι ζώνες να μεταφέρονται βορειότερα. Τον χειμώνα αντιθέτως, ο ήλιος κατεβαίνει προς το νότιο ημισφαίριο και οι ζώνες μετατοπίζονται νοτιότερα.

Άλλη περιπλοκή είναι η ανομοιομορφία θερμάνσεως και ψύξεως μεταξύ ξηράς και θάλασσας, για την οποία μιλήσαμε επανειλημμένως. Ειδικώς στο βόρειο ημισφαίριο που καλύπτεται από εκτεταμένες ηπείρους παρατηρείται, αναλόγως του τρόπου θερμάνσεως της επιφάνειας της γης, η δημιουργία εκτεταμένων αερίων μαζών, θερμών ή ψυχρών, ξηρών ή υγρών, οι



Σχ. 37. Κυκλοφορία της ατμοσφαιρας, α. ιδανική, β. πραγματική.

οποίες επηρεάζουν την κυκλοφορία της ατμοσφαιρας.

Μία ακόμη περιπλοκή δημιουργεί το ανάγλυφο του εδάφους. Οι μεγάλες οροσειρές εκτρέπουν τους ανέμους και προκαλούν σημαντικές διαταραχές στην κυκλοφορία. Πρέπει να τονισθεί ότι το αέριο ποτάμι που ρέει γύρω από την γη, είναι πάρα πολύ ρηχό. Αν βλέποντας τον χάρτη, σηκώσουμε το μήκος της διώρυγας της Κορίνθου κατακόρυφα, θα έχουμε ήδη περιλάβει κάτω μας την μισή ποσότητα του αέρα που μας περιβάλλει.

Ας εξετάσουμε όμως αναλυτικότερα τις τρεις βασικές μετεωρολογικές ζώνες της γης.

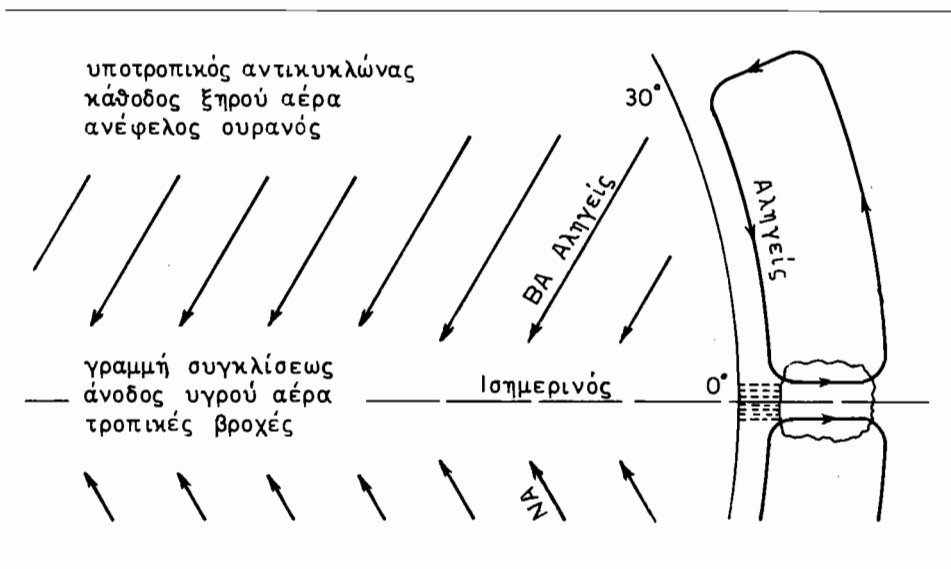
ΤΡΟΠΙΚΗ ΖΩΝΗ

Η κυκλοφορία της τροπικής ζώνης είναι πολύ απλή και θυμίζει την κυκλοφορία του σχ.37α.

Οι άνεμοι όπως εικονίζεται στο σχ.38 πνέουν σταθεροί ήπιοι, από ΒΑ κατεύθυνση στο βόρειο ημισφαίριο και από ΝΑ στο νότιο. Οι άνεμοι αυτοί ονομάζονται αληγείς (trade winds). Το γιατί δεν είναι βόρειοι, αλλά ΒΑ άνεμοι επεξηγείται στα επόμενα και, οφείλεται στην περιστροφή της γης.

Στην συνάντηση των ΒΑ και ΝΑ αληγών έχουμε την γραμμή συγκλίσεως, όπου ο θερμός, υγρός αέρας ανέρχεται και δημιουργεί τις έντονες τροπικές βροχές. Στην περιοχή ταύτη αναπτύσσονται τα πυκνά, υγρά, τροπικά δάση του Ισημερινού όπως του Κογκό και του Αμαζονίου. Η γραμμή συγκλίσεως μετατοπίζεται το θέρος προς βορράν και τον χειμώνα προς νότο ακολουθώντας τον ήλιο.

Στην άλλη άκρη της τροπικής ζώνης κατέρχεται ξηρός αέρας και παρατηρείται μία περιοχή υψηλών πιέσεων από όπου ξεκινούν οι αληγείς προς τις χαμηλές πιέσεις του Ισημερινού. Η περιοχή αυτή υψηλών πιέσεων (υ-



Σχ. 38. Κυκλοφορία στην τροπική ζώνη.

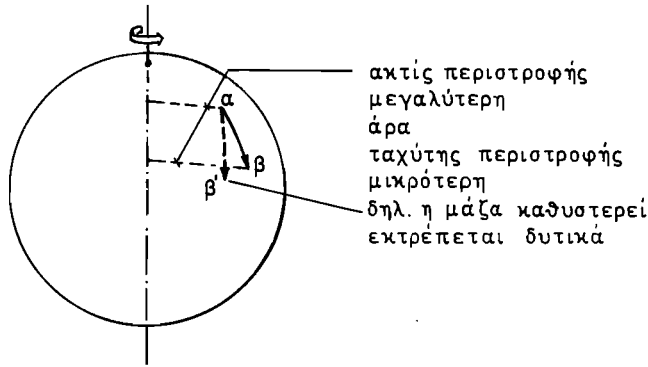
ποτροπικοί αντικυκλώνες) είναι, λόγω του κατερχομένου ξηρού αέρα, ανέφελος και άνομβρος. Γι'αυτό δημιουργούνται εκεί μεγάλες έρημοι όπως της Σαχάρας, της Αραβίας και του Μεξικού.

Γιατί οι αληγείς είναι ΒΑ άνεμοι

Μία απλή εξήγηση του γιατί οι αληγείς δεν κατευθύνονται καθέτως προς τον Ισημερινό βασίζεται στο εξής πείραμα. Καθόμαστε σε ένα περιστρεφόμενο κάθισμα κρατώντας στα ανοικτά μας χέρια από ένα βαρύ βιβλίο. Εάν ενώ περιστρεφόμαστε φέρουμε τα βιβλία προς το σώμα μας, θα παρατηρήσουμε ότι η ταχύτης περιστροφής αυξάνεται σημαντικά.

Αυτό γίνεται γιατί η ίδια ενέργεια περιστροφής πρέπει να υπάρχει και με μικρότερη ακτίνα περιστροφής του βάρους από τον άξονα περιστροφής. Οι χορεύτριες μπαλέτου αποκτούν ταχεία περιστροφή με τον ίδιο τρόπο φέρνοντας τα ανοικτά χέρια τους γρήγορα προς το σώμα τους ενώ περιστρέφονται.

Το ίδιο φαινόμενο συμβαίνει και στην γη, η οποία περιστρέφεται προς ανατολάς. Αν μία μάζα αέρα κινηθεί από βορειότερα πλάτη προς τον Ισημερινό, η απόστασή της από τον άξονα περιστροφής της γης θα μεγαλώσει (σχ.39). Άρα η ταχύτης περιστροφής της μάζας θα ελαττωθεί και αυτή θα βρεθεί τελικώς δυτικότερα πάνω στην γη. Οι αληγείς κατευθυνόμενοι προς τον Ισημερινό από βορειότερα πλάτη εκτρέπονται προς δυσμάς άρα είναι άνεμοι ΒΑ.

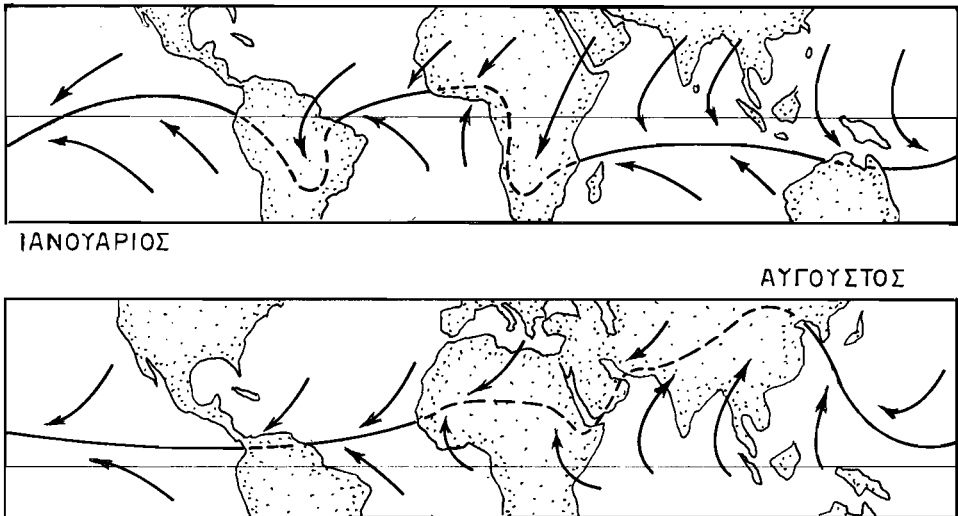


Σχ. 39. Γιατί οι αληγείς είναι ΒΑ άνεμοι.

Η γραμμή συγκλίσεως

Η γραμμή συγκλίσεως (intertropical convergence) με τις τροπικές βροχές της, δεν μένει πάνω στον Ισημερινό αλλά ακολουθεί την κίνηση του ήλιου αναλόγως των εποχών του έτους. Η γραμμή δεν κινείται πολύ στους ωκεανούς που έχουν μικρότερες διακυμάνσεις θερμοκρασίας. Στις ηπείρους όμως κινείται σε αρκετά μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.

Στο σχ.40 εικονίζονται οι ακραίες θέσεις της γραμμής συγκλίσεως τον



Σχ. 40. Η γραμμή συγκλίσεως μεταναστεύει αναλόγως των εποχών του έτους.

χειμώνα και το θέρος κάθε ημισφαιρίου, καθώς και οι επικρατούντες άνεμοι. Στην Ασία βλέπουμε την γραμμή το θέρος να βρίσκεται βορειώς των Ινδιών και αυτό επεξηγεί με άλλο τρόπο τους μουσώνες.

Όπου περνάει η γραμμή συγκλίσεως προκαλεί τροπικές βροχές. Έτσι οι περιοχές του Ισημερινού έχουν δύο περιόδους βροχών, καθώς η γραμμή συγκλίσεως περνάει άλλοτε προς βορράν και άλλοτε προς νότο. Στα ακραία σημεία της μετακινήσεώς της, όπως είναι η ζώνη του Σαχέλ της νότιας Σαχάρας (από τον Ατλαντικό μέχρι την Αιθιοπία), η γραμμή συγκλίσεως άλλο χρόνο φθάνει και άλλο όχι. Αν δεν φθάσει επί διαδοχικά χρόνια έχουμε εκεί πείνα και εξαθλίωση, καθώς η Σαχάρα επεκτείνεται εις βάρος της καλλιεργούμενης γης.

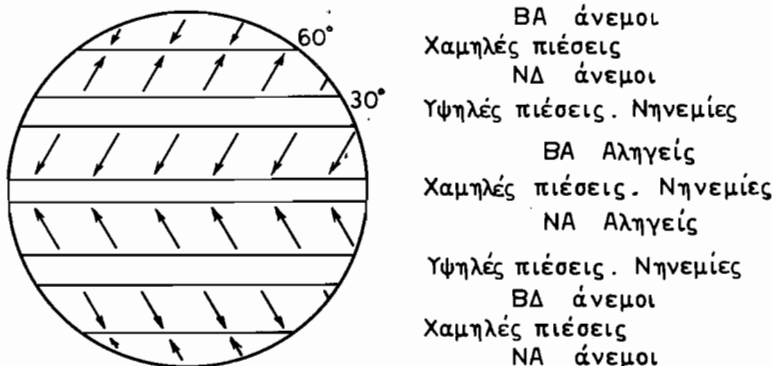
ΠΟΛΙΚΗ ΖΩΝΗ

Η κυκλοφορία της πολικής ζώνης όπως φαίνεται στο σχ.37β μοιάζει και αυτή στην κυκλοφορία του σχ.37α. Στους πόλους επικρατούν καθοδικές κινήσεις και οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες. Οι άνεμοι στην πολική ζώνη πνέουν, όπως στην τροπική, από ΒΑ κατευθύνσεις. Η κυκλοφορία όμως αυτή δεν είναι τόσο χαρακτηριστική όσο στην τροπική ζώνη.

Για εμάς το κύριο ενδιαφέρον της πολικής ζώνης είναι ότι μεγάλες μάζες ψυχρού πολικού αέρα κινούνται προς την εύκρατη ζώνη και επηρεάζουν την κυκλοφορία της. Με τις επιδράσεις αυτές θα ασχοληθούμε αναλυτικότερα εξετάζοντας την μετεωρολογία της εύκρατης ζώνης, όπου βρίσκεται και η Ευρώπη.

ΕΥΚΡΑΤΗ ΖΩΝΗ

Ας αρχίσουμε την εξέταση της εύκρατης ζώνης από την απλουστευμένη μορφή, όπως εικονίζεται στο σχ.37β.



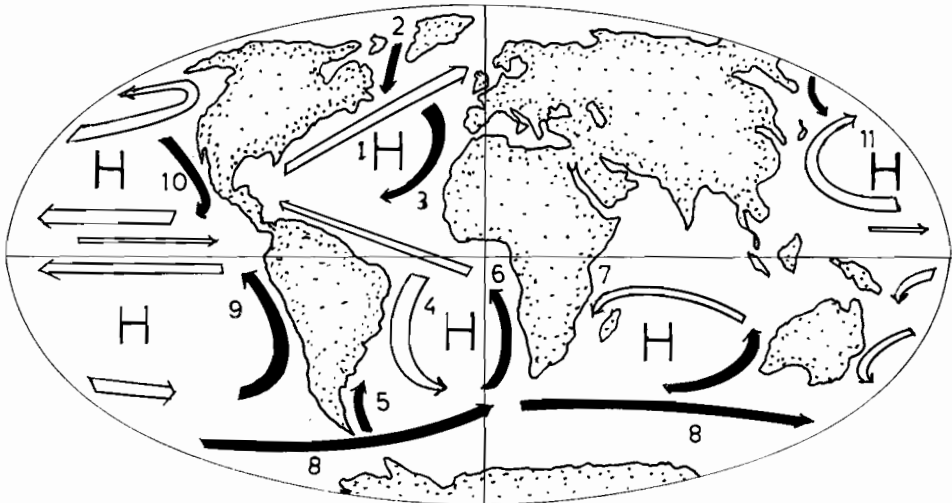
Σχ. 41. Επικρατούντες άνεμοι σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη.

Παρατηρούμε ότι ο άνεμος στην επιφάνεια της γης διευθύνεται προς βορράν. Δεδομένου δε ότι η προς βορράν κίνηση μεταφέρει τον αέρα προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, ο αέρας εκτρέπεται προς ανατολάς, αντιθέτως των αληγών. Αρα στα μέσα πλάτη η επικρατούσα κυκλοφορία είναι εκ δυσμών προς ανατολάς. Ειδικώς στους ωκεανούς, όπου δεν υπάρχουν τοπικές επιδράσεις, οι Δ άνεμοι είναι χαρακτηριστικοί και ονομάζονται westerlies (δυτικοί επικρατούντες).

Την εκ δυσμών προέλευση των μετεωρολογικών φαινομένων στα μέσα πλάτη, γνωρίζουν καλά οι ναυτικοί και οι βοσκοί που προβλέπουν τον καιρό παρατηρώντας πάντα προς την Δύση. Στο σχ.41 εμφανίζεται η γη, με τους επικρατούντες ανέμους επιφανείας όπως προκύπτουν από την γενική απλοποιημένη κυκλοφορία.

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Ανάλογη κίνηση με το αέριο ποτάμι που περιβάλλει την γη, κάνει και το υγρό ποτάμι που την περιβάλλει. Οι ήπειροι όμως που παρεμβάλλονται στο θαλάσσιο ποτάμι, διαχωρίζουν την κυκλοφορία σε περισσότερες κυψέλες οι οποίες στρέφονται αντικυκλωνικώς. Στο σχ. 42 εικονίζονται τα θαλάσσια ρεύματα στους ωκεανούς της γης.



Σχ. 42. Θαλάσσια ρεύματα, 1. Κόλπου, 2. Λαμπραντόρ, 3. Καναρίων, 4. Βραζιλίας, 5. Φώκλαντ, 6. Αγκόλας, 7. Μοζαμβίκης, 8. Περιπολικό, 9. Περού, 10. Καλιφόρνιας, 11. Κουροσιβο.

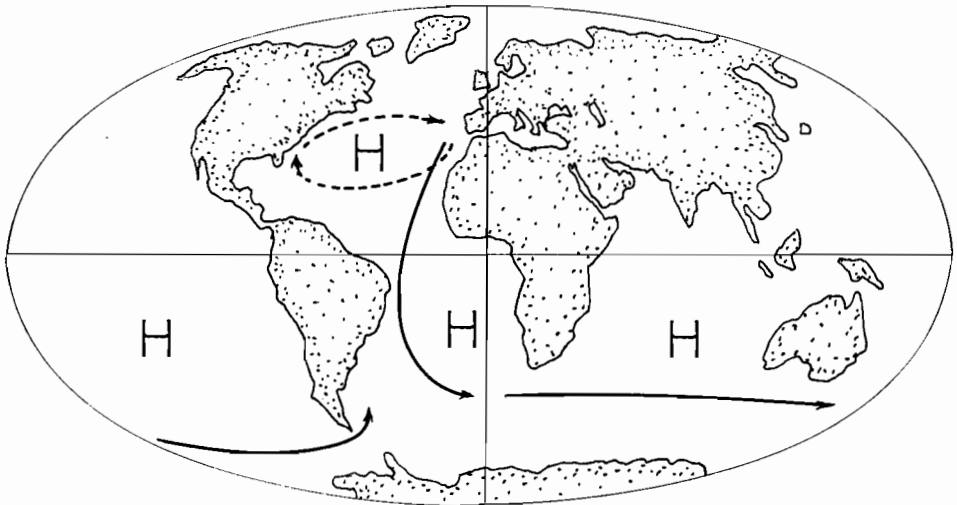
Περίπλους τις γης με πανιά

Τα ταξίδια της ιστιοφόρου εμπορικής ναυτιλίας των περασμένων αιώνων, αλλά και των συγχρόνων ιστιοπλόων γύρω από την γη, ακολουθούν συνήθως καθορισμένα δρομολόγια. Αυτά υπαγορεύονται από τους επικρατούντες ανέμους.

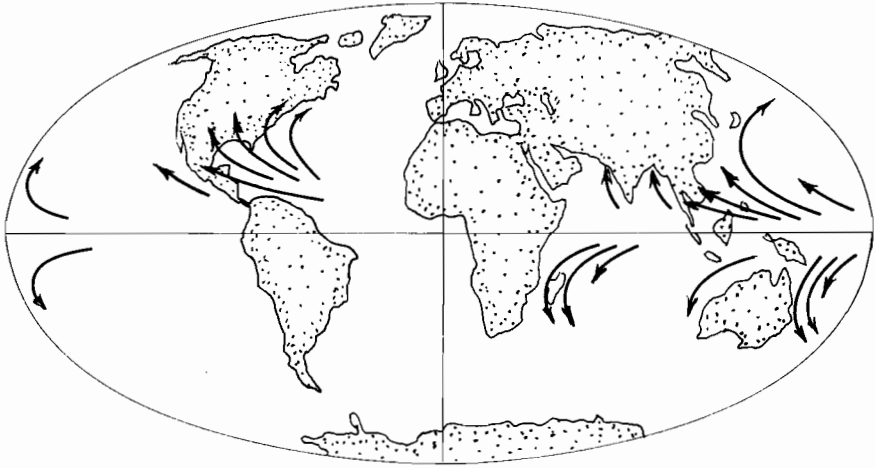
Στο σχ.43 εικονίζεται η κλασική διαδρομή Ευρώπη-Αυστραλία-Ευρώπη. Κατεβαίνοντας από την Ευρώπη στην Αφρική και φθάνοντας στον Ισημερινό, τα καράβια γύριζαν προς την Ν.Αμερική και περνούσαν με δυσκολία την γραμμή συγκλίσεως με τις άπνοιες (doldrums), τις τροπικές καταιγίδες και τα μπουρίνια τους.

Στο νότιο ημισφαίριο με ευνοϊκό άνεμο, ακολουθούσαν τις ακτές την Ν.Αμερικής μέχρις ότου συναντήσουν τους δυτικούς επικρατούντες ανέμους του νοτίου ημισφαιρίου. Αυτοί οι άνεμοι στο νότιο ημισφαίριο είναι ιδιαίτερος σφοδροί γιατί στο νότιο ημισφαίριο δεν παρεμβάλλονται ορεινοί όγκοι όπως στο βόρειο. Από το νότιο πλάτος 40 μοιρών (roaring forties) και νοτιότερα γίνονται συνεχώς δριμύτεροι. Με τους ανέμους αυτούς τα σκάφη έφθαναν στην Αυστραλία. Από εκεί με τον ίδιο τρόπο συνέχιζαν μέχρι το ακρωτήριο Χόρν, για να γυρίσουν πίσω στην Ευρώπη.

Είναι ευνόητο ότι ένα από τα σκληρότερα περάσματα της γης ήταν η διάβαση του ακρωτηρίου Χόρν από τον Ατλαντικό προς τον Ειρηνικό, αντίθετα προς τους παγωμένους δυτικούς επικρατούντες.



Σχ. 43. Περίπλους της γης.



Σχ. 44. Περιοχές τροπικών κυκλώνων.

Στο ίδιο σχήμα με διακεκομμένη γραμμή εικονίζεται η διαδρομή από την Μεσόγειο προς την Αμερική και πίσω. Η διαδρομή από τις Καναρίους στην Καραϊβική γίνεται στην ζώνη των αληγών με τον άνεμο συνεχώς πρύμα.

Μετεωρολογικές επιτυχίες και ατυχίες

Τα ιστιοφόρα πλοία των πρώτων αποίκων που πήγαιναν στην Μπατάβια (σημερινή Τζακάρτα) μετά το ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας συνέχιζαν ανατολικά στον ανοικτό ωκεανό με ευνοϊκούς ανέμους και, μετά από αρκετή απόσταση, έστρεφαν βορείως προς τον προορισμό τους. Κάποιος έκανε λάθος και πήγε μακρύτερα όπου βρήκε ένα νησί με πολύ μεγάλα ποντίκια, την Αυστραλία με τα καγκουρό της.

Ο Μαγγελάνος, περνώντας κάτω από την Αμερική προς τον Ειρηνικό, γύρισε αμέσως βορειότερα για να αποφύγει το δυτικό ρεύμα και να βρεθεί στους ευνοϊκούς αληγείς της τροπικής ζώνης. Έτσι, διέσχισε όλο τον ωκεανό μέχρι τις Φιλιππίνες χωρίς να συναντήσει ούτε ένα από τα χιλιάδες ειδυλλιακά νησιά του νότιου Ειρηνικού.

Τροπικοί κυκλώνες

Οι τροπικοί κυκλώνες (tropical storms) ονομάζονται hurricanes στον Ατλαντικό και typhoons (τυφώνες) στον Ειρηνικό ωκεανό. Το

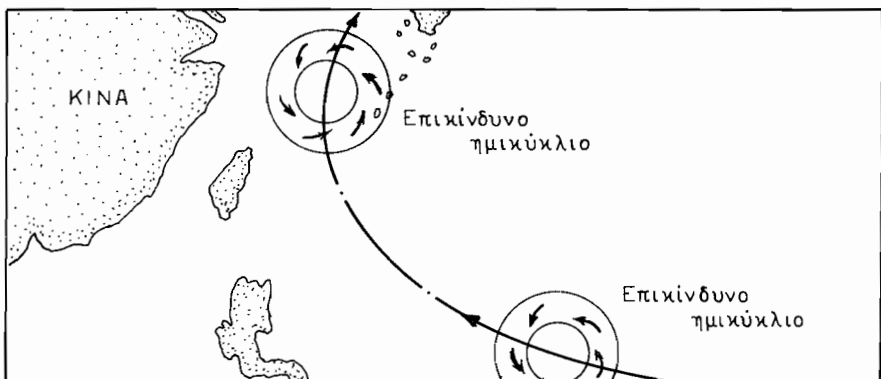
σχ.44 εικονίζει τις περιοχές που επηρεάζουν οι κυκλώνες καθώς και τις συνήθειες τροχιές τους. Ο Νότιος Ατλαντικός δεν έχει τροπικούς κυκλώνες.

Οι τροπικοί κυκλώνες δημιουργούνται στην τροπική ζώνη σε περιοχές όπου η θάλασσα είναι πολύ θερμή (πάνω από 27 C). Δεν δημιουργούνται όμως σε πολύ μικρά γεωγραφικά πλάτη (κάτω από 5 μοίρες) γιατί εκεί δεν υπάρχει Κοριόλιος δύναμη να τους δώσει περιστροφή. Χρειάζεται επιπλέον κατάλληλη διαταραχή στην γραμμή συγκλήσεως ή μέσα στην ζώνη των άληγων ανέμων. Όλες οι διαταραχές δεν καταλήγουν σε τροπικό κυκλώνα. Οι συνθήκες αυτές είναι σπάνιες και έτσι έχουμε πάνω στην γη μόνο περί τους 50 πλήρως ανεπτυγμένους τροπικούς κυκλώνες ετησίως. Στον Ατλαντικό έχουμε περί τους 5-10 ετησίως.

Η περίοδος των τροπικών κυκλώνων είναι το τέλος του θέρους κάθε ημισφαιρίου. Στον Ατλαντικό έχουμε κυκλώνες από τον Ιούλιο μέχρι τον Οκτώβριο, με μέγιστη συχνότητα τον Σεπτέμβριο.

Οι τροπικοί κυκλώνες έχουν μικρή διάμετρο εν συγκρίσει με τις υφέσεις που αναπτύσσονται στα μέσα πλάτη. Έχουν όμως πολύ χαμηλές πιέσεις στο κέντρο τους, τάξεως 950 hPa και ανέμους της τάξεως των 60-100 κόμβων. Η ταχύτης μετακινήσεώς τους πάνω στην γη είναι 15-25 χλμ/ω.

Καθώς οι κυκλώνες προχωρούν προς τα δυτικά και στρέφουν ανθρολογιακώς, οι ισχυρότεροι άνεμοι εμφανίζονται στο δεξιό ημικύκλιό τους (σχ.45) το οποίο τα πλοία αποφεύγουν με κάθε τρόπο. Τα κύματα είναι πολύ μεγάλα και, καθώς συμβάλλουν από διάφορες πλευρές δημιουργούν μία θάλασσα χαώδη, κυρίως στις κεντρικές περιοχές των κυκλώνων.



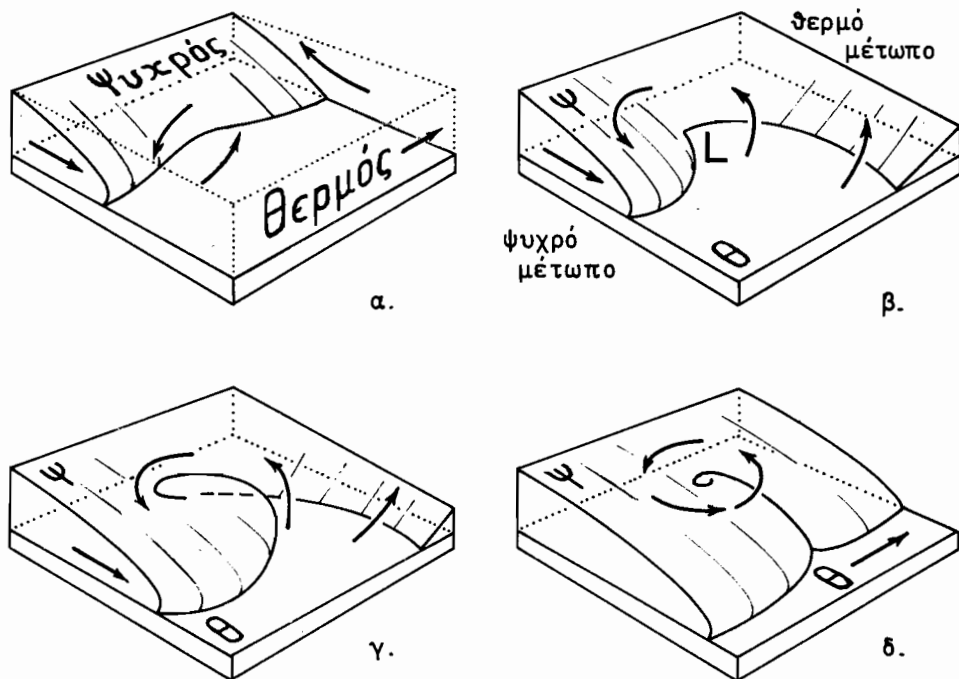
Σχ. 45. Τυπική τροχιά τροπικού κυκλώνα.

Οι ισχυρότατες ανοδικές κινήσεις στον τροπικό κυκλώνα τροφοδοτούνται με ενέργεια από την λανθάνουσα θερμότητα των υδρατμών της θερμής θάλασσας και δημιουργούν έντονες καταιγίδες και καταρρακτώδεις βροχές. Στις παράλιες περιοχές οι βροχές συνδυάζονται με τα κύματα και την ανύψωση της στάθμης της θάλασσας από τις χαμηλές πιέσεις. Οι καταστροφές των παραθαλασσιών εγκαταστάσεων είναι μεγάλες και περιοχές χαμηλής στάθμης, όπως στο Μπαγκλαντές, πλημμυρίζουν εξ ολοκλήρου.

Οι τροπικοί κυκλώνες, καθώς κατευθύνονται σε μεγαλύτερα πλάτη, εξασθενούν γιατί εκεί η θάλασσα είναι ψυχρότερη. Χάνουν επίσης την δύναμή τους όταν έρθουν πάνω από ξηρά και πάψει η τροφοδότησή τους με υδρατμούς.

ΜΕΤΩΠΑ

Μία ιδιόζουσα περιοχή είναι η διαχωριστική περιοχή μεταξύ της εύκρατης και της πολικής ζώνης (βλέπε σχ.37β). Εκεί, σε μία νοητή διαχωριστική επιφάνεια (διακεκομμένη γραμμή) έρχονται αντιμέτωπες θερμές μάζες αέρα της εύκρατης ζώνης, με ψυχρές μάζες της πολικής ζώνης. Όπως σε κάθε διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ κινουμένων ρευστών διαφορετικής πυ-



Σχ. 46. Διαδοχικά στάδια της ζωής μιάς υφέσεως.

κνότητας, έτσι και εδώ παρουσιάζονται κύματα. Τα κύματα αυτά είναι ασταθή, δηλαδή παράγονται, μεγαλώνουν και διαλύονται. Η ζωή των κυμάτων αυτών προκαλεί τα μέτωπα τα οποία είναι δεσπόζον μετεωρολογικό φαινόμενο στην εύκρατη ζώνη. Με την λέξη μέτωπο εννοούμε την διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ θερμού και ψυχρού αέρα.

Στο σχ.46 εικονίζεται η ζωή ενός τέτοιου κύματος όπως θα το βλέπαμε κοιτώντας προς βορράν.

Στο σχ.46α. Ο ψυχρός αέρας (που σαν πυκνότερος που είναι, δηλαδή βαρύτερος, είναι σφηνωμένος κάτω από τον θερμό) αρχίζει να εμφανίζει ένα κύμα.

Στο σχ.46β. Το κύμα μεγάλωσε, Θερμός αέρας σφηνώθηκε μεταξύ δύο ψυχρών τμημάτων αέρα. Οι δύο παρειές που διαχωρίζουν θερμές και ψυχρές μάζες ονομάζονται μέτωπα. Στην αριστερή παρειά ο ψυχρός αέρας εκδιώκει τον θερμό και γι' αυτό το μέτωπο ονομάζεται ψυχρό. Στην δεξιά παρειά ο θερμός αέρας αναρριχάται πάνω στον ψυχρό και το εκδιώκει, αυτό δε το μέτωπο ονομάζεται θερμό. Ο θερμός αέρας μεταξύ των μετώπων εκτοπίζεται προς τα άνω και δημιουργεί ένα κέντρο χαμηλών πιέσεων (ύφεση L) γύρω από το οποίο γνωρίζουμε ότι ο άνεμος στρέφεται ανθρωπολογικώς.

Στο σχ.46γ. Οι δύο πλευρές του ψυχρού αέρα (μέτωπα) συναντιούνται, εκτοπίζουν τελείως τον θερμό αέρα προς μεγαλύτερα ύψη. Αυτή η συνάντηση ονομάζεται σύσφιξη (occlusion).

Στο σχ.56δ. Το κύμα διελύθη και προέκυψε πάλι το βασικό πολικό μέτωπο από το οποίο ξεκινήσαμε.

Τα κύματα αυτά δεν παραμένουν στάσιμα πάνω στην γη, αλλά (όπως μία δίνη παρασύρεται στην ροή ενός ποταμού) ακολουθούν την γενική κίνηση των μετεωρολογικών φαινομένων της εύκρατης ζώνης από την δύση προς την ανατολή. Κατά την κίνησή τους και ανάλογα με την φάση της εξέλιξής τους, επηρεάζουν τον καιρό των περιοχών από όπου διέρχονται.

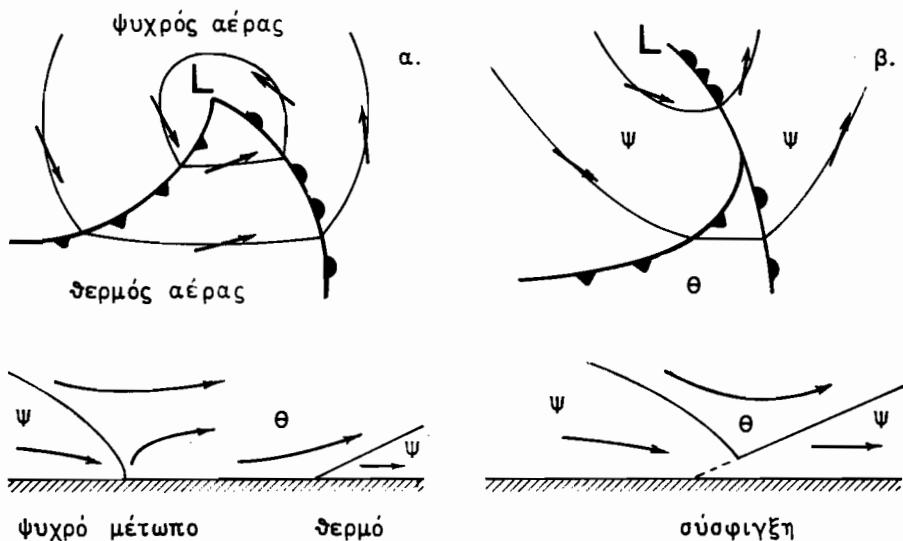
Τα μέτωπα στον συνοπτικό χάρτη

Τα φαινόμενα του σχ.46 απεικονίζονται στον μετεωρολογικό χάρτη όπως στο σχ.47.

Το σχ.47α αντιστοιχεί στο σχ.46β. Η ύφεση L έχει σχηματισθεί πλήρως, ο δε άνεμος στρέφεται ανθρωπολογικώς όπως δείχνουν τα βέλη. Το θερμό μέτωπο συμβολίζεται με ημικύκλια (ή με κόκκινο χρώμα). Το ψυχρό μέτωπο σημειώνεται με τρίγωνα (ή με μπλε χρώμα). Στο ίδιο σχήμα κάτω, εικονίζεται μία κατακόρυφη τομή. Στο θερμό μέτωπο όπως είδαμε, ο θερμός αέρας εκδιώκει τον ψυχρό. Στο ψυχρό μέτωπο ψυχρός αέρας εκδιώκει τον θερμό.

Το σχ.47β αντιστοιχεί στο σχ.46γ. Εδώ, το ψυχρό μέτωπο κινούμενο ταχύτερα, συναντήθηκε με το θερμό μέτωπο και δημιουργήθηκε σύσφιξη που εκτόπισε τον θερμό αέρα σε μεγαλύτερα ύψη, όπως φαίνεται στην τομή.

Δεν πρέπει βεβαίως να νομίσουμε ότι οι υφέσεις και τα μέτωπα δημι-



Σχ. 47. Δύο στάδια της ζωής μίας υφέσεως όπως απεικονίζονται στον μετεωρολογικό χάρτη. Κάτω, κατακόρυφη τομή τους.

ουργούνται μόνον στην διαχωριστική γραμμή μεταξύ της εύκρατης και της πολικής ζώνης (η οποία εξ άλλου είναι στην πράξη ασαφής). Υφέσεις δημιουργούνται με τον ίδιο τρόπο σε οποιοδήποτε σημείο της εύκρατης ζώνης έρχονται σε γειτνίαση θερμές με ψυχρές μάζες αέρα.

Ο ΚΑΙΡΟΣ ΤΗΣ ΕΥΚΡΑΤΗΣ ΖΩΝΗΣ

Αν παρατηρήσουμε ένα συνοπτικό χάρτη της εύκρατης ζώνης (όπως π.χ της Ευρώπης) θα δούμε ότι σε αυτόν εικονίζεται μία διαδοχή κέντρων υψηλών και χαμηλών πιέσεων, στις δε χαμηλές πιέσεις θερμά και ψυχρά μέτωπα. Ολο αυτό το σύστημα κινείται συνεχώς εκ δυσμών προς ανατολάς.

Αναλόγως με το μετεωρολογικό σύστημα που διέρχεται πάνω από ένα τόπο διαμορφώνεται ο καιρός του ως εξής:

Αντικυκλώνες

Στους αντικυκλώνες όπου κατέρχεται ξηρός αέρας από υψηλότερα στρώματα, ο ουρανός είναι ανέφελος. Κυρίως δε στο κέντρο των αντικυκλώνων ο καιρός είναι εξόχως ήπιος. Στο κέντρο των αντικυκλώνων οι άνεμοι είναι ασθενείς, στην περιφέρειά τους όμως μπορεί να έχουμε σταθερούς ισχυρούς ανέμους που στρέφονται ανθρωπολογιακώς γύρω από τις υψηλές πιέσεις.

Περισσότερα για τους αντικυκλώνες

Στον αντικυκλώνα, ψυχρές ευσταθείς μάζες κατέρχονται από υψηλότερα στρώματα προς το έδαφος. Το κατώτερο όμως στρώμα της ατμοσφαιρας μπορεί να αναπτύξει χαμηλή αστάθεια λόγω της ηλιοφάνειας που επικρατεί, με εμφάνιση νεφών καλοκαιρίας (*cumulus humilis*). Τα νέφη αυτά σταματούν να αναπτύσσονται στο ανώτατο όριο της αστάθειας. Το όριο αυτό είναι ορατό κατά την πτήση, ή από τα βουνά, λόγω της άριστης ορατότητας που επικρατεί στον καθαρό ανώτερο αέρα.

Ο αντικυκλωνικός καιρός λόγω της ευστάθειας, που γίνεται πολύ έντονη με την νυκτερινή ψύξη του εδάφους, ευνοεί τον σχηματισμό ομίχλης ακτινοβολίας. Ευνοεί επίσης την συγκράτηση ρύπων στο χαμηλότερο πολύ ευσταθές στρώμα (θερμοκρασιακή αναστροφή) όπου σχηματίζεται το γνωστό νέφος αιθαλομίχλης.

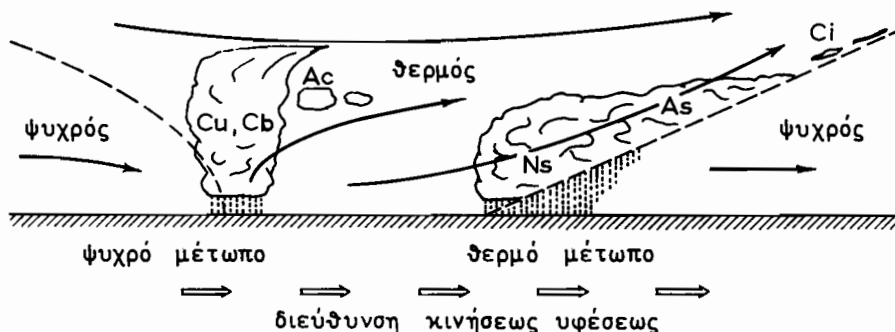
Σε σπάνιες περιπτώσεις ένας αντικυκλώνας μπορεί να μην είναι ανέφελος αλλά να καλύπτεται ολοκληρωτικά από ένα λεπτό στρώμα υψιστρωμάτων As.

Υφέσεις

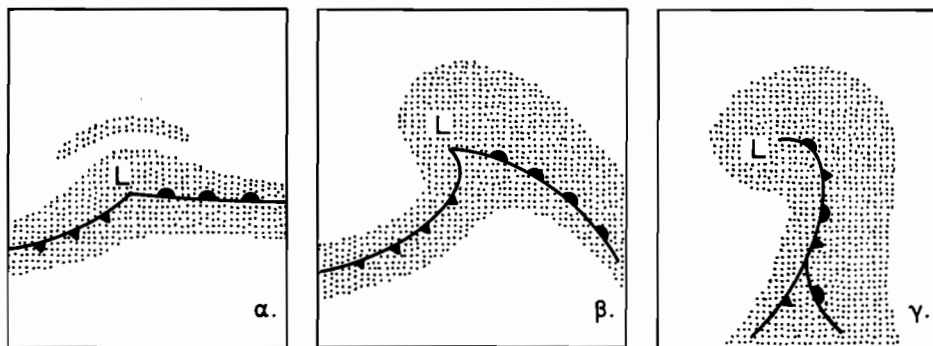
Στις υφέσεις L όπως είδαμε ο θερμός αέρας ανέρχεται σε μεγαλύτερα ύψη και γι' αυτό έχουμε δημιουργία εκτεταμένων νεφώσεων.

Ειδικότερα η νέφωση των υφέσεων δημιουργείται στα μέτωπα. Στο σχ.48 βλέπουμε ότι στο θερμό μέτωπο (όπου ο θερμός αέρας ανέρχεται πάνω από τον ψυχρό) σχηματίζονται με την σειρά κατά την οποία διέρχονται πάνω από ένα τόπο (καθώς κινείται η ύφεση) πρώτα μεν υψηλά νέφη τύπου θυσάνων Ci και Cs, μετά μέσα νέφη υψιστρωμάτα As, τέλος δε στρωματομελανίες Ns που προκαλούν βροχές.

Στο ψυχρό μέτωπο σχηματίζονται συνήθως σωρείτες Cu και σωρειτομελανίες Cb από τους οποίους ξεσπούν βίαιες καταιγίδες.



Σχ. 48. Ο καιρός στις υφέσεις.



Σχ. 49. Νεφοσκεπείς περιοχές σε τρία στάδια της ζωής μίας υφέσεως.

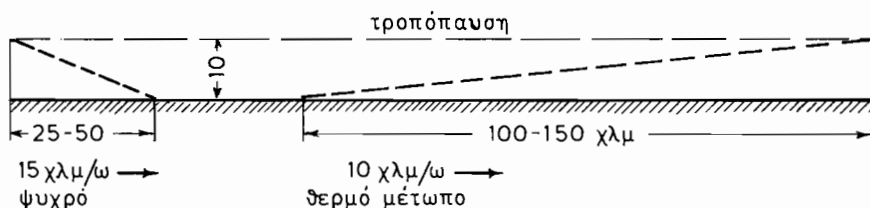
Στο σχ.49 εμφανίζονται οι νεφοσκεπείς περιοχές σε τρία στάδια της ζωής μίας υφέσεως. Τα περισσότερα νέφη είναι As και από αυτά πέφτει συνολικά η μεγαλύτερη ποσότης νερού πάνω στην γη.

Περισσότερα για τα μέτωπα

Στο σχ.50 έχουν αναγραφεί μερικά ποσοτικά χαρακτηριστικά των μετώπων. Το ύψος τους βεβαίως, είναι το ύψος της τροποπαύσεως δηλαδή περί τα 10 χλμ. Το πλάτος του θερμού μετώπου είναι της τάξεως των 100-150 χλμ. δηλαδή η κλίση του θερμού μετώπου είναι γύρω στο 1/15. Το πλάτος του ψυχρού μετώπου είναι της τάξεως των 25-50 χλμ. δηλαδή η κλίση του ψυχρού μετώπου είναι γύρω στο 1/5.

Η ταχύτης κινήσεως των μετώπων από την δύση προς την ανατολή είναι της τάξεως των 10 χλμ/ω για το θερμό μέτωπο και 15 χλμ/ω για το ψυχρό μέτωπο. Έτσι τα μέτωπα συνενώνονται και δημιουργούν σύσφιξη.

Προκύπτει λοιπόν ότι, από την πρώτη εμφάνιση των θυσανοστρωμάτων Cs μέχρι την βάση του θερμού μετώπου με τα Ns και τις βρο-



Σχ. 50. Μερικά ποσοτικά χαρακτηριστικά των μετώπων.

χές, χρειάζονται περίπου 10 ώρες. Τα Cs αποτελούνται από παγοκρύσταλλους και δημιουργούν στον ήλιο και την σελήνη φωτεινό στεφάνι (άλω). Από αυτό προέρχεται η λαϊκή πρόγνωση ότι, αν το φεγγάρι έχει στεφάνι αύριο θα βρέχει.

Η διέλευση ενός μετώπου γίνεται κατανοητή από την ξαφνική μεταβολή της θερμοκρασίας, κυρίως όμως από την ξαφνική στροφή του ανέμου. Η στροφή αυτή του ανέμου γίνεται κατά την φορά που κινείται ο ήλιος στον ουρανό, δηλαδή δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και αριστερά στο νότιο. Στο βόρειο ημισφαίριο ο άνεμος από νότιος γίνεται δυτικός και από δυτικός γίνεται βόρειος, λέμε δε ότι ο άνεμος στρέφεται (*veering*). Οι ναυτικοί γνωρίζοντας ότι αυτή είναι η φυσική στροφή του ανέμου μέσα σε κακοκαιρία, ονόμασαν την αντίθετη κίνηση αντιστροφή (*backing*).

ΑΕΡΙΕΣ ΜΑΖΕΣ

Σε ορισμένες περιοχές της γης που παρουσιάζουν ομοιόμορφη επιφάνεια σε μεγάλη έκταση (ωκεανοί, μεγάλες πεδιάδες, έρημοι) σχηματίζονται εκτεταμένες μάζες αέρα με ομοιόμορφα χαρακτηριστικά. Μία τέτοια μάζα, αναλόγως της περιοχής δημιουργίας της μπορεί να είναι θερμή (που ονομάζεται τροπική και συμβολίζεται με T από την λέξη Tropical) ή ψυχρή (πολική Polar), υγρή (θαλάσσια maritime) ή ξηρή (ηπειρωτική continental). Για την Ευρώπη παίζουν ιδιαίζοντα ρόλο οι εκτεταμένες αέριες μάζες του κατωτέρω πίνακα.

Αέριες μάζες	Σύμβολο	Τόπος δημιουργίας	Εμφάνιση
Θαλάσσια τροπική	mT	Ατλαντικός	Ολο το έτος
Θαλάσσια πολική	mP	Γροιλανδία, Β.Θάλασσα	Ολο το έτος
Ηπειρωτική τροπική	cT	Β.Αφρική, Ν.Ρωσία	θέρος
Ηπειρωτική πολική	cP	Ρωσία	Χειμώνας

Η κυκλοφορία της ατμοσφαιρας παρασύρει τμήματα αυτών των αερίων μαζών και μεταφέρει τα μεν θερμά βορειότερα τα δε ψυχρά νοτιότερα. Η συνάντηση μαζών διαφορετικών χαρακτηριστικών προκαλεί μετωπογένεση.

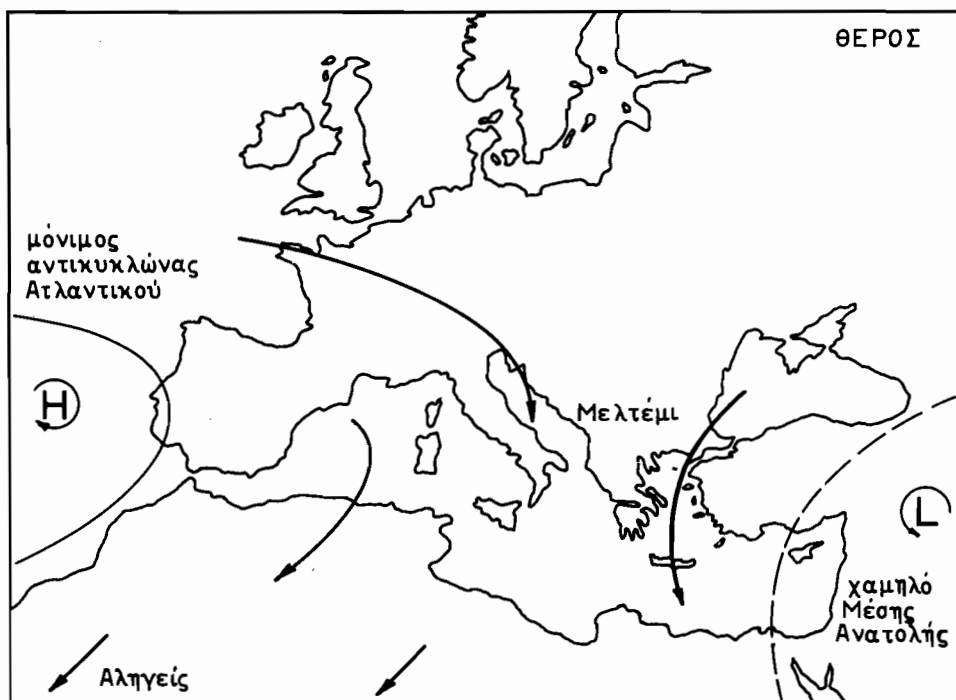
Ο ΚΑΙΡΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα παρουσιάζονται από μετεωρολογικής απόψεως δύο περίοδοι, η ξηρή θερινή και η ευμετάβλητη χειμερινή.

Το θέρος

Κατά το θέρος καθώς είδαμε οι κλιματικές ζώνες της γης μετατοπίζονται βορειότερα ακολουθώντας την ετήσια μετατόπιση του ήλιου. Έτσι η χώρα μας βρίσκεται υπό την επίδραση του καιρού της τροπικής ζώνης δηλαδή των αληγών ανέμων. Το μελτέμι (ο ετησίας) είναι άνεμος ΒΑ κατευθύνσεως και μπορεί να θεωρηθεί σαν μία προς βορράν επέκταση των αληγών ανέμων.

Την τυπική βαρομετρική κατάσταση του θερινού καιρού εικονίζει το σχ.51. Ο μόνιμος υποτροπικός αντικυκλώνας του Ατλαντικού σε συνδυασμό με το κέντρο χαμηλών πιέσεων της Μέσης Ανατολής, προκαλούν στην Ελλάδα ισχυρούς βόρειους ανέμους. Πιο λεπτομερώς το μελτέμι του Αιγαίου δημιουργείται από διαφορά πιέσεως μεταξύ υψηλού στα Βαλκάνια και χαμηλού στην περιοχή του Λιβάνου. Πάντως, το δεσπόζον φαινόμενο είναι το χαμηλό της Μέσης Ανατολής.



Σχ. 51. Τυπική βαρομετρική κατάσταση κατά το θέρος.

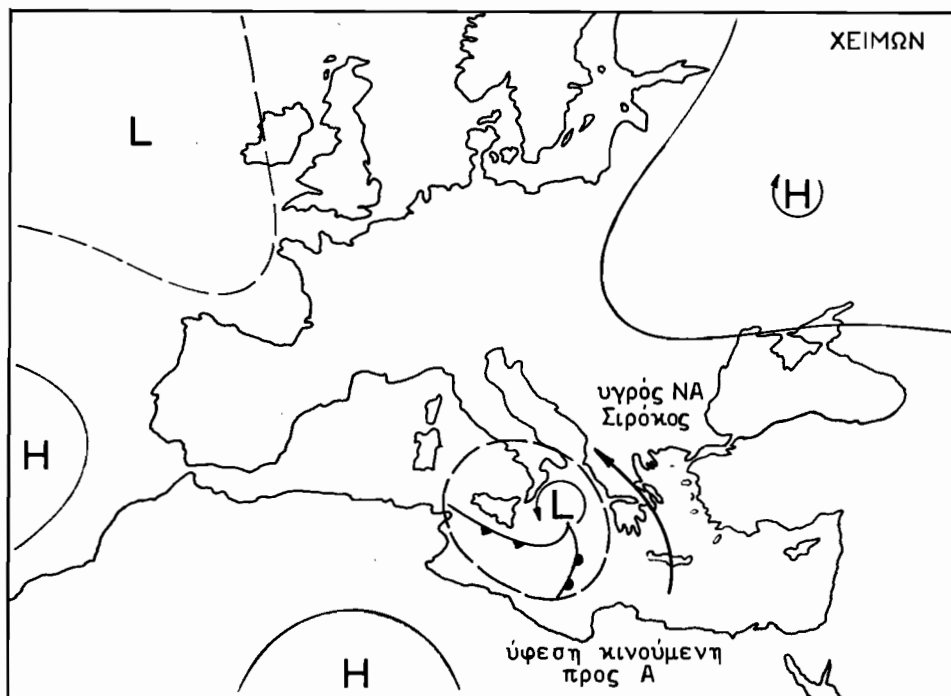
Κατά τη νύκτα, όταν ο ήλιος δεν υπερθερμαίνει τις ερήμους της Μέσης Ανατολής, το χαμηλό γίνεται ηπιότερο και ο άνεμος σταματάει, για να πνεύσει και πάλι την επόμενη μέρα. Όταν το μελέτεμι είναι ασθενές ή σε περιοχές όπου δεν πνέει λόγω παρεμβαλλομένων ορέων (π.χ. στην Δυτική Ελλάδα) επικρατούν κατά το θέρος αύρες που μπορεί να είναι τελείως άλλης κατευθύνσεως από τους ανέμους που πνέουν σε υψηλότερα στρώματα.

Ο χειμώνας

Κατά τον χειμώνα η χώρα μας βρίσκεται μέσα στην εύκρατη ζώνη και, από την δύση προς την ανατολή, διέρχονται διαδοχικώς υφέσεις και αντικυκλώνες.

Λεπτομερέστερα η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ του μόνιμου αντικυκλώνα του Ατλαντικού και του Σιβηρικού αντικυκλώνα, που σχηματίζεται το χειμώνα στην παγωμένη Ρωσία. Μεταξύ αυτών των σταθερών αντικυκλώνων ολισθαίνουν κινητοί αντικυκλώνες και υφέσεις.

Όταν μία ύφεση διευθύνεται από την Ιταλία προς την Ελλάδα σχ.52, στο εμπρός της μέρος έχουμε νότιους έως ΝΑ ανέμους (σοροκάδες), που φέρνουν θερμές και υγρές μάζες στον ελληνικό χώρο. Όταν η ύφεση φθά-



Σχ. 52. Μία ύφεση πλησιάζει στην Ελλάδα.

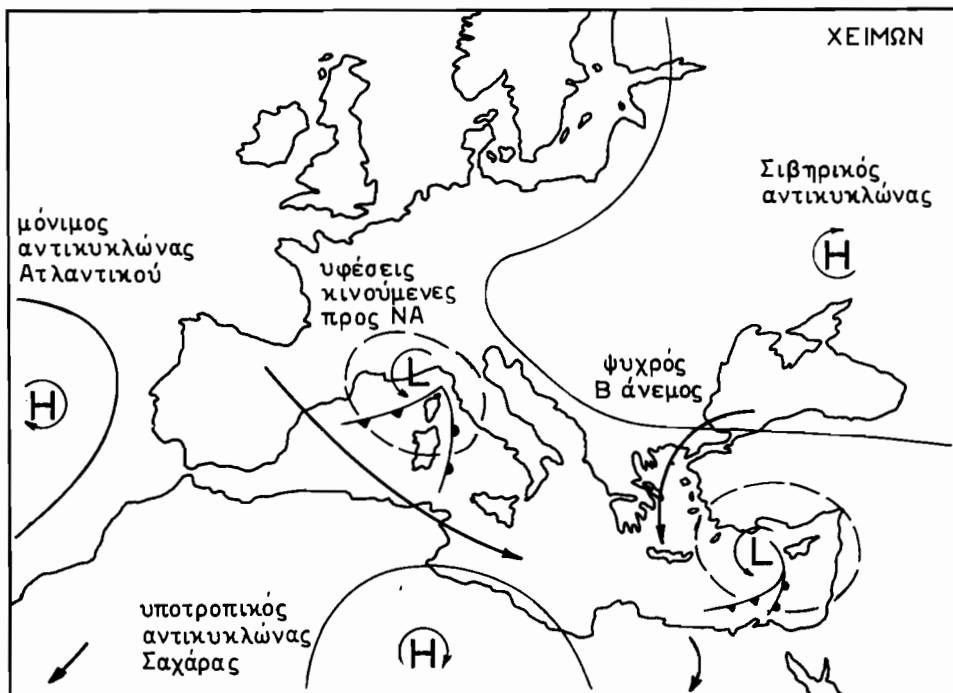
σει, θα προκαλέσει με τα μέτωπά της βροχές. Στο εμπρός μέρος της υφέσεως, η έναρξη και ενίσχυση των νοτίων ανέμων είναι βαθμιαία. Αντιθέτως οι έναρξη των βορείων ανέμων είναι ξαφνική και βίαιη κατά την διέλευση του ψυχρού μετώπου, μετά δε εξασθενούν βαθμιαίως. Η αρχαία ναυτική συμβουλή που διαπιστώνει το φαινόμενο αυτό έχει την σημερινή αντίστοιχη: Γέρο βοριά αρμένιζε και νότο παλικάρι.

Στο σχ. 53 η ύφεση έχει περάσει από την Ελλάδα και με το πίσω τμήμα της φέρνει στη χώρα μας ψυχρούς βορείους ανέμους από τον Σιβηρικό αντικυκλώνα.

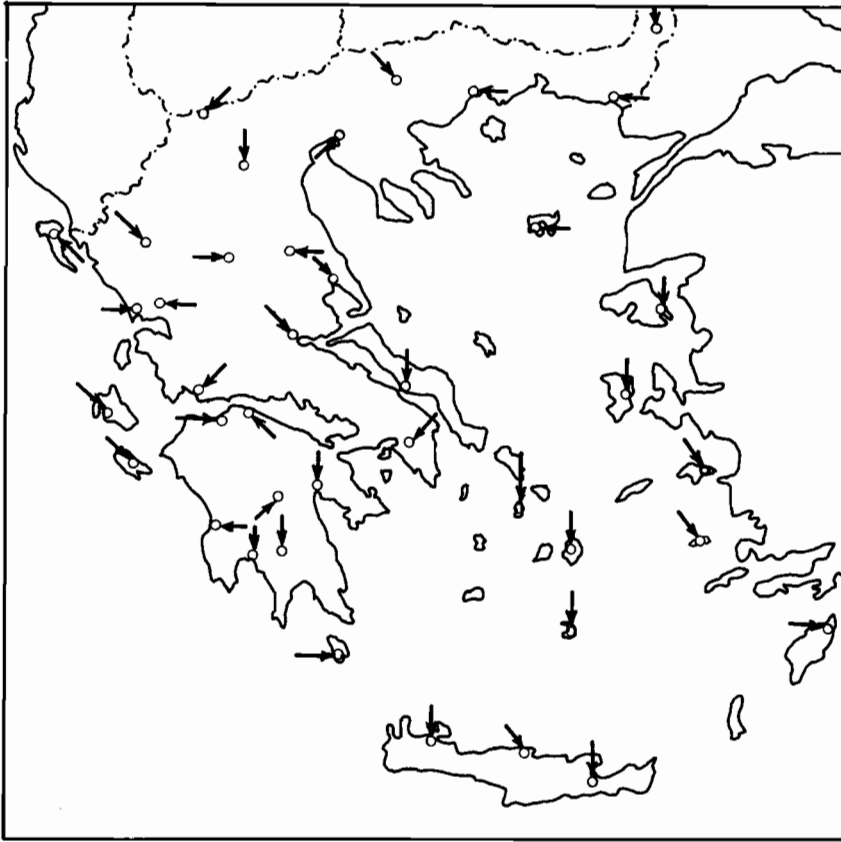
Αντιθέτως η διέλευση αντικυκλώνα προκαλεί ηλιόλουστες ημέρες με νηνεμία, αλλά και με πρωινές ομίχλες. Η μετάβαση από την θερινή στην χειμερινή περίοδο, ή αντιστρόφως, δεν γίνεται απότομα, αλλά με διαδοχικές μεταπτώσεις. Ετσι, κατά τον Μάιο και Ιούνιο έχουμε περιόδους πρωίμων μελτεμιών (πρόδρομοι ετησίες), μέχρι δε τα τέλη Οκτωβρίου εμφανίζονται μικρές περιόδοι οψίμων μελτεμιών.

Τοπικές επιδράσεις

Η χώρα μας, λόγω της πολυμορφίας των ορέων της και της διαδοχής Ξηράς και θάλασσας, έχει πολλούς τοπικούς ανέμους, που διαφοροποιούν το κλίμα των διαφόρων περιοχών.



Σχ. 53. Μία ύφεση βρίσκεται στην περιοχή της Κύπρου.



Σχ. 54. Επικρατούντες άνεμοι σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας.

Στο σχ.54 φαίνονται οι επικρατούντες άνεμοι σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας. Ενώ στην νησιωτική Ελλάδα υπάρχει κάποια ομοιομορφία, στην ηπειρωτική Ελλάδα φαίνεται σαφώς η επίδραση τοπικών παραγόντων.

Στο Αιγαίο οι επικρατούντες άνεμοι είναι του βορείου τομέως, ιδιαίτε-
 ρως δε κατά το θέρος. Το πιο γνωστό θύμα της εμμονής των βορείων α-
 νέμων υπήρξε η Ιφιγένεια κόρη του Αγαμέμνονα.

Ψυχρές εισβολές

Ο πρώτος τύπος μεταφοράς ψυχρών μαζών στην χώρα μας είναι η κα-
 τάσταση του σχ.53 που φέρνει ψυχρές μάζες από τον Σιβηρικό αντικυκλώ-
 να. Ένας δεύτερος τύπος ψυχρής εισβολής που δίνει δριμύ ψύχος, είναι η
 εγκατάσταση ενός αντικυκλώνα στην κεντρική Ευρώπη. Αυτός, καθώς
 στρέφεται ωρολογιακά, φέρνει από την Πολωνία και την Σκανδιναβία δια-
 δοχικές πολικές μάζες σαν αλληπάλληλα ψυχρά μέτωπα κακοκαιρίας.

Μετωπογένεση

Ο κύριος τόπος γενέσεως υφέσεων για την Ευρώπη, είναι ο βόρειος Ατλαντικός ωκεανός όπου συγκρούονται μάζες διαφόρων προελεύσεων. Για την Ελλάδα όμως, υπάρχουν και κοντινότεροι τόποι όπου γίνεται μετωπογένεση (κυκλογένεση).

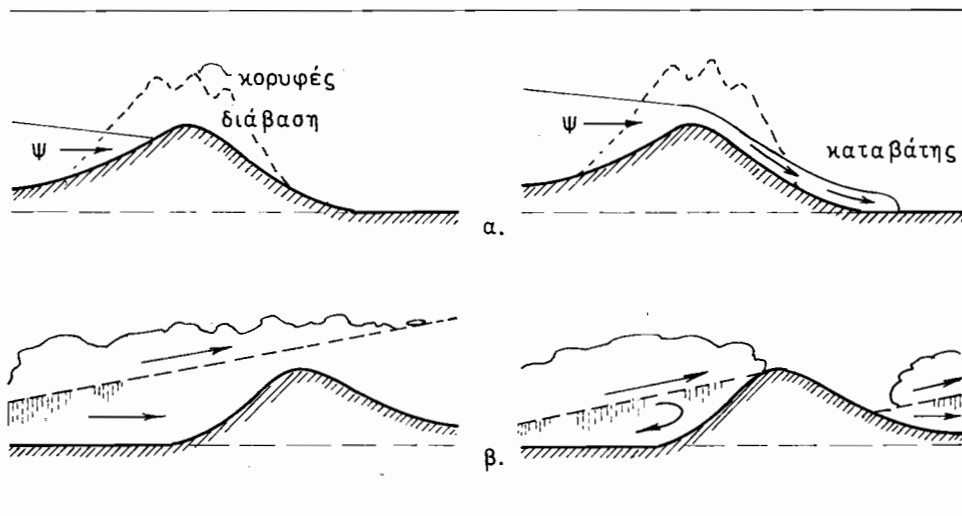
Αρχίζοντας από το φθινόπωρο, ο κόλπος της Γένοβας παραμένει θερμός ενώ η Ευρώπη αρχίζει να ψύχεται. Έτσι στον Κόλπο της Γένοβας έρχονται σε επαφή μάζες με διαφορετικά χαρακτηριστικά που δημιουργούν υφέσεις. Οι ορεινοί όγκοι των Αλπεων και των Πυρηναίων βοηθούν στην δημιουργία τους.

Ο ορεινός όγκος του Ατλαντα διαχωρίζει τις μάζες της Σαχάρας από τις μάζες του Ωκεανού. Έτσι έχουμε εκεί άλλη περιοχή μετωπογένεσης που μας επηρεάζει κυρίως την άνοιξη.

Οροσειρές και μέτωπα

Η ατμόσφαιρα είναι ένα ιδιαίτερος ρηχό ποτάμι και οι οροσειρές αποτελούν σημαντικά εμπόδια. Έτσι ένα ψυχρό μέτωπο που έρχεται για να περάσει μία οροσειρά, εκκρίνει από τις ορεινές διαβάσεις όπως φαίνεται στο σχ.55α. Κατ' αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται βίαιοι καταβατικοί άνεμοι που κατεβαίνουν τις κοιλάδες. Στην βόρειο Αδριατική κατεβαίνει από τις κοιλάδες των Αλπεων ο βίαιος καταβάτης Bora.

Σε άλλη κλίμακα, παρόμοιος άνεμος στην κοιλάδα του Ροδανού ονομάζεται Mistral. Ο άνεμος αυτός δημιουργείται στο διάκενο μεταξύ Πυρηναίων και Αλπεων όταν κρύος αέρας δοκιμάζει να περάσει από τον Ατλαντικό στην Μεσόγειο. Στην χώρα μας ο Βαρδάρης της Μακεδονίας είναι παρό-



Σχ. 55. Οροσειρές και μέτωπα, α. ψυχρό μέτωπο, β. θερμό μέτωπο.

μοιος βίαιος καταβάτης που δημιουργείται στην κοιλάδα του Αξιού όταν ψυχρός αέρας από τις σερβικές πεδιάδες εκρέει προς το Αιγαίο ανάμεσα στην Πίνδο και την Ροδόπη.

Στο σχ.55β φαίνεται ένα θερμό μέτωπο που δοκιμάζει να περάσει πάνω από μία οροσειρά. Βλέπουμε ότι στα προσήνεμα μπορεί να παραμείνει παγιδευμένη μία ποσότης θερμού αέρα πάνω από την οποία έχουμε αναρρίχηση μαζών που προκαλεί παρατεταμένες βροχές.

ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΙΡΟΥ

Η χονδρική πρόγνωση του καιρού της επόμενης μέρας, βάσει του συνοπτικού χάρτη της προηγούμενης, είναι τόσο απλή όσο η πρόγνωση του καιρού της επόμενης ώρας βάσει οπτικών παρατηρήσεων. Βλέποντας στον χάρτη τι μετεωρολογικό σύστημα πλησιάζει την Ελλάδα από την δύση μπορούμε να προβλέψουμε τους ανέμους και την νέφωση.

Το πρόβλημα είναι κάπως δυσκολότερο γιατί μία ύφεση που έρχεται από την Ιταλία μπορεί να αλλάξει κατεύθυνση ή ταχύτητα κινήσεως. Μπορεί ακόμα να βαθύνει ή να πληρωθεί. Μπορεί ακόμα αυτή η δίνη κακοκαιρίας να σταματήσει και να αρχίσει να γεννάει προς το μέρος μας δευτερεύουσες δίνες. Στο παρελθόν για τα προβλήματα αυτά οι μετεωρολόγοι χρησιμοποιούσαν την πείρα (δηλαδή την στατιστική). Αν π.χ. οι περισσότερες υφέσεις σε ένα ορισμένο σημείο έστρεφαν προς ΒΑ θα υπήρχε μεγάλη πιθανότης και η υπό εξέταση ύφεση να στραφεί προς ΒΑ.

Σήμερα, οι προγνώσεις γίνονται περισσότερο με επιστημονικές μεθόδους και υπολογισμούς. Η ατμόσφαιρα εξετάζεται σαν μία μεγάλη θερμική μηχανή και τα δεδομένα των παρατηρήσεων από πάρα πολλά κέντρα τροφοδοτούνται σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Ετσι λοιπόν, μπορούμε να κάνουμε μία ακριβή πρόγνωση καιρού για την επόμενη ώρα, μία καλή πρόγνωση για την επόμενη μέρα, μία εκτίμηση τις τάσεως εξέλιξης του καιρού για μερικές μέρες. Αλλά δεν μπορούμε να πούμε ότι σε τρεις μέρες ακριβώς το μεσημέρι θα βρέξει στην Ομόνοια. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα έχουν στατιστικό χαρακτήρα. Σε ένα στροβιλώδη ποταμό μπορούμε να προγνώσουμε πόσοι περίπου και τι είδους στρόβιλοι θα σχηματισθούν σε ορισμένη περιοχή. Δεν μπορούμε όμως να πούμε ότι σε δύο λεπτά θα σχηματισθεί ακριβώς σε ένα σημείο μία δίνη.

Χάρτες ανώτερης ατμοσφαίρας

Όλοι οι μετεωρολογικοί χάρτες που αναφέραμε μέχρι εδώ, αφορούσαν την επιφάνεια της γης. Αυτοί είναι και οι μόνοι χάρτες όπου σημειώνονται μέτωπα.

Για να γνωρίζουμε τους ανέμους σε μεγαλύτερα ύψη συντάσσονται οι χάρτες μεγαλύτερων υψών. Ο συνοπτικός χάρτης των 800 hPa αντιστοιχεί περίπου σε ύψος 1.500 μέτρων και είναι πολύ χρήσιμος για τις συνήθειες αεραθλητικές πτήσεις. Από μετεωρολογικής

πλευράς ο πιο αντιπροσωπευτικός χάρτης είναι των 500 hPa. Αυτός μας δείχνει τι συστήματα επικρατούν στο μέσο ύψος της μάζας της ατμοσφαιράς και αντιστοιχεί περίπου σε ύψος 5.500 μέτρων.

Στους χάρτες ανώτερης ατμοσφαιράς δεν χαράσσονται ισοβαρείς καμπύλες αλλά ισούψεις. Οι καμπύλες του χάρτη των 500 hPa δηλώνουν σε ποίο ύψος βρίσκεται η πίεση των 500 hPa σε κάθε τόπο. Η χρήση των ισούψων καμπύλων είναι ίδια όπως των ισοβαρών του χάρτη επιφανείας, οι δε άνεμοι οδεύουν πάνω στις ισούψεις καμπύλες.

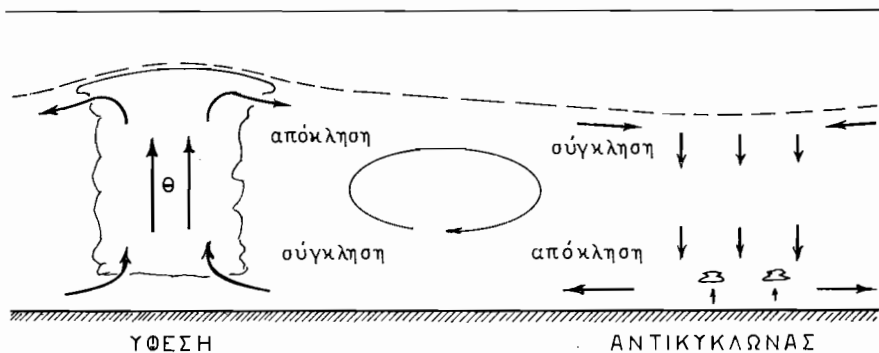
Οι χάρτες ανώτερης ατμοσφαιράς δεν είναι εύκολα προσιτοί. Η ανάπτυξη όμως που ακολουθεί επεξηγεί πολλά φαινόμενα που ακούμε να προβλέπονται στα δελτία, χωρίς να δικαιολογούνται από τον χάρτη επιφανείας που μας επιδεικνύεται.

Κυκλοφορία στην ανώτερη τροπόσφαιρα

Η δημιουργία μίας θερμικής υφέσεως μας είναι γνωστή. Στο σχ.56 παρακολουθούμε τον αέρα σε μία θερμή περιοχή να ανέρχεται και να δημιουργεί κοντά στο έδαφος σύγκλιση προς το κέντρο των χαμηλών πιέσεων. Οι συγκλίνουσες μάζες στρέφονται ανθρωρολογιακά και προς τα μέσα. Οι μάζες που ανεβαίνουν προκαλούν συμπύκνωση των υδρατμών, απελευθέρωση της θερμότητας εξατμίσεως και αύξηση της αστάθειας. Στο σχήμα μας όμως παρατηρούμε ακόμα ότι κοντά στην τροπόπαυση οι μάζες σταματούν την άνοδό τους και αποκλίνουν.

Μία σύγκλιση (convergence) στο έδαφος προκαλεί μία απόκλιση (divergence) στα ανώτερα στρώματα.

Μικρές υφέσεις μπορούν να δημιουργηθούν με τον μηχανισμό που περιγράψαμε αλλά, οι μεγαλύτερες υφέσεις δημιουργούνται με τον αντίστροφο μηχανισμό. Μία απόκλιση στην ανώτερη τροπόσφαιρα είναι αυτή που δημιουργεί την σύγκλιση στο έδαφος.



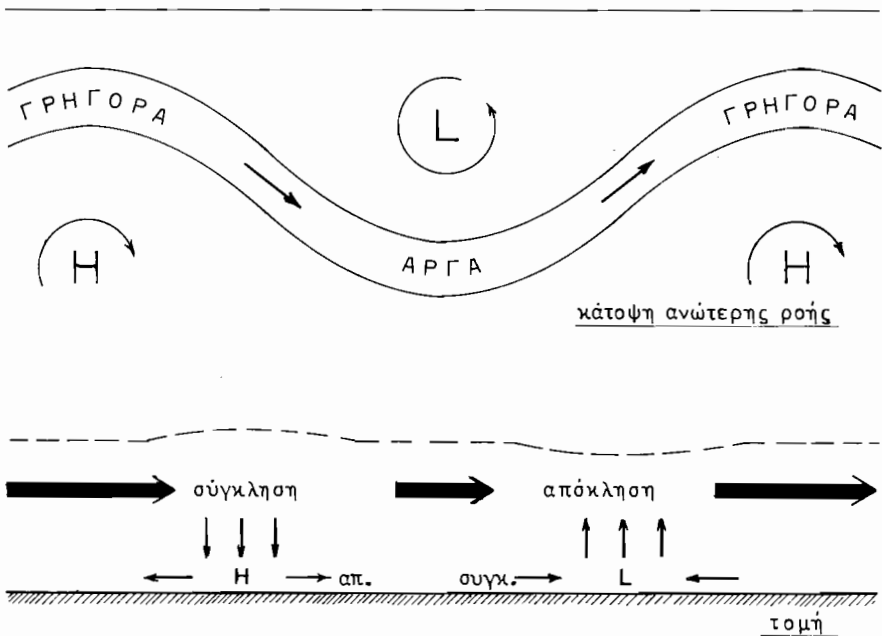
Σχ. 56. Η κυκλοφορία σε μία θερμική ύφεση.

Η απόκλιση στην ανώτερη τροπόσφαιρα προέρχεται από μεταβολές στην ταχύτητα ροής των μαζών. Αν μία μάζα επιταχυνθεί, ενώ πίσω της η ταχύτης παραμένει μικρή, θα δημιουργηθεί μία απόκλιση των δύο μαζών. Τον χώρο θα σπεύσει να συμπληρώσει αέρας από κατώτερα στρώματα. Αυτό θα δημιουργήσει στο έδαφος μία ύφεση, όπου υπάρχει σύγκλιση των μαζών.

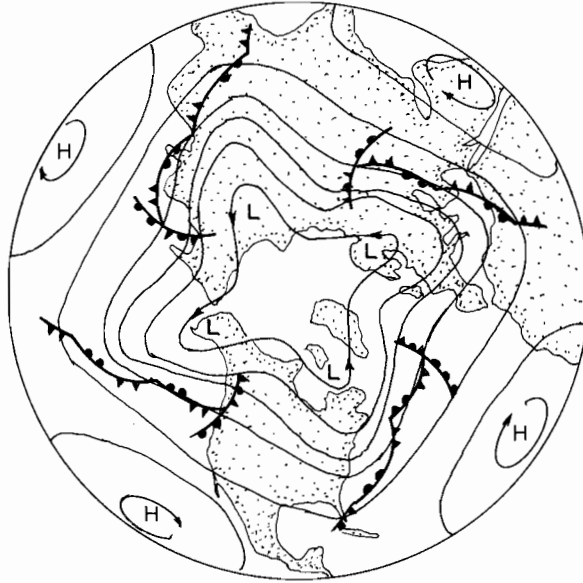
Στο σχ. 57 βλέπουμε τον άνεμο στην ανώτερη τροπόσφαιρα να κινείται ανάμεσα σε υψηλά και χαμηλά. Γνωρίζουμε ήδη ότι η κυκλωνική κυκλοφορία μειώνει την ταχύτητα ενώ η αντικυκλωνική την αυξάνει. Είναι λοιπόν προφανές ότι στον αριστερό κλάδο έχουμε σύγκλιση στον δε δεξιό απόκλιση. Αυτό έχει σαν επακόλουθο να δημιουργηθεί στο έδαφος στον αριστερό κλάδο αντικυκλώνας και στον δεξιό ύφεση.

Το σχ. 58 εικονίζει την ανώτερη ροή στο βόρειο ημισφαίριο και περιοχές όπου δημιουργούνται στο έδαφος διαδοχικά κέντρα χαμηλών πιέσεων.

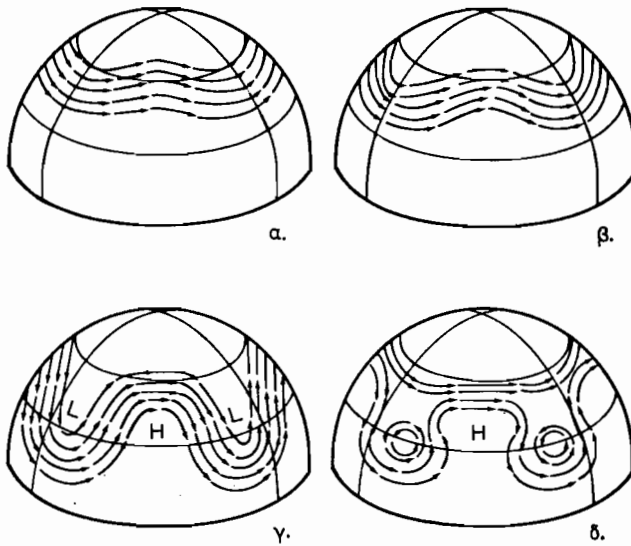
Στο σχ.59 βλέπουμε ότι η ροή αποτελείται από διαδοχικά μακρά κύματα (long waves) που κινούνται αργά προς ανατολάς. Τα κύματα αυτά άλλοτε έχουν μικρό πλάτος και άλλοτε καταλαμβάνουν μία ζώνη μεγάλου πλάτους. Στο σχ 58δ το κύμα έχει δημιουργήσει λίμνες ψυχρού αέρα στον νότο και λίμνες θερμού αέρα στον βορρά. Αυτές



Σχ. 57. Η ροή στην ανώτερη τροπόσφαιρα δημιουργεί αντικυκλώνες και υφέσεις.



Σχ. 58. Ανώτερη ροή και μέτωπα στο έδαφος.



Σχ. 59. Διαδοχικές φάσεις στην ανώτερη ροή.

οι τελευταίες δημιουργούν μεγάλους στάσιμους αντικυκλώνες εμπόδιου (*blocking anticyclones*) που ευνοούν την μεταφορά μαζών στην κατεύθυνση βορράς-νότος. Ένας τέτοιος αντικυκλώνας μπορεί τον χειμώνα να μείνει στάσιμος επί μερικές εβδομάδες πάνω από την Ευρώπη και να φέρνει στην Ελλάδα διαδοχικές ψυχρές εισβολές από τον βορρά.

Ο αεροχειμάρρος

Καθώς το δυτικό ρεύμα πνέει γύρω από την γη στην ανώτερη τροπόπαυση, υπάρχουν στενές λωρίδες όπου ο η ταχύτης του φθάνει τα 200-400 χλμ/ω. Αν ανατρέξουμε στο σχ.37β θα παρατηρήσουμε, σε γεωγραφικό πλάτος 30 και 60 μοιρών, δύο σκαλιά στην τροπόπαυση. Εκεί ακριβώς βρίσκεται ο αεροχειμάρρος (*jet stream*). Υπάρχει ο πολικός και ο υποτροπικός αεροχειμάρρος.

Ο πολικός αεροχειμάρρος είναι πολύ έντονος τον χειμώνα και βρίσκεται σε χαμηλά σχετικώς γεωγραφικά πλάτη. Η θέση του συμπίπτει με το πολικό μέτωπο όπου δημιουργούνται διαδοχικώς σειρές από υφέσεις. Ο υποτροπικός αεροχειμάρρος μετακινείται πολύ λίγο και πολλές φορές ενώνεται με τον πολικό, του οποίου η θέση είναι περισσότερο ασταθής.

Το θέρους η δυτική κυκλοφορία είναι πολύ εξασθενημένη και η ταχύτης των αεροχειμάρρων είναι μικρή. Ο πολικός μετακινείται σε πολύ μεγάλα πλάτη και ο υποτροπικός χάνει την συνέχεια και την καθαρότητά του.

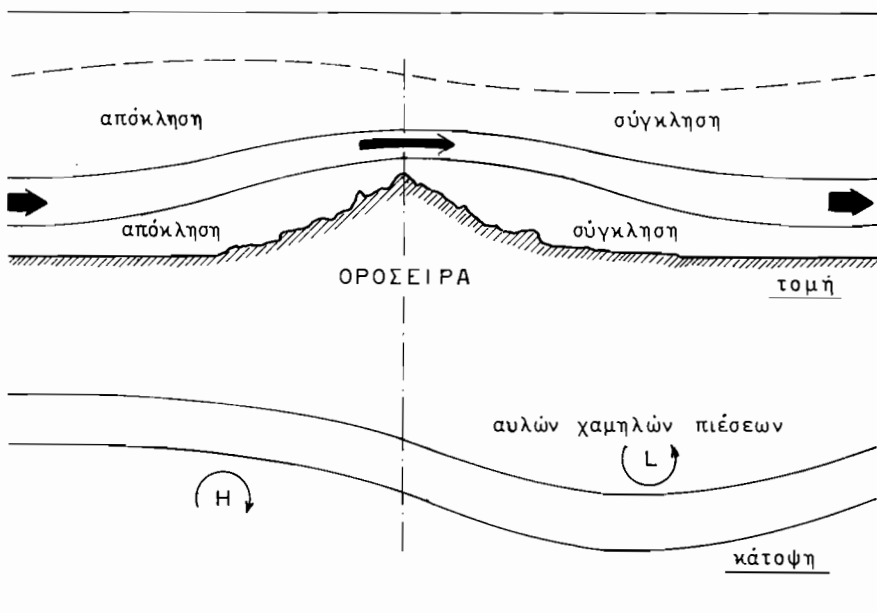
Υπήνεμα χαμηλά

Στα περί μετωπογενέσεως αναφερθήκαμε σε υφέσεις που δημιουργούνται στα υπήνεμα μεγάλων οροσειρών.

Καθώς το δυτικό ρεύμα της εύκρατης ζώνης συνωθείται για να περάσει πάνω από την οροσειρά, δημιουργεί στα προσήνεμα απόκλιση των μαζών. Αυτό συνεπάγεται μικρή εκτροπή των ανέμων προς νότο (σχ.60). Μετά την οροσειρά ο άνεμος εκρέει από την κορυφογραμμή και δημιουργείται σύγκλιση μαζών. Αυτό συνεπάγεται εκτροπή προς βορράν που αποκαθίσταται μακρύτερα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται ασθενής σφήνα υψηλών πιέσεων στην οροσειρά και αυλώνας χαμηλών πιέσεως στα υπήνεμα. Αυτή η υπήνεμη κυκλωνική στροφή και η σύγκλιση δημιουργούν τα υπήνεμα χαμηλά, την υπήνεμο κυκλογένεση.

Υπολογιστικά μοντέλα καιρού

Ελέχθη ήδη ότι σήμερα ο καιρός προβλέπεται με ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η γενική κυκλοφορία της ατμοσφαιράς κάνει απαραίτητη την ταυτόχρονη απεικόνιση όλου του βορείου ημισφαιρίου σε ενιαίο μοντέλο καιρού. Το αέριο ποτάμι, σε αντίθεση με τα υδάτινα πο-



Σχ. 60. Πως μία οροσειρά δημιουργεί κυκλογέννηση.

τάμια, δεν είναι ανοικτό αλλά κλειστό γύρω από την γη. Τα μακρά κύματα δεν μπορεί να είναι 3,5 ή 4,5. Θα είναι 3 ή 4 ώστε τα άκρα τους να συνδέονται σε συνεχή κυκλοφορία. Αυτό έχει σαν επακόλουθο ότι μία διαταραχή σε κάποιο σημείο μπορεί να έχει άμεσο αντίκτυπο σε όλη την ροή του ημισφαιρίου.

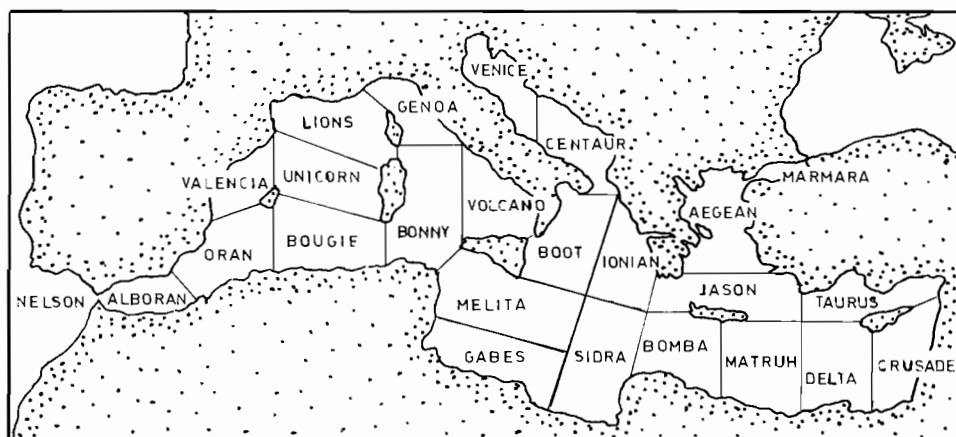
Μεγάλοι υπολογιστές στην Ευρώπη και την Αμερική τροφοδοτούνται συνεχώς με τις παρατηρήσεις που φθάνουν από όλο τον κόσμο και υπολογίζουν τον μέλλοντα καιρό. Όσο μακρύτερα στον χρόνο είναι η πρόβλεψη τόσο πιο αβέβαιο είναι το αποτέλεσμα.

Δελτία καιρού

Η ΕΜΥ παίρνει τα αποτελέσματα των μεγάλων κέντρων και ερμηνεύει τα γενικά αυτά αποτελέσματα ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες του Ελλαδικού χώρου, εκδίδοντας δελτία καιρού. Τα ολιγόλογα δελτία, όταν μεταδίδονται από μετεωρολόγους, αποκτούν επιπλέον επεξηγήσεις και την απαραίτητη χρειά αμφιβολίας που ο μετεωρολόγος γνωρίζει ότι υπάρχει μέσα σε μερικές λέξεις ενός δελτίου καιρού.

Οι ναυτιλλόμενοι έχουν στην διάθεσή τους ειδικότερα δελτία για την Ελλάδα και για την Μεσόγειο. Στο σχ. 61 αναγράφονται τα μετεωρολογικά ονόματα των διαφόρων περιοχών της Μεσογείου. Για τους ιπταμένους υπάρχουν επίσης ειδικά δελτία. Η εκπομπή VOLMET αναπτύσσεται αναλυτικά στο παράρτημα.

Γενική παρατήρηση είναι ότι τα ναυτικά δελτία αφορούν τον μέσο και-



Σχ. 61. Μετεωρολογικές περιοχές της Μεσογείου.

ρό μίας ευρείας περιοχής. Αντιθέτως τα αεροπορικά στοιχεία αναφέρονται στις τοπικές συνθήκες συγκεκριμένων αεροδρομίων. Μπορεί λοιπόν να υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΙΡΟΥ, ΒΡΟΧΟΠΟΙΑ

Από τα παλιά χρόνια, η ρύθμιση του καιρού ήταν μία από τις επιδιώξεις του ανθρώπου. Ολοι όμως οι μάγοι και οι βροχοποιοί υπήρξαν φαιδροί ουτοπιστές ή ευφυείς απατεώνες, οι οποίοι εκμεταλλεύονταν ορθές προγνώσεις τους σαν δήθεν μαγικές επεμβάσεις στον καιρό.

Τα τελευταία χρόνια η βροχοποία απέκτησε επιστημονική βάση, πλην όμως η χρησιμότης της είναι αμφίβολη.

Για να προκληθεί βροχή πρέπει να υπάρχουν νέφη με αρκετά μεγάλο ποσό νερού. Αρα σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ικανοποιητικά νέφη η βροχοποία είναι αδύνατη. Σε περιοχές με σχηματισμένα νέφη κατακόρυφης αναπτύξεως ραντίζονται τα νέφη από αεροπλάνα με χημικές ουσίες και από μερικά προέρχεται βροχή. Πιθανόν όμως, τα ίδια νέφη να έβρεχαν σε λίγο μόνα τους.

Εξ άλλου σε ξηρές περιοχές η πρόκληση τεχνικής βροχής από ένα νέφος σε ορισμένο σημείο, απλώς στερεί την βροχή από άλλο γειτονικό σημείο όπου το νέφος θα έβρεχε μόνο του. Γενικώς η βροχοποία δεν απέδωσε μέχρι σήμερα κοινώς παραδεδεγμένα οφέλη.

Περισσότερο από την βροχοποία ο ψεκασμός των νεφών είναι χρήσιμος για αντιχαλαζική προστασία. Αν κάνουμε ένα σωρειτομελάνια να βρέξει νωρίτερα, τον φέρνουμε γρηγορότερα στην φάση της διαλύσεως πριν προκληθούν καταστροφικές για τις φυτείες χαλαζοπτώσεις. Αλλά και για την αποτελεσματικότητα αυτής της δραστηριότητας εκφράζονται αμφιβολίες.

Μετατροπή του κλίματος

Κλασικό παράδειγμα θεωρίας για την μετατροπή του κλίματος ήταν παλαιότερα η δημιουργία μεγάλης λίμνης στην Σαχάρα με ροή νερού από την Μεσόγειο στην λεκάνη της Καταράχης που είναι χαμηλότερα από την θάλασσα. Η λίμνη θα καθιστούσε καλλιεργήσιμες τις κολοσιαιές έρημες εκτάσεις της Σαχάρας. Σήμερα η θεωρία αυτή δεν θεωρείται ευσταθής, γιατί η λίμνη δεν θα προκαλούσε βροχοπτώσεις στην Σαχάρα, ακριβώς όπως η Ερυθρά θάλασσα δεν μεταβάλλει τις γύρω της περιοχές σε πράσινα λιβάδια. Το έργο συζητείται πλέον μόνο για την παραγωγή ενέργειας από την υδατόπτωση που θα προκύψει μέχρις ότου γεμίσει η λεκάνη.

Υπάρχουν πολλές παρόμοιες θεωρίες με απρόβλεπτα αποτελέσματα στην γενική κυκλοφορία της ατμοσφαιρας. Μία τέτοια είναι να καλύψουμε τους παγετώνες του Νοτίου πόλου με μαύρη σκόνη ώστε να απορροφήσουν ηλιακή ενέργεια και να λιώσουν. Αλλη είναι το να εκτραπούν οι μεγάλοι ποταμοί της Βόρειας Ρωσίας προς νότο ώστε να θερμανθεί το κλίμα της Σιβηρίας. Αν σταματήσουν να ρέουν οι ποταμοί στον Βόρειο Ωκεανό, τα ρηχά νερά της περιοχής θα γίνουν αλμυρότερα και θα παγώνουν δυσκολότερα.

Παρόμοιες θεωρίες οι οποίες πιθανόν στο μέλλον να αποτελέσουν αντικείμενο σοβαρών μελετών θεωρούνται σήμερα επιστημονικοί ακροβατισμοί αγνώστων συνεπειών.

Ο άνθρωπος όμως με τα μεγάλα τεχνικά έργα του, έχει ήδη μεταβάλει σε μικρότερη κλίμακα τον καιρό. Στις πόλεις η ρύπανση της ατμοσφαιρας, η αποψίλωση και η παραγόμενη τεχνικώς θερμότης, έχουν μεταβάλει αισθητώς το τοπικό μικροκλίμα. Τα μεγάλα αποστραγγιστικά ή αρδευτικά έργα, η κοπή των δασών για συστηματική καλλιέργεια και τα μεγάλα φράγματα έχουν επίσης αλλάξει λίγο τις τοπικές συνθήκες των περιοχών τους.

ΠΑΡΕΛΘΩΝ ΚΑΙΡΟΣ

Η σταθερότης του γήινου κλίματος, παρ' όλα όσα λέγονται, είναι εκπληκτική. Επί εκατομμύρια έτη, παρά τα δραματικά γεωλογικά φαινόμενα που συνέβησαν, η διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας ήταν της τάξεως των 10C.

Προ 65 εκ. ετών κάποιο φαινόμενο εξαφάνισε από την γη όλα τα μεγάλα ζώα. Εξαφανίστηκαν οι δεινόσαυροι και άρχισε η επικράτηση των θηλαστικών. Υποθέτουμε ότι από πτώση μετεωρίτη, ή από ηφαιστειακή έξαρση, μεγάλη ποσότης σκόνης στην ατμόσφαιρα κατέβασε την θερμοκρασία και διατάραξε σοβαρά την αλυσίδα της τροφής. Τέτοιες εξαφανίσεις ειδών έχουν γίνει επανειλημμένως αλλά, η ατμόσφαιρα έχει τον τρόπο να επανέρχεται στην ίδια περίπου κατάσταση.

Την τελευταία γεωλογική περίοδο, η μετατόπιση των ηπειρών συγκέντρωσε στο βόρειο ημισφαίριο αρκετές γήινες εκτάσεις ώστε να μπορούν να φορτίζονται με κολοσιαιούς παγετώνες, σαν και αυτούς που υπάρχουν σήμερα στην Ανταρκτική. Έτσι δημιουργήθηκαν οι εποχές των παγετώνων.

Από την κοσμογραφία γνωρίζουμε ότι ο άξονας της γης δεν είναι κάθετος στο επίπεδο περιστροφής της γύρω από τον ήλιο. Ο άξονας έχει κλίση περίπου 23 μοίρες. Γνωρίζουμε όμως ότι ο άξονας έχει μετάπτωση και κλονισμό. Γνωρίζουμε επίσης ότι ο ήλιος βρίσκεται στο ένα από τα δύο κέντρα της ελλειπτικής τροχιάς της γης. Όλα αυτά κάνουν την μέση ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στο βόρειο ημισφαίριο να μεταβάλλεται. Η μεταβολή αυτή είναι ελάχιστη αλλά, με κάποιο μηχανισμό, δημιουργεί τις εποχές των παγετώνων.

Η τελευταία εποχή παγετώνων τελείωσε πριν από 25.000 χρόνια. Η θερμοκρασία στην παγωμένη αυτή εποχή ήταν μόλις 6 C χαμηλότερη από την σημερινή. Αυτό όμως αρκούσε για να φορτισθεί με πάγο όλη η βόρεια Ευρώπη, Ασία και Αμερική και να κατεβεί αντιστοίχως η στάθμη των ωκεανών.

Από τότε το κλίμα έγινε συνεχώς θερμότερο και έφθασε στο μέγιστο περί το 2.000 π.Χ. Η μέχρι τότε η κυκλοφορία της ατμοσφαιράς είχε σαν αποτέλεσμα να καλύπτεται η Σαχάρα από πράσινα λιβάδια όπου ζούσαν ελέφαντες, καμηλοπαρδάλεις και πολλά άλλα αφρικανικά ζώα. Οι ελέφαντες αυτοί επέζησαν μέχρι και στα ιστορικά χρόνια στην Βόρειο Αφρική. Είναι οι μικρόσωμοι ελέφαντες που έφερε ο Αννίβας εναντίον της Ρώμης. Το 3.500 π.Χ οι λίμνες της Σαχάρας είχαν την μεγαλύτερή τους έκταση. Η λάσπη που έφερναν στις λίμνες οι ποταμοί είναι σήμερα η άμμος που παρασύρει ο άνεμος και κατασκευάζει αμμολόφους. Στην ρωμαϊκή εποχή ακόμα, υπήρχαν αρδευτικά φράγματα στην Μέση Ανατολή και πόλεις σε περιοχές που είναι σήμερα τελείως άνωδρες.

Μετά από μία ψυχρότερη περίοδο, έχουμε πάλι θερμή περίοδο κατά το 800-1.000 μ.Χ. Τότε οι βίκινγκς, βρίσκοντας τον Βόρειο Ωκεανό απάγωτο, αποίκησαν την Γροιλανδία την οποία ονόμασαν πράσινη γη και έφθασαν στην Αμερική. Οι άποικοι της Γροιλανδίας είχαν κακή τύχη όταν οι πάγοι κατέβηκαν πάλι νοτιότερα.

Κατά τον 15ο και 16ο αιώνα έχουμε μία σημαντική ψυχρή περίοδο όταν η Ισλανδία παρέμενε συνεχώς ενωμένη με την Γροιλανδία με πάγους. Στην Ευρώπη υπήρξαν περίοδοι πείνας και επιδημιών.

Την τελευταία περίοδο και κυρίως κατά το πρώτο μισό του αιώνα μας, ο καιρός γίνεται συνεχώς ηπιότερος. Το βόρειο τμήμα των μεγάλων πεδιάδων της Αμερικής γίνεται ο αιτοβοβλώνας του κόσμου, ενώ οι πρώτοι άποικοι τις περιέγραφαν σαν έρημες εκτάσεις. Οι παραμένοντες παγετώνες του βόρειου ημισφαιρίου υποχωρούν ψηλότερα στα βουνά.

Καταστροφικές επιπτώσεις στο κλίμα

Σήμερα όλοι γνωρίζουν ότι το διοξείδιο του άνθρακα προκαλεί θέρμανση της ατμοσφαιράς. Γνωρίζουν επίσης ότι η σκόνη δημιουργεί ψύξη. Σε ιστορικούς χρόνους το ηφαιστείο της Σαντορίνης δεν επέφερε μόνο τρομακτικές καταστροφές στην Κρήτη (την Ατλαντίδα της αιγυπτιακής παραδόσεως), αλλά με την σκόνη του δημιούργησε δραματικές μεταβολές (τις πληγές του Φαραώ της εβραϊκής παραδόσεως).

Τους τελευταίους αιώνες ηφαιστεια όπως το Tambora και το Krakatau δημιούργησαν χαρακτηριστική ψύξη που καταγράφεται σε όλο τον κόσμο (year without a summer), αλλά αυτές οι εκρήξεις ήταν πολύ μικρότερες από της Σαντορίνης. Ακόμα μικρότερες ήταν οι πρόσφατες εκρήξεις St. Helen, El Chichon, Pinatumbo. Η σκόνη από τα ηφαιστεια διασκορπίζεται στην ανώτερη ατμόσφαιρα και με την γενική κυκλοφορία χρειάζεται περί τα πέντε χρόνια για να αποθεθεί με τις καθοδικές κινήσεις στους πόλους. Εκεί στους παγετώνες μπορούμε να διαβάσουμε την ιστορία χιλιάδων ετών αποτυπωμένη σε διαδοχικά στρώματα πάγου, όπως ακριβώς κάνουμε με τους ετήσιους δακτυλίους αναπτύξεως των δένδρων.

Κατά το τέλος της δεύτερης χιλιετίας μ.Χ., παρατηρήθη στον πλανήτη έξαρση ανθρώπινης δραστηριότητας που μετέβαλε κυρίως την περιεκτικότητα της ατμοσφαιρας σε ιχνοστοιχεία. Η θερμική δραστηριότης του ανθρώπου υπήρξε αμελητέα. Σαν κύρια προβλήματα προβάλλονται η συνεχής αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα που προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας (φαινόμενο θερμοκηπίου) και η καταστροφή του όζοντος. Για πρώτη φορά όμως, το ζωικό είδος που υφίσταται τις ελάχιστες αυτές μεταβολές είναι και η αιτία των μεταβολών και άρα, μπορεί να τις ανακόψει. Τα προβλήματα που δημιουργεί κάποια ανθρώπινη τεχνολογία αντιμετωπίζονται συνήθως με προηγμένη τεχνολογία. Αντιθέτως, κανένα ζώο του πλανήτη γη δεν μπορεί να ανακόψει την πτώση ουρανού σώματος ή την ηφαιστειακή δράση.

Μέλλον καιρός

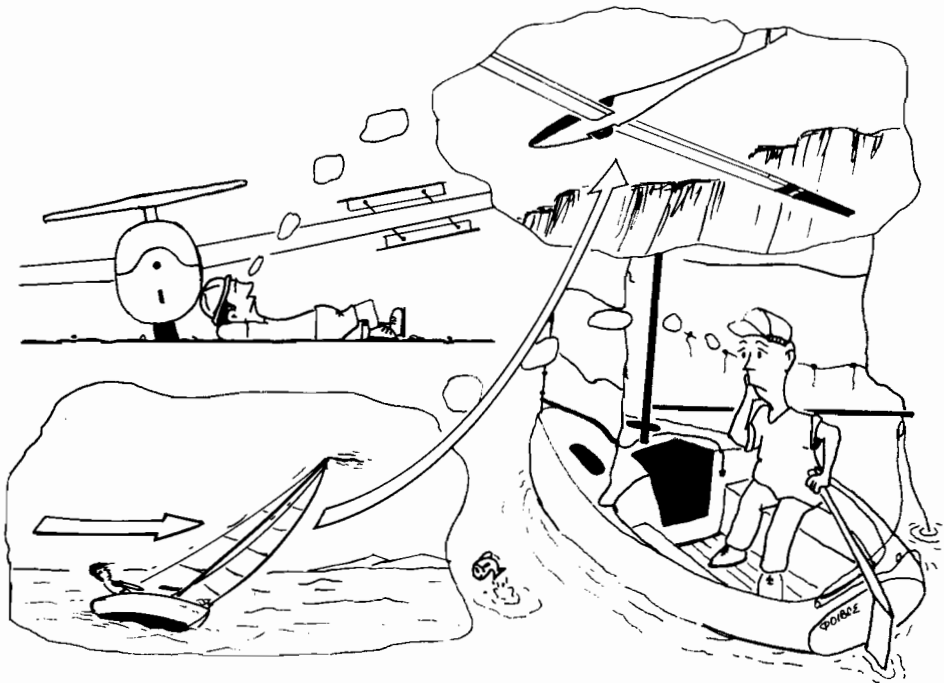
Κατά τα προσεχή χιλιάδες χρόνια είναι βέβαιο ότι θα υπάρξει νέα εποχή παγετώνων. Από την θερμή περίοδο που διανύουμε μέχρι το ψυχρότερο σημείο θα υπάρξουν πολλές αυξομειώσεις θερμοκρασίας. Ο καιρός όμως των προσεχών δεκαετιών δεν μπορεί να προβλεφθεί για όλη την γη και ακόμη λιγότερο ειδικώς για την Ελλάδα μας.

Αυτή ακριβώς η αβεβαιότης γύρω από τον καιρό είναι που κάνει τόσο εναδιαφέρουσα την μελέτη των μετεωρολογικών φαινομένων σε μεγάλη ή σε μικρή κλίμακα διαστάσεων και χρόνου. Αυτή είναι που κάνει τόσο ευχάριστες τις ερασιτεχνικές ασχολίες γύρω από τον καιρό.

Επιλογος

Η στατιστική αβεβαιότητα των μετεωρολογικών φαινομένων επιδρά αρνητικά στον συνήθη άνθρωπο. Ακόμα και αν δεν αναφέρει ότι τα φοβάται, λέει ότι τα υφίσταται, ή τα αντιμετωπίζει. Και οι δύο αυτές λέξεις υποδηλώνουν αντιπαλότητα. Επιπλέον συχνά αναφέρεται στα φαινόμενα σαν μη κανονικά, υπερβολικά, αφύσικα.

Αντίθετα από την κοινή πρακτική, οι ιστιοπλόοι και οι ανεμοπόροι συνηθίζουν να βλέπουν όλα τα φαινόμενα, σαν αναμενόμενες μεταβολές του ρευστού μέσα στο οποίο ζούμε. Σαν επιθυμητές μεταβολές που μπορεί να τις εκμεταλλευθεί για να απολαύσει το περιβάλλον του. Σαν το αντίθετο τις άπνοιας, της γαλήνης, της ευστάθειας, της ακινησίας, της μονοτονίας, της απραξίας, της ανίας.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

“ METAR ”

Την αμεσότερη εικόνα για τον καιρό της περιοχής μας την παίρνουμε από τα METAR. Αντιθέτως, οι συνοπτικοί χάρτες (αν τους έχουμε) έχουν συνταχθεί το πρωί της μίας ημέρας με στοιχεία βραδινά και ισχύουν μέχρι την άλλη ημέρα, δηλαδή είναι από 12 μέχρι 24 ώρες μπαγιατικοί.

Τα METAR είναι αναφορές καιρού των κυριότερων αεροδρομίων της χώρας μας. Έχουν το πλεονέκτημα να ανανεώνονται ανά ημίωρο. Έχουν για τους ερασιτέχνες, το πλεονέκτημα να είναι προσιτά (σε ανοικτή γλώσσα) μέσω ραδιοτηλεφώνου από μία συνεχή εκπομπή που λέγεται VOLMET, για την Αθήνα σε συχνότητα 127,8 MHz.

Τα METAR (meteorological aerodrom routine report) είναι μία από τις πολλές τυποποιημένες μετεωρολογικές πληροφορίες που διακινούνται σε παγκόσμια κλίμακα. Ο πίνακας περιλαμβάνει της κυριότερες από αυτές.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΕΙΔΟΣ	ΣΥΧΝΟΤΗΣ	
METAR	Παρατήρηση	Ημίωρο	
TREND	Πρόβλεψη	Ημίωρο	Δίωρης διάρκειας
SYNOP	Παρατήρηση	Τρίωρο	
TAF	Πρόβλεψη	Τρίωρο	Εννεάωρης διάρκειας
SIGMET	Αναγγελία		Ελεγκτής προς χειριστή
AIREP	Αναφορά		Χειριστής προς ελεγκτή

Τα SYNOP δεν αφορούν τους ερασιτέχνες. Συντάσσονται από λίγους σταθμούς σε ώρες Γκρίνουιτς 0.00 6.00 9.00 κλπ. Χρησιμοποιούνται για την σύνταξη των συνοπτικών χαρτών γι'αυτό και καταγράφονται συστηματικά στους μεγάλους υπολογιστές της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας. Ετσι είναι ευκόλως προσιτά αργότερα, εν αντιθέσει με τον μεγάλο όγκο των εφημέρων METAR.

Τα TAF (terminal aerodrom forcast) αφορούν τον καιρό που θα συναντήσει κανείς μετά από ένα μεγάλο αεροπορικό ταξίδι, μέχρι 9 ώρες.

Τα SIGMET είναι αναγγελίες κακοκαιρίας (καταιγίδες, χαλάζι,

ισχυρές αναταράξεις, κύμα όρους, αμμοθύελλες, παγοποίηση) που δίνονται από τον Ελεγκό Κυκλοφορίας σε ανοικτή γλώσσα, όταν είναι αναγκαίο. Το αντίστροφο κάνουν οι χειριστές σαν AIREP όταν παρατηρήσουν τέτοια φαινόμενα. Είναι βεβαίως απρόσιτα για όσους λειτουργούν μακριά από οργανωμένα αεροδρόμια.

Τα METAR αντιθέτως είναι προσιτά και, πρέπει να είναι σε θέση να τα χρησιμοποιεί οποιοσδήποτε ενδιαφέρεται για τον καιρό, έστω και απλώς για το κέφι του. Τα ραδιοτηλέφωνα των ανεμοπτερών έχουν την συχνότητα του VOLMET, αλλά ένας απλός δέκτης αεροπορικών συχνοτήτων αρκεί και, υπάρχει μέχρι σε μέγεθος τσέπης.

Το VOLMET μεταδίδει σε ανοικτή γλώσσα τα METAR πολλών ελληνικών αεροδρομίων, αλλά και γειτονικών χωρών. Ετσι μπορούμε ανά πάσα στιγμή να μάθουμε τον καιρό στην Αθήνα, Βόλο, Θεσσαλονίκη, Ρόδο, Ηράκλειο, Πάτρα, Κέρκυρα, δηλαδή σε όλη την Ελλάδα. Δεδομένου μάλιστα ότι τα μετεωρολογικά συστήματα έρχονται από δυσμάς, ο καιρός στο Πρίντεζι είναι μία πολύτιμη πληροφορία. Αντιθέτως τα METAR της Κύπρου και του Καΐρου δεν μας είναι πολύ χρήσιμα. Για κάθε σταθμό διαδοχικά, μαθαίνουμε από το VOLMET τις εξής πληροφορίες. Άνεμος, ορατότης, νεφώσεις, φαινόμενα, θερμοκρασία, υγρασία, πίεση.

Το METAR κάποιου σταθμού θα μπορούσε να είναι κάπως έτσι:

230/10k 5km RA 2/8Cb2000 20/12 QNH1020

και θα απαγγελόταν στο VOLMET έτσι:

Two three zero degrees, one zero knots.

Visibility five kilometers.

Rain.

Two octas cumulonimbus two thousand feet.

Temperature two zero, dew point one two.

QNH one zero two zero.

NOSIG, break.

Ας εξετάσουμε όμως κάθε στοιχείο και την χρησιμότητά του.

1) Ο άνεμος.

Δίδεται η κατεύθυνση από όπου φυσάει ο άνεμος (σε μοίρες) και η ταχύτητά του σε κόμβους.

Τον άνεμο του αεροδρομίου μας δεν περιμένουμε να τον μάθουμε από το VOLMET. Από το VOLMET όμως μαθαίνουμε την γενική ανεμολογική κατάσταση της χώρας μας, που φαίνεται από περισσότερους σταθμούς. Αυτό μας βοηθάει να εκτιμήσουμε πώς περίπου εξελίσσονται τα υπάρχοντα συστήματα. Μας βοηθάει να εκτιμήσουμε αν ο άνεμος του αεροδρομίου μας είναι γενικός ή τοπικός.

2) Η ορατότης.

Η ορατότης δίδεται σε χιλιόμετρα.

3) Φαινόμενα.

Αναφέρονται επικρατούντα φαινόμενα όπως βροχή, καταιγίδα, αναταράξεις κλπ. Παραθέτουμε ένα ενδεικτικό πίνακα καιρικών φαινομένων.

RA	rain	βροχή
DR	drizzle	ψεκάδες
SH	showers	όμβροι
SN	snow	χιόνι
GR	hail	χαλάζι
TS	thunderstorm	καταιγίδα
SQ	squall	λαίλαψ
FL	funnel	σίφων
FG	fog	ομίχλη
HZ	haze	αχλύς
FU	smoke	καπνός
PO	dustdevil	κονιορτοστρόβιλος
SA	sandstorm	αμμοθύελλα

σε αυτά το πρόθεμα	XX	heavy	σημαίνει	ισχυρό
	RE	recent		πρόσφατο
	FZ	freezing		παγωμένο

4) Νέφωση

Η νέφωση αναφέρεται σε πόσα όγδοα του ουρανού καλύπτονται και σε ποίο ύψος (σε χιλιάδες πόδια). Είναι μία περιγραφή που προκύπτει από υποκειμενική κρίση του παρατηρητή. Η ίδια νέφωση παρατηρούμενη από γειτονικούς σταθμούς μπορεί να περιγράφεται διαφορετικά. Η γενική εικόνα που παίρνουμε έχει περισσότερη σημασία από την λεπτομερή αναφορά.

5) CAVOK

Σε περίπτωση που η ορατότης είναι καλή (άνω των 10 χλμ) και ο ουρανός ανέφελος (έλλειψη χαμηλών νεφών) τα τρία προηγούμενα στοιχεία αναφέρονται συγκεντρωτικά σαν CAVOK (ceiling and visibility OK).

6) Θερμοκρασία, υγρασία.

Αναφέρεται η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου. Από πλευράς υγρασίας δίδεται το σημείο δρόσου, επίσης σε βαθμούς Κελσίου.

7) Πίεση

Δίδεται η πίεση QNH του σταθμού, σε hPa. Και το στοιχείο αυτό δεν έχει τόση αξία κατ' απόλυτο τιμή, όσο σαν εποπτεία περισσότερων σταθμών του χώρου. Μας δίνει μία εικόνα της εξελίξεως των μετεωρολογικών συστημάτων.

8) Trend

Μετά το METAR κάθε σταθμού ακολουθεί το TREND. Πρόκειται για μία πρόβλεψη της εξελίξεως του καιρού για τις προσεχείς δύο ώρες. Αν δεν αναμένεται καμία μεταβολή το TREND περιορίζεται στην λέξη NOSIG (*no significant change*).

Όλα τα στοιχεία που περιέχουν τα METAR είναι επίγεια. Πρόκειται για μετρήσεις επιγείων σταθμών, χωρίς κανένα στοιχείο από παρατηρήσεις ανώτερης ατμοσφαιράς. Συνήθως, μας ενδιαφέρουν επιπλέον η θερμοκρασία και ο άνεμος από το έδαφος μέχρι τα 5.000 μ. Τα στοιχεία παρέχονται για ορισμένα ύψη (σε hPa ή σε πόδια). Οι σταθμοί όμως που κάνουν ραδιοβολίσεις είναι ελάχιστοι. Για τα στοιχεία αυτά πρέπει να έρθουμε σε επαφή με την ΕΜΥ μέσω του μετεωρολογικού σταθμού του αεροδρομίου μας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

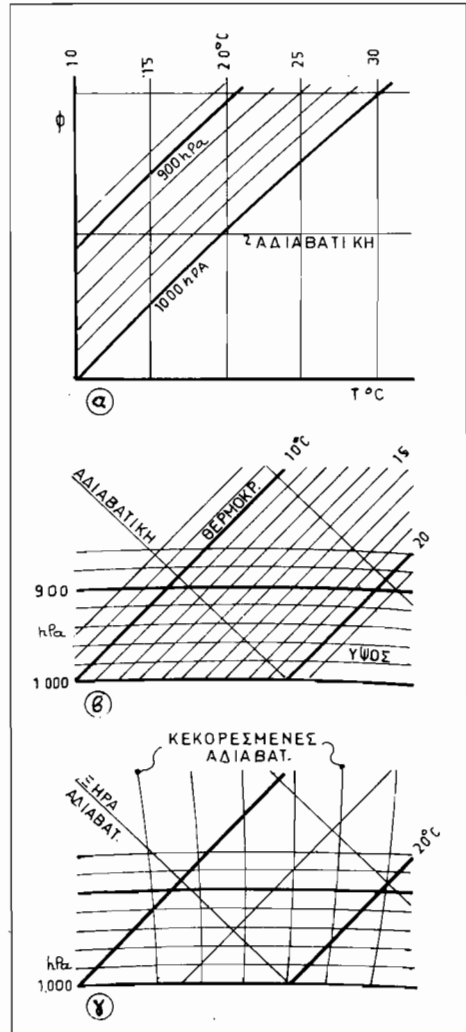
ΤΟ ΤΕΦΙΓΡΑΜΜΑ

Για την μελέτη της ατμοσφαιρικής αστάθειας η μετεωρολογία χρησιμοποιεί το τεφίγραμμα. Είναι ένα διάγραμμα που στον οριζόντιο άξονα έχει την θερμοκρασία T , στον δε κατακόρυφο άξονα έχει την ενθαλπία Φ (που δεν μας ενδιαφέρει). Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι ότι κάθε κατακόρυφος ευθεία είναι ισόθερμη και κάθε οριζόντια ευθεία είναι μία ξηρή αδιαβατική μεταβολή.

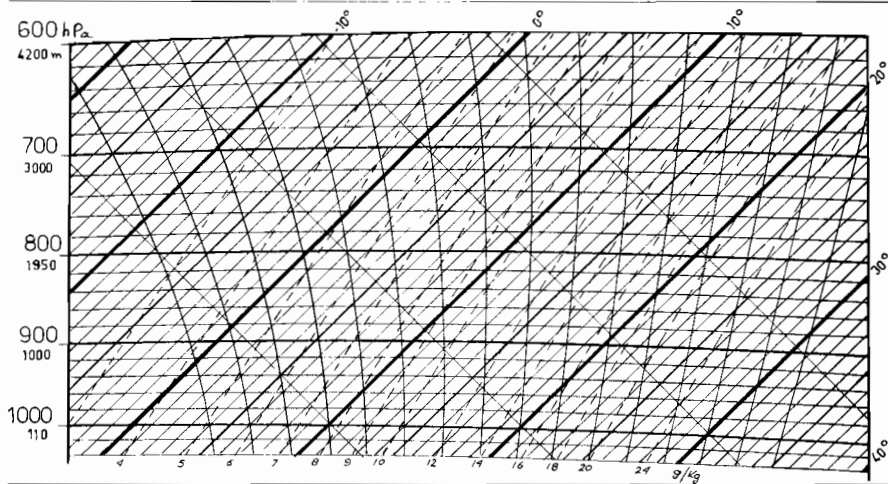
Το τεφίγραμμα στην πρωτόγονη μορφή του απεικονίζεται στο σχ.62α Στο σχήμα αυτό έχουν σχεδιαστεί οι γραμμές ίσης πίεσεως, δηλαδή οι ισούψεις. Αυτές είναι καμπύλες και όχι ευθείες.

Στην πράξη, το τεφίγραμμα δεν το χρησιμοποιούμε όπως φαίνεται στο σχ.62α αλλά το γυρίζουμε οριζόντια ώστε οι ισούψεις καμπύλες να βρίσκονται στην φυσική τους οριζόντια θέση. Αυτό φαίνεται στο σχ.62β όπου προς τα επάνω έχουμε το ύψος σε hPa .

Μέχρις εδώ το τεφίγραμμα πολύ λίγο διαφέρει από το διάγραμμα θερμοκρασίας-ύψους που ξέρουμε ήδη να χρησιμοποιούμε και, ονομάζεται ψευδοαδιαβατικό διάγραμμα. Το τεφίγραμμα όμως έχει πρόσθετες γραμμές που αφορούν την υγρασία.



Σχ. 62. Διαδοχική χάραξη γραμμών στο τεφίγραμμα.

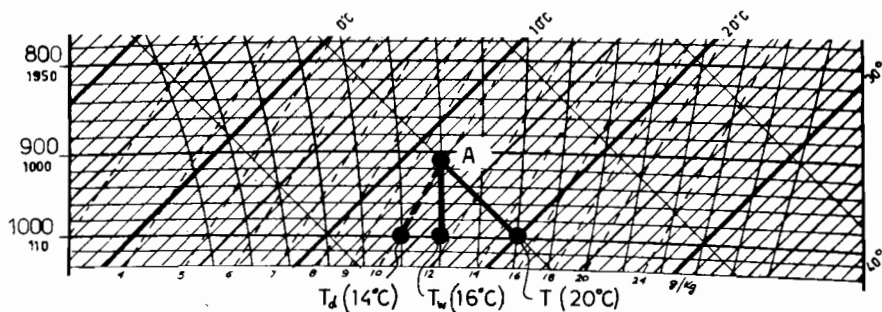


Σχ. 63. Το τεπίγραμμα στην τελική του μορφή.

Στο σχ.62γ βλέπουμε βεβαίως τις ήδη γνωστές μας ξηρές αδιαβατικές, για μεταβολές εκτός νεφών. Εκτός όμως από αυτές, έχουν χαραχθεί και οι υγρές (κεκορεσμένες) αδιαβατικές που μας δίνουν τις μεταβολές εντός νεφών.

Στο τελικό τεπίγραμμα του σχ.63 έχουμε όλες τις γραμμές που ήδη αναφέραμε, υπάρχουν όμως και με διακεκομμένες γραμμές οι γραμμές περιεκτικότητας υδρατμών του αέρα σε κεκορεσμένη κατάσταση.

Το τεπίγραμμα που χρησιμοποιούν οι μετεωρολόγοι αρχίζει από το έδαφος και φθάνει μέχρι την στρατόσφαιρα. Για ανεμοπορική όμως χρήση αρκεί το μικρό κατώτερο τμήμα που απομονώσαμε στο σχήμα μας. Αστάθεια που φθάνει σε μεγάλα ύψη είναι για τους ανεμοπόρους μάλλον βλαβερή, καθώς προκαλεί θερμική υπερανάπτυξη και χαλάει τον καιρό.



Σχ. 64. Ύψος βάσεως νεφών.

Πρόβλεψη ύψους βάσεως νεφών

Το τεφίγραμμα φαίνεται εκ πρώτης όψεως πολύπλοκο, γίνεται όμως εύκολα κατανοητό με απλές εφαρμογές. Για να κατανοήσουμε την χρήση των θερμοκρασιών ας προσέξουμε το σχ.64. Εστω ότι σε ύψος 900 μέτρων έχουμε αέρα κεκορεσμένο θερμοκρασίας 12,5 C. Στο σχήμα μας την κατάσταση αυτή απεικονίζει το σημείο Α. Εφ' όσον ο αέρας είναι κεκορεσμένος, διαβάζουμε στις διακεκομμένες γραμμές του διαγράμματος την απόλυτη υγρασία του (10 g/kg).

Αν αυτή την μάζα αέρα την κατεβάσουμε αδιαβατικώς μέχρι το έδαφος (πχ. επίπεδο 1000 hPa) η μάζα θα θερμανθεί αδιαβατικώς σε θερμοκρασία 20 C (σημείο Τ του διαγράμματος). Πρόκειται για την ίδια διαδικασία που κάναμε στο ψευδοαδιαβατικό διάγραμμα.

Στο τεφίγραμμα όμως έχουμε πρόσθετα στοιχεία υγρασίας. Η απόλυτη υγρασία της μάζας δεν έχει βεβαίως μεταβληθεί. Είναι πάντα 10 g/kg, και αυτό απεικονίζεται στο σημείο Td του διαγράμματος. Η θερμοκρασία του σημείου Td (14 C) είναι το σημείο δρόσου της μάζας.

Η μάζα του σημείου Τ αν ήταν κεκορεσμένη θα έπρεπε να είχε απόλυτη υγρασία 15 g/kg. Άρα υπολογίζουμε αμέσως την σχετική υγρασία της μάζας $10/15=0,66$ (δηλαδή 66%).

Αν από το σημείο Α κατεβούμε στο επίπεδο του εδάφους κατά μήκος των υγρών αδιαβατικών καμπυλών, φθάνουμε στο σημείο Tw. Η θερμοκρασία του σημείου Tw είναι η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου της μάζας (16 C).

Μετά από αυτή την ανάλυση, ας κάνουμε στο σχήμα μας την αντίθετη κίνηση. Το πρόβλημα που εμφανίζεται συνήθως είναι, να έχουμε μία μάζα θερμοκρασίας Τ (20 C) και σημείου δρόσου Td (14 C). Θέλουμε να μάθουμε σε ποίο επίπεδο πρέπει να ανέλθει η μάζα για να γίνει κεκορεσμένη.

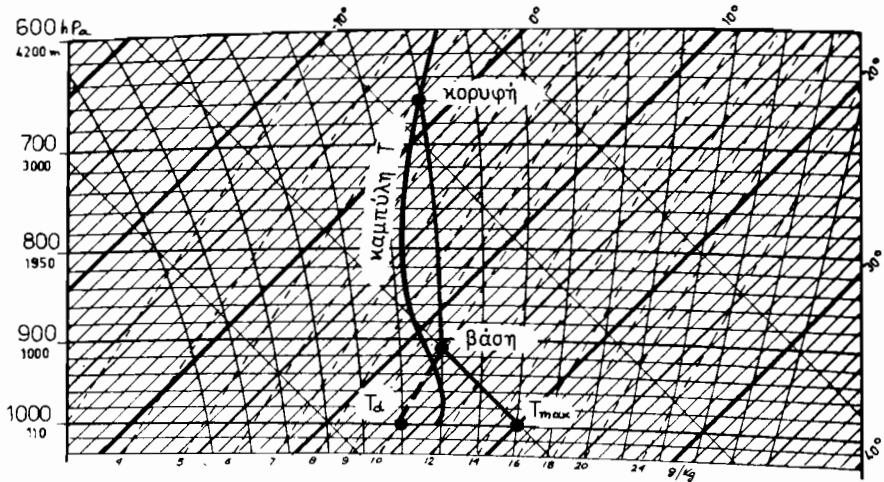
Το πρόβλημα το έχουμε ήδη λυμένο στο σχήμα μας. Ανεβαίνουμε κατά μήκος των ξηρών αδιαβατικών μέχρις ότου φθάσουμε στην διακεκομμένη γραμμή του σημείου Td. Εκεί η υγρασία κορεσμού έχει ίδια τιμή με την υγρασία της μάζας, άρα έχουμε κορεσμό.

Έτσι βρήκαμε το ύψος βάσεως νεφών αν, εκείνη την μέρα, η μάζα ανέβαινε λόγω αστάθειας.

Ξεκινώντας από τις θερμοκρασίες Τ και Td και ανεβαίνοντας στο σημείο Α βλέπουμε ότι οι ευθείες συγκλίνουν κατά 1 C ανά 125 μέτρα ύψους. Θα μπορούσαμε λοιπόν να υπολογίσουμε χονδρικώς την βάση νεφών σε μέτρα πάνω από το έδαφος με τον τύπο $H=125(T-Td)$.

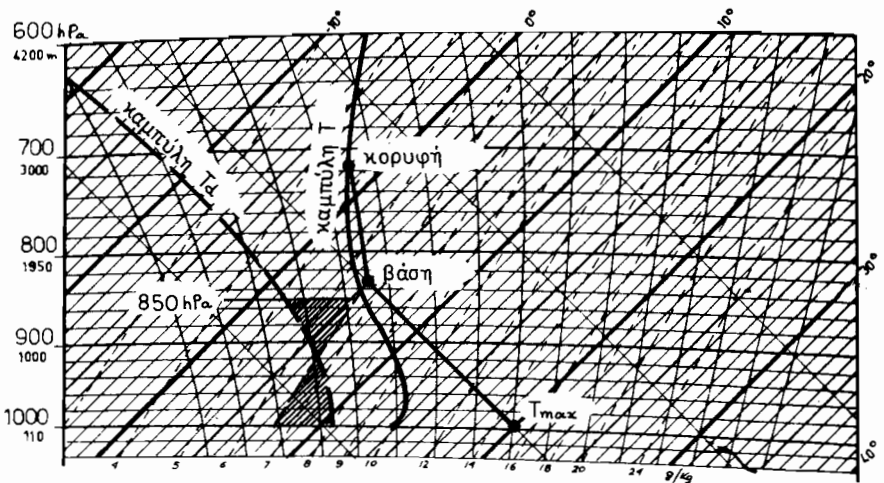
Πρόβλεψη αστάθειας

Το επόμενο βήμα είναι να προβλέψουμε την αστάθεια. Στο σχ.65 έχουμε χαράξει την υποθετική καμπύλη της θερμοκρασίας της ατμοσφαιρας την ημέρα που εξετάζουμε.

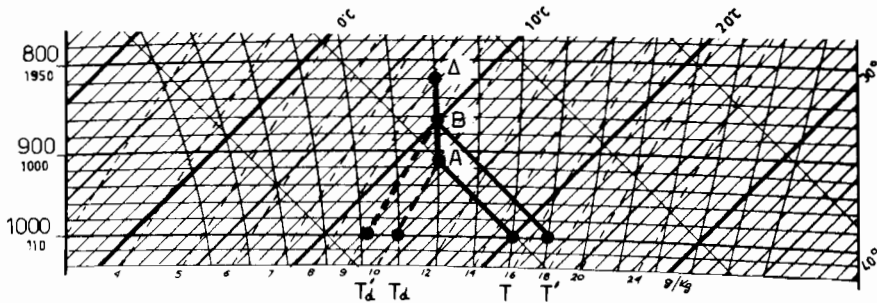


Σχ. 65. Πρόβλεψη αστάθειας.

Βλέπουμε ότι η μάζα T λόγω της αστάθειας έφθασε στο επίπεδο της βάσεως των νεφών και συνέχισε την άνοδό της. Η άνοδος πάνω από την βάση των νεφών δεν γίνεται κατά μήκος των ξηρών αδιαβατικών, αλλά κατά μήκος των υγρών αδιαβατικών. Έτσι βρίσκουμε το ύψος της κορυφής των νεφών.



Σχ. 66. Αστάθεια και μίξη.



Σχ. 67. Ο άνεμος φεν στο τεφίγραμμα.

Δυστυχώς οι μικρές μάζες των θερμικών, που χρησιμοποιούν οι ανεμοπόροι, δεν ανεβαίνουν αδιαβατικώς, αλλά έχουμε μία μικρή μίξη με τον περιβάλλοντα αέρα. Λόγω αυτής της μίξεως η βάση νεφών είναι συνήθως λίγο ψηλότερα από ότι προβλέπει η απλή αυτή διαδικασία.

Αν θέλουμε να βρούμε την βάση των νεφών με καλύτερη προσέγγιση μας χρειάζεται και η καμπύλη του σημείου δρόσου μετά του ύψους (καμπύλη T_d στο σχ.66). Η συνηθισμένη πρακτική είναι να μην χρησιμοποιούμε το σημείο δρόσου του εδάφους αλλά το μέσο σημείο δρόσου από το έδαφος μέχρι τα 850 hPa. Στο σχήμα μας τα διαγραμμισμένα εμβαδά είναι περίπου ίσα.

Άνεμος φεν

Ένα πολύ παραστατικό πρόβλημα πάνω στο τεφίγραμμα είναι ο άνεμος foehn. Στο σχ.67 βλέπουμε την ίδια μάζα που εξετάσαμε να ανεβαίνει μέχρι το επίπεδο Δ για να περάσει μία οροσειρά. Έστω ότι από την μάζα έπεσε βροχή έτσι ώστε η μάζα έχασε 1 g/kg υγρασία.

Η μάζα κατά την κάθοδό της δεν θα φθάσει πάλι στο σημείο A (10 g/kg) αλλά στο σημείο B (9 g/kg). Μετά το σημείο B θα κατεβεί κατά την ξηρή αδιαβατική μέχρι το σημείο T'. Το νέο σημείο δρόσου θα είναι το Td'. Βλέπουμε δηλαδή ότι η μάζα στα υπήνεμα της οροσειράς θα προκύψει θερμότερη και ξηρότερη.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ

● “Ανεμόπτερο και μετεωρολογία”

Δελτίο Μετεωρολογικής Εταιρείας, Δεκ.76
Εκθεση επί της πείρας από πτήσεις στην περιοχή Τατοίου.

● “Ορατό μέτωπο αύρας”

Περιοδικό Αθλητική Αεροπορία, Σεπτ.79
Βασισμένη σε παρατηρήσεις με ανεμόπτερα στην περιοχή Τατοίου.

● “Ροή γύρω από τον Υμηττό”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Οκτ.86
Βασισμένη σε αναφορές αιωροπτεριστών.

● “Ροή γύρω από την Αίγινα”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Ιουλ.87, Οκτ.87, Απρ.88
Βασισμένη σε ιστιοπλοϊκές παρατηρήσεις.

● “Μελέτη ή αύρα;”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Ιαν.88
Συσχέτιση των METAR Ελληνικού με ιστιοπλοϊκές αναφορές, συνεργασία με τον ιστιοπλόο Κ. Σκόκο.

● “Ημερήσια στροφή του Β στον Υμηττό”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Απρ.88
Συσχέτιση παρατηρήσεων Σταθμού Ανωτέρας Ατμοσφαιρας με αναφορές αιωροπτεριστών, συνεργασία με τον μετεωρολόγο Α.Αρνιακό.

● “Μέτωπο αύρας στην Αθήνα”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Μαί.89, Οκτ.89, Ιουν.90
Συσχέτιση των SYNOP πέντε σταθμών του λεκανοπεδίου και του Σταθμού Ανωτέρας Ατμοσφαιρας με πολυετή συστηματική καταγραφή φαινομένων, συνεργασία με τον μετεωρολόγο Ν. Πρεζεράκο.

● “Κυνηγώντας την αύρα”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Ιουν.90

● “Το Κατάι του Σολομού”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Νοε.90

Συνέχεια της έρευνας για την αύρα του Σαρωνικού.

● “Ποιά αδιαβατική;”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Απρ.91
Αδιαβατική και μίξη πάνω στο μέτωπο αύρας

● “Το αδαμαντορυχείο”

Περιοδικό Αεραθλητισμός, Οκτ.91
Συσχέτιση της συνοπτικής καταστάσεως με το κύμα όρους στην Εδεσσα, συνεργασία με τον ανεμοπόρο Ι. Κλημεντίδη.

● “Η αύρα του Σαρωνικού”

Περιοδικό Ιστιοπλοΐα, Νοε.91
Ανακεφαλαίωση των μέχρι τότε αποτελεσμάτων της έρευνας.

**Αερολέσχη Εδέσσης
Πλάτωνος 16
582 00 ΕΔΕΣΣΑ
Τηλ. (0381) 22.954**