



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΚΕΝΤΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Μια εκπαιδευτική προσέγγιση

Μέρος Α': Βασικές Έννοιες



ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑ ΠΗΛΙΟΥ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2007

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΚΕΝΤΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

ΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

ΜΕΡΟΣ Α΄: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ



ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑ ΠΗΛΙΟΥ
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2007

Copyright © 2007

Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μακρινίτσας
370 11 ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑ

Τηλ.: 2428069040, τηλ. και fax: 2428090010

Website: <http://kpe-makrin.mag.sch.gr>, e-mail: mail@kpe-makrin.mag.sch.gr

Επιμέλεια κειμένων:

Βίγκλας Παναγιώτης

Φυσικός - Πληροφορικής

Μέλος της Παιδαγωγικής Ομάδας του Κ.Π.Ε Μακρινίτσας

ISBN: 978-960-98043-5-6

Δημιουργικό έκδοσης & παραγωγή:



ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ Α.Β.Ε.Ε.

Αρδηττού 12-16, 116 36 Αθήνα

Τηλ.: 210.921.7513, 210.921.4820 • Fax: 210.923.7033

www.eptalofos.gr • e-mail: info@eptalofos.gr

Το παρόν εγχειρίδιο εκδόθηκε στο πλαίσιο της πράξης 2.6.1α του Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. για τα «Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης», συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΚΤ) και το Ελληνικό Δημόσιο και εκδίδεται για την κάλυψη των εκπαιδευτικών αναγκών του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μακρινίτσας και την υποστήριξη των εκπαιδευτικών που υλοποιούν παρόμοια προγράμματα στα Σχολεία τους. Για τους λόγους αυτούς διατίθεται δωρεάν σε εκπαιδευτικές μονάδες και σχολεία που επισκέπτονται το Κέντρο.

Τα κείμενα και τα φύλλα εργασίας αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία του Κ.Π.Ε. Μακρινίτσας και επιτρέπεται η με οποιονδήποτε τρόπο αναπαραγωγή τους για εκπαιδευτικούς σκοπούς, με αναφορά στην πηγή προέλευσης.

Οι φωτογραφίες αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία των δημιουργών.

Φορέας υλοποίησης έργου: Κοινότητα Μακρινίτσας



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

Περιεχόμενα

	Σελ.
ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΥ Κ.Π.Ε. ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑΣ.....	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΣΤΗΝ ΕΚΔΟΣΗ.....	9
ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	10
ΛΑΪΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.....	12
Μερομήνια.....	13
ΤΟΠΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.....	14
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	14
Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος.....	14
Θερμική ακτινοβολία	15
ΠΙΕΣΗ.....	16
Μεταβολή της πίεσης με το ύψος.....	17
Μεταβολή της πίεσης στην επιφάνεια.....	18
ΑΝΕΜΟΣ.....	19
Αύρες.....	24
Μουσώνες.....	25
ΥΓΡΑΣΙΑ.....	26
Εξάτμιση.....	28
ΑΝΟΔΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ.....	28
Η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα.....	29
Αδιαβατική θερμοβαθμίδα.....	29
Αστάθεια της ατμόσφαιρας.....	29
ΝΕΦΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	30
ΒΡΟΧΗ & ΧΙΟΝΙ.....	31
ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ & ΧΑΛΑΖΙ.....	33
ΟΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΝΕΦΗ.....	34
Άνεμος Φέν.....	36
Κύματα Όρους.....	36
ΕΙΔΗ ΝΕΦΩΝ.....	37
ΟΜΙΧΛΗ.....	38
Ομίχλη ακτινοβολίας.....	38
Ομίχλη μεταφοράς.....	39
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ.....	39

Οι θετικές και αρνητικές αστραπές	42
Ο ήχος της βροντής	42
Μέτρα προστασίας.....	43
ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	44
ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	44
Μεταφορά ενέργειας	45
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ.....	46
Τροπική Ζώνη.....	47
Πολική Ζώνη.....	48
Εύκρατη Ζώνη	48
ΜΕΤΩΠΑ.....	49
Τα μέτωπα πάνω στο συνοπτικό χάρτη.....	50
Ο ΚΑΙΡΟΣ ΤΗΣ ΕΥΚΡΑΤΗΣ ΖΩΝΗΣ	51
Αντικυκλώνες.....	51
Υφέσεις.....	51
ΑΕΡΙΕΣ ΜΑΖΕΣ.....	53
Ο ΚΑΙΡΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	54
Το καλοκαίρι	54
Ο χειμώνας.....	54
Τοπικές επιδράσεις	56
Ο καιρός στη Θεσσαλία	56
ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΟΥ ΚΑΙΡΟΥ	57
ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΙΡΟΥ	59
Βροχοποιία - Τεχνητή βροχή.....	59
Μετατροπή κλίματος.....	60
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	73



Πρόλογος υπευθύνου Κ.Π.Ε. Μακρινίτσας

Στις μέρες μας σε όλους μας γίνεται λιγότερο ή περισσότερο κατανοητό, η μεγάλη καταστροφή που συντελείται από τον άνθρωπο στο περιβάλλον. Το κόστος που "πληρώνει" το περιβάλλον για το σύγχρονο τρόπο ζωής με τις απεριόριστες ανέσεις, την πολυτέλεια και τον άκρατο καταναλωτισμό, και μάλιστα για ένα μόνο κομμάτι του ανθρώπινου πληθυσμού, είναι μεγάλο. Οι πληγές που ανοίξει στο κορμί του πλανήτη μας είναι βαθιές και αμφίβολο αν κάποτε θα κλείσουν.

Επιτακτική ανάγκη πλέον για το μέλλον αποτελεί η εφαρμογή μιας αειφόρου ανάπτυξης, μιας ανάπτυξης δηλαδή που θα ικανοποιεί τις ανάγκες του σημερινού ανθρώπου χωρίς να στερεί από τις επόμενες γενιές το δικαίωμα αυτό.

Στην κατεύθυνση αυτή αποσκοπεί και η λειτουργία των Κέντρων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης της χώρας μας. Τα Προγράμματά τους, στην πλειοψηφία τους, στοχεύουν στην ανάπτυξη αισθήματος ευθύνης των αυριανών πολιτών με σκοπό την αλλαγή στάσεων ζωής, ώστε να ανακοπεί η ολισθηρή αυτή πορεία προς την ολοκληρωτική καταστροφή του περιβάλλοντος και τελικά του ίδιου του ανθρώπου.

Το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μακρινίτσας, που λειτουργεί από το 1999, έχει δεχθεί μέχρι την ημερομηνία της έκδοσης αυτής, περίπου 17.000 μαθητές στους οποίους οι εκπαιδευτικοί του Κέντρου προσπάθησαν, άλλες φορές με μεγαλύτερη επιτυχία άλλες όχι, να μεταδώσουν κάποιες από τις αρχές και τις αξίες που πρέπει να έχει ο αυριανός πολίτης ώστε να συνειδητοποιήσει την άσχημη κατάσταση στην οποία έχει περιέλθει το περιβάλλον και να αναλάβει ενεργό δράση για την προστασία του.

Η παρούσα έκδοση φιλοδοξεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών εκείνων που ευαισθητοποιημένοι οι ίδιοι πάνω σε θέματα περιβάλλοντος, προσπαθούν μέσα από τη λειτουργία των Περιβαλλοντικών Ομάδων των σχολείων τους, να μεταλαμπαδεύσουν τις ευαισθησίες και τις ανησυχίες τους αυτές στους μαθητές τους. Στους εκπαιδευτικούς εκείνους που ξεπερνώντας τις όποιες δυσκολίες αναλαμβάνουν, εκτός από την τυπική κάλυψη μιας ύλης, την ουσιαστική εκπαίδευση ενός υπεύθυνου αυριανού πολίτη της χώρας.

Κολτσιδόπουλος Ευριπίδης

Βιολόγος, Υπεύθυνος του Κ.Π.Ε Μακρινίτσας

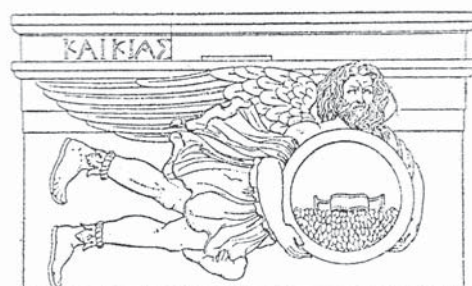


Η φωτογραφία του εξωφύλλου:

Στα ανατολικά της Ρωμαϊκής Αγοράς (οδός Αιόλου) βρίσκεται ο εικονιζόμενος στη φωτογραφία του εξωφύλλου Πύργος των Ανέμων ή το Ωρολόγιον του Κυρρήστου ή Ναός του Αιόλου ή Αέρηδες. Οφείλει το όνομά του, στον κατασκευαστή, τον αστρονόμο Ανδρόνικο από την Κύρρο της Μακεδονίας και είναι κτίσμα του πρώτου μισού του 1ου αιώνα π.Χ. Έχει σχήμα οκταεδρικό και σε κάθε έδρα, στο επιστήγιό του, βρίσκεται ανάγλυφο που παριστάνει έναν από τους οκτώ γνωστούς ανέμους κατά την αρχαιότητα με την εξής σειρά:

**ΒΟΡΕΑΣ**

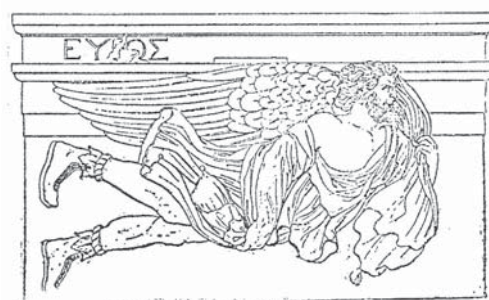
Απέναντι από την οδό Αιόλου ο Βορέας απεικονίζεται ως ένας γενειοφόρος αγριωπός άνδρας ντυμένος με ζεστό μανδύα που ετοιμάζεται να φυσήσει μέσα από ένα μεγάλο όσπρακο.

**ΚΑΙΚΙΑΣ**

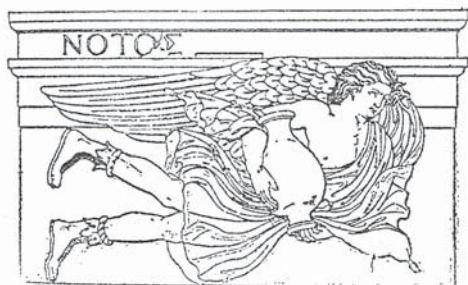
Ακολουθεί ο Καικίας, ο βορειοανατολικός υγρός άνεμος, που συχνά συνοδεύεται από χιόνι, χαλάζι και θύελλα. Απεικονίζεται ως ένας γενειοφόρος γέροντας που αδειάζει χαλαζόπετρες μέσα από μια στρογγυλή ασπίδα.

**ΑΠΗΛΙΩΤΗΣ**

Μετά είναι ο Απηλιώτης, ο ανατολικός άνεμος που φέρνει φιλή βροχή. Απεικονίζεται σαν ένας νεαρός με ανεμισμένα μαλλιά, που κρατάει φρούτα, κηρήθρα και στάχια. Οι αρχαίοι πίστευαν πως αυτός ο άνεμος βοηθάει την γονιμότητα και την αφθονία.

**ΕΥΡΟΣ**

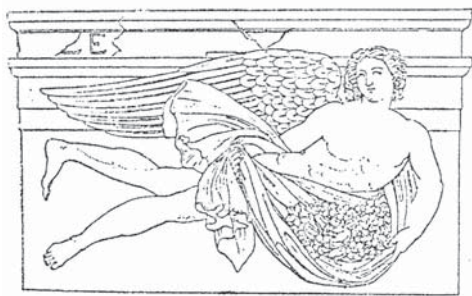
Στη συνέχεια είναι ο Εύρος, ο αποπνικτικός νοτιοανατολικός άνεμος, και μοιάζει με έναν σκυθρωπό γέροντα τυλιγμένο σε βαρύ μανδύα.

**ΝΟΤΟΣ**

Ο Νότος, ο ζεστός και πολύ υγρός νότιος άνεμος, αναπαρίσταται από έναν νεαρό που αδειάζει μια υδρία.

**ΛΙΨ**

Ο Λιψ (Λίβας), ο νοτιοδυτικός άνεμος, μοιάζει με έναν εύρωστο άνδρα που κρατά στα χέρια του ένα άφλαστρο (κόσμημα από πρύμνη αρχαίου πλοίου).



ΖΕΦΥΡΟΣ

Ο Ζέφυρος, ο δυτικός άνεμος, που το καλοκαίρι είναι πνιγνός αλλά την άνοιξη ζεστός και ευχάριστος, προσωποποιείται από έναν χαμογελαστό και κομψό νεαρό, που μεταφέρει μέσα στον φαρδύ μανδύα του ένα πλήθος από ανοιξιάτικα λουλούδια.



ΣΚΙΡΩΝ

Και ο Σκίρων, ο βορειοδυτικός άνεμος, απεικονίζεται ως ένας γενειοφόρος γέρος με βλοσυρή όψη. Ο άνεμος αυτός που είναι πολύ ψυχρός τον χειμώνα αλλά ζεστός το καλοκαίρι, είναι επιβλαβής για την υγεία και προκαλεί μεγάλες ζημιές στις καλλιέργειες. Γι' αυτό και απεικονίζεται να σκορπίζει στάχτες και κάρβουνα.

Στην κορυφή της στέγης του Πύργου των Ανέμων υπήρχε ένας χάλκινος ανεμοδείκτης με τη μορφή Τρίτωνα, που σήμερα δεν σώζεται, και ο οποίος έδειχνε την κατεύθυνση των ανέμων, οι οποίοι εικονίζονται προσωποποιημένοι από κάτω. Σε κάθε πλευρά, κάτω από τις παραστάσεις των ανέμων είναι χαραγμένες ακτίνες ηλιακών ρολογιών που σήμερα με δυσκολία διακρίνονται. Για τις μέρες χωρίς ήλιο και τις νύχτες λειτουργούσε στο εσωτερικό του πύργου υδραυλικό ρολόι με νερό που κατέβαινε από τις πηγές της βόρειας πλαγιάς της Ακρόπολης. Το κτίριο αυτό λειτουργούσε σαν ένας μετεωρολογικός σταθμός της εποχής. Ήταν πολύ σημαντικό για το εμπόριο της γειτονικής αγοράς να γνωρίζουν την ακριβή ώρα και τους ανέμους, ώστε να μπορούν να υπολογίσουν πότε περίπου θα έρχονταν ή θα έφθαναν στον τόπο προορισμού τους τα προϊόντα που στέλνονταν δια θαλάσσης. Ο Πύργος των Ανέμων κατά την παλαιοχριστιανική περίοδο (5ος αι. μ.Χ.) λειτουργούσε ως εκκλησία ή βαπτιστήριο κάποιας γειτονικής εκκλησίας, ενώ έξω από την ΒΑ είσοδό του υπήρχε χριστιανικό κοιμητήριο όπως έδειξαν οι ανασκαφές.

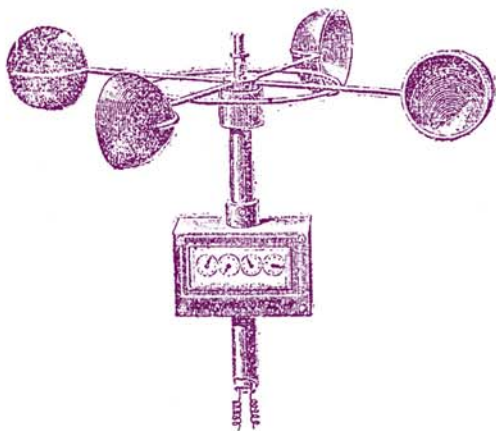
Λίγα μέτρα ΒΔ από τον Πύργο των Ανέμων χτίστηκαν τον 1ο αι. μ.Χ. οι Βεσπασιανές, δημόσια αποχωρητήρια (κάτω από τα οποία υπήρχε βαθύς αποχετευτικός αγωγός) για την εξυπηρέτηση του πολυπληθούς κοινού που σύχναζε στη γειτονική Αγορά.

Με το πέρασμα του χρόνου όμως η χρήση του πύργου μεταβλήθηκε. Έτσι το 18ο αιώνα μετατράπηκε σε «τεκέ των Μεβλεβήδων», δηλαδή τόπο προσευχής με όλα τα χαρακτηριστικά στοιχεία της μωαμεθανικής λατρείας.

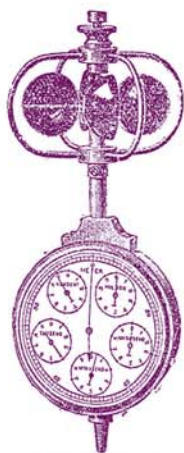
Το 19ο αι. χρησιμοποιήθηκε ως αποθήκη ευρημάτων των πρώτων ανασκαφών της Αρχαιολογικής Εταιρείας (1837-1846).

Ένας ενδιαφέρον ιστότοπος με περισσότερες πληροφορίες για τους Αέρηδες είναι: http://www.sundials.gr/Tower_of_the_winds.htm

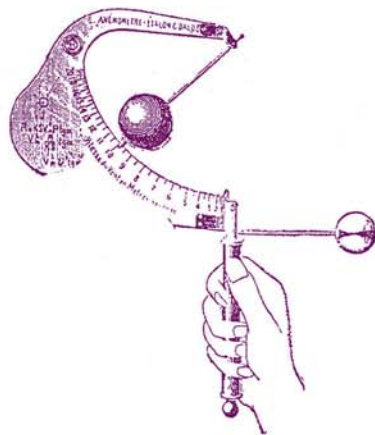




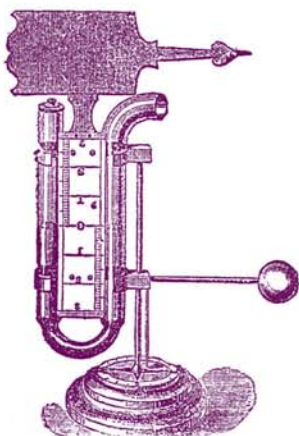
Ἀνεμόμετρον R. Robinson.



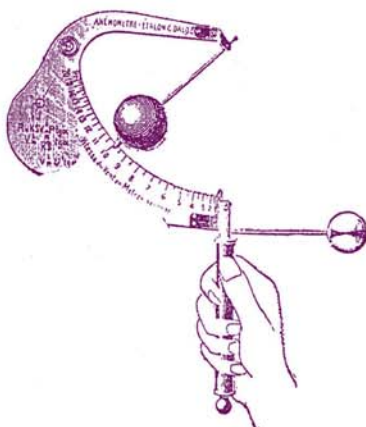
Φορητὸν ἀνεμόμετρον Robinson.



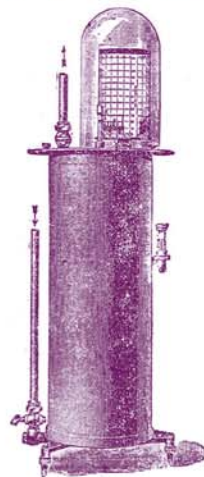
Ἀνεμόμετρον τοῦ Daloz.



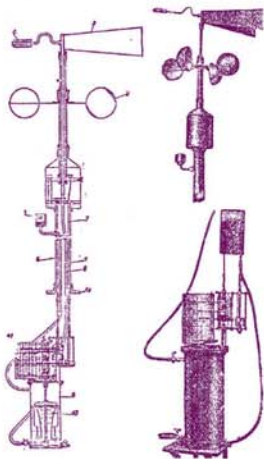
Ἀνεμόμετρον Lind.



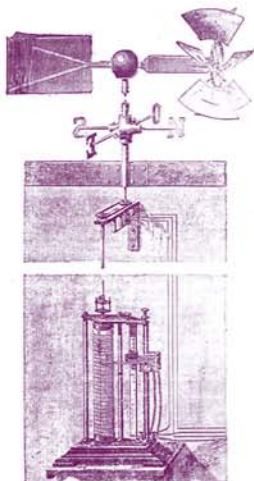
Ἀνεμόμετρον τοῦ Daloz.



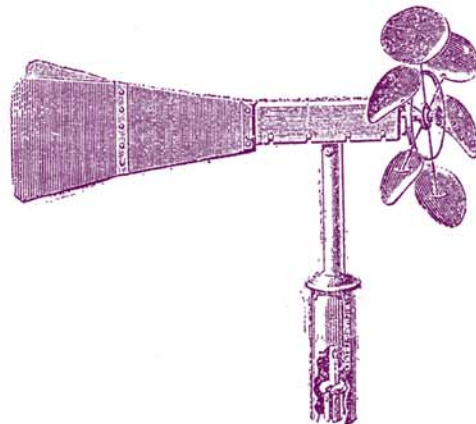
Ἀνεμογράφος Dines.



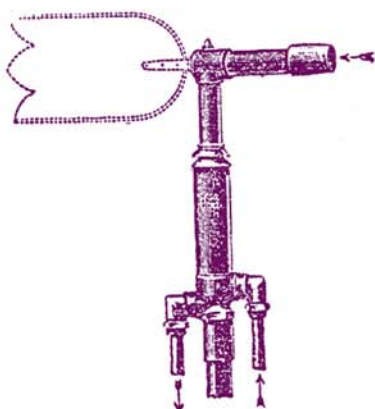
Ἀνεμογράφος Fiesch.



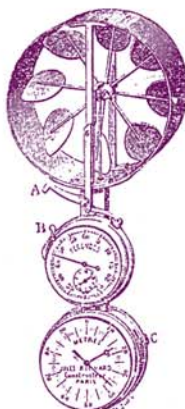
Ἀνεμογράφος διαγραφόμενος Richard.



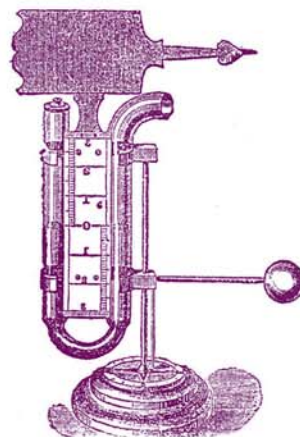
Ἀνεμόμετρον Richard.



Σωληνωτὸν ἀνεμόμετρον Dines.



Φορητὸν ἀνεμόμετρον Richard.



Ἀνεμόμετρον Lind.

Πρόλογος στην έκδοση

Τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί οι εκδόσεις που πραγματεύονται τον καιρό και τη μετεωρολογία. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τα επιστημονικά εγχώρια ή μεταφρασμένα βιβλία που προορίζονται για φοιτητές και σπουδαστές, τα μεταφρασμένα εκλαϊκευμένα που απευθύνονται στο γενικό κοινό και αυτά που στοχεύουν σε μικρότερες ηλικίες μέσω πειραμάτων και οδηγιών για μετεωρολογικές κατασκευές.

Αν και όλες οι παραπάνω κατηγορίες έχουν τη σημασία τους, νομίζω λείπει ένα εισαγωγικό, προσαρμοσμένο στα ελληνικά δεδομένα, μετεωρολογικό εισαγωγικό βιβλίο για μαθητές γυμνασίου-λυκείου που χωρίς τα «δύσκολα» μαθηματικά της μετεωρολογίας, να μπορεί να εξηγήσει τα κύρια μετεωρολογικά φαινόμενα που συναντά ο μαθητής στον τόπο του καθημερινά.

Προς αυτή την κατεύθυνση στρέφεται το μικρό αυτό εγχειρίδιο που κρατάτε στα χέρια σας: ΜΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, ΜΕΡΟΣ Α': ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ που μαζί με το ΜΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, ΜΕΡΟΣ Β': ΑΣΚΗΣΕΙΣ-ΕΡΓΑΣΙΕΣ-ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ που θα το συνοδεύσει και περιέχει φύλλα εργασίας με πολλές δραστηριότητες για κάθε θέμα που αναπτύσσεται εδώ, φιλοδοξεί να αποτελέσει μια εκπαιδευτική εισαγωγή στη μετεωρολογία.

Αφορμή για τη συγγραφή του στάθηκαν οι πολλές ερωτήσεις και απορίες σχετικά με διάφορα ατμοσφαιρικά φαινόμενα, των μαθητών, κατά την διάρκεια της εκπόνησης προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στο Κ.Π.Ε. Μακρινίτσας. Έξω, στο εργαστήριο της φύσης, οι μαθητές, απαλλαγμένοι από την ρουτίνα και την πίεση της σχολικής τάξης γίνονται πιο δεκτικοί σε ερεθίσματα και ανοίγονται ευκολότερα και σε θέματα πέρα του αναλυτικού προγράμματος.

Η μετεωρολογία είναι μια επιστήμη που από τη φύση της, τα μαθηματικά, η φυσική, η χημεία και η πληροφορική αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της και ακρογωνιαίους λίθους της. Η αποφυγή λοιπόν σε ένα εισαγωγικό εγχειρίδιο εξισώσεων και άλλων σχέσεων από τις παραπάνω επιστήμες μπορεί να αποκρύπτει ένα μέρος του μεγαλείου της επιστήμης αυτής αλλά το κάνει κατάλληλο και για μαθητές μικρότερων τάξεων.

Επίσης ένα τέτοιο εγχειρίδιο δεν μπορεί να είναι εξαντλητικό, υπάρχουν εκατοντάδες φαινόμενα με μεγάλο ενδιαφέρον, όπως για παράδειγμα διάφορα οπτικά φαινόμενα της ατμόσφαιρας, διάφορα θέματα για το κλίμα, για τις καταιγίδες για την τρύπα του όζοντος, για την ρύπανση, για τον καιρό στους ωκεανούς, για τον καιρό στους τροπικούς, για τους τυφώνες και ανεμοστρόβιλους, για τη δορυφορική μετεωρολογία, και τόσα άλλα, που όπως είναι φυσικό δεν θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν όλα σε ένα τέτοιο εισαγωγικό εγχειρίδιο.

Για όλους μας, ο καιρός και το κλίμα αποτελούν σημαντικό παράγοντα των δραστηριοτήτων μας, της διάθεσής μας και εν γένει, όλης μας της ζωής. Θεωρώ λοιπόν ότι πρέπει να γνωρίζουμε κάτι για τους μηχανισμούς και τις διαδικασίες που καθορίζουν το περιβάλλον στο οποίο ζούμε. Ελπίζω ότι αυτό το βοήθημα να αποτελέσει ένα κίνητρο προς αυτή την κατεύθυνση, συνεπικουρούμενο μάλιστα και από τη δυνατότητα που έχει ο μαθητής να παρατηρήσει, να μετρήσει, να φωτογραφήσει, να βιώσει, να δει εν τη γενέσει, πολλά από τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα τα οποία περιγράφονται εδώ.

Παναγιώτης Βίγκλας

Φυσικός - Πληροφορικής

Μέλος της Π.Ο. του Κ.Π.Ε. Μακρινίτσας



Σύντομη ιστορική αναδρομή

Ο άνθρωπος από τα πρώτα βήματά του στη γη, ήταν εκτεθειμένος στις κάθε είδους ατμοσφαιρικές μεταβολές και μάλιστα στεκόταν απορημένος και ανίσχυρος μπροστά σε μια ατμόσφαιρα ανήσυχη και ταραγμένη. Από τη στιγμή που εγκαταλείπει τη ζωή του κυνηγού-νομάδα και εγκαθίσταται μόνιμα σε ένα τόπο, οι διάφορες δραστηριότητές του (γεωργία, κτηνοτροφία, κλπ.) επηρεάζονται άμεσα από τον παράγοντα καιρό που ρυθμίζει καθοριστικά την οικονομία ενός τόπου.

Παρότι πέρασαν χιλιάδες χρόνια από τότε ακριβώς το ίδιο ισχύει και σήμερα, διότι όσο και αν προστατεύουμε τις καλλιέργειες και την κτηνοτροφική παραγωγή, οι αγροί, τα ζώα, οι πόλεις, οι συγκοινωνίες μας είναι ακόμα εκτεθειμένα στις καταιγίδες, στο χαλάζι, στον παγετό, στην ξηρασία, στις πλημμύρες.

Τον όρο μετεωρολογία χρησιμοποίησε στα αρχαία χρόνια ο Πλάτων (Φαίδρος 270Α) με την έννοια της έρευνας των μετεώρων. Αργότερα ο Αριστοτέλης με το έργο του «Μετεωρολογικά» στο οποίο μελετά τον αέρα, το νερό και το σεισμό, έδωσε στον όρο τη σημερινή του έννοια. Τα «Μετεωρολογικά» του Αριστοτέλη αποτέλεσαν τη βάση της Μετεωρολογίας μέχρι και τις αρχές του 17ου αιώνα.

Βέβαια και άλλοι πολιτισμοί έκαναν μετεωρολογικές παρατηρήσεις, οι Χαλδαίοι για τα νέφη, τον άνεμο, τις θύελλες τις αστραπές, αλλά και για διάφορα οπτικά φαινόμενα της ατμόσφαιρας και ιδιαίτερα για την άλω, οι Βαβυλώνιοι που χρησιμοποιούσαν ανεμολόγιο οκτώ ρόμβων και προσδιόριζαν τα τέσσερα κύρια σημεία του ορίζοντα από όπου πνέει ο άνεμος, κ.α. Ωστόσο οι Έλληνες ήταν αυτοί που έκαναν πρώτοι μετεωρολογικές παρατηρήσεις τις οποίες κατέγραφαν σε πινακίδες που ονομάζονταν παραπήγματα. Σπαράγματα από ένα τέτοιο παράπηγμα βρέθηκαν στη Μίλητο και φυλάσσονται σήμερα στο Βρετανικό μουσείο.

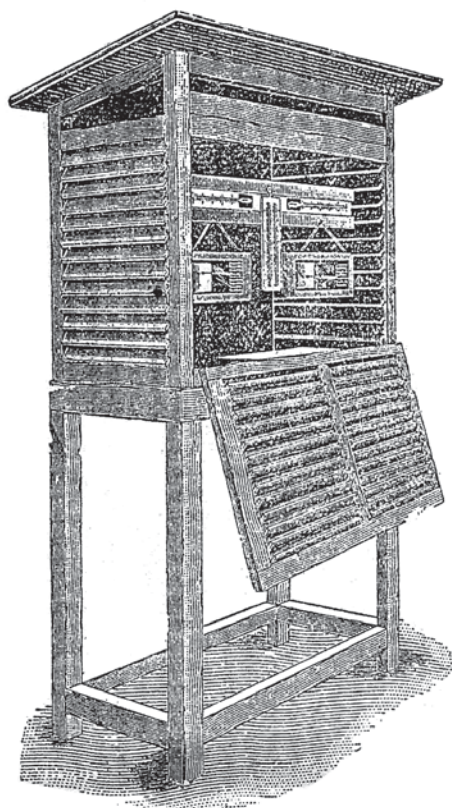
Η εξέλιξη της μετεωρολογίας τα νεώτερα χρόνια συμπίπτει όπως είναι φυσικό με την ανάπτυξη της φυσικής και της χημείας. Μεταξύ των πρώτων συστηματικών ημερησίων παρατηρήσεων αναφέρονται αυτές του Γουλιέλμου Merle, εφημέριου του Driby της Αγγλίας για τα έτη (1331- 1338), και του Φερδινάνδου Β' της Τοσκάνης που γύρω στα 1653 οργάνωσε δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών και ημερησίων παρατηρήσεων στη βόρεια Ιταλία.

Από το έτος 1820 αρχίζει σταδιακά η συλλογή των διαφόρων μετεωρολογικών παρατηρήσεων, η επεξεργασία τους και η καταχώρησή τους σε ειδικούς χάρτες. Η επανάσταση όμως στη μετεωρολογία έρχεται με την ανακάλυψη του τηλεγράφου από το Μορς, το 1843, και την πόντιση θαλάσσιων τηλεγραφικών καλωδίων που κατέστησαν δυνατή την επικοινωνία και την ανταλλαγή μετεωρολογικών πληροφοριών ώστε να συνταχθούν και να χαραχθούν ημερήσιοι χάρτες καιρού για μεγάλα τμήματα της γης και η έκδοση προγνώσεων μιας ή δυο ημερών, για τον καιρό και τις θύελλες. Το 1900 με την εφεύρεση της ασύρματης τηλεγραφίας από τον Tesla και το Marconi η μετεωρολογία γνώρισε ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη αφού τώρα ήταν δυνατή η επικοινωνία και με τα πλοία και η έκδοση ακριβέστερων καιρικών χαρτών για ακόμη μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές.

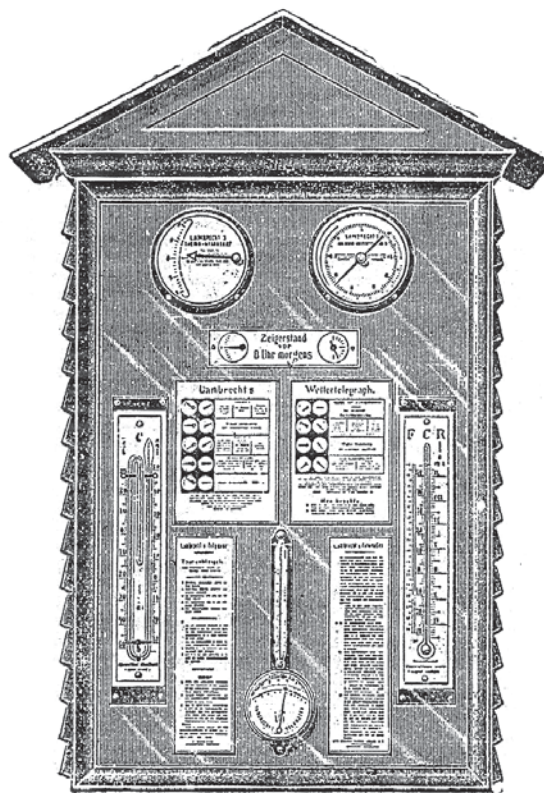
Το 1839 αρχίζει και στην Ελλάδα, στην Αθήνα η πραγματοποίηση συστηματικών μετεωρολογικών παρατηρήσεων, από τον τότε διευθυντή του Αστεροσκοπείου Γ. Βούρη, ενώ παράλληλα οργανώνεται η μετεωρολογία ως ξεχωριστό τμήμα μέσα στο Αστεροσκοπείο. Το 1890 γίνεται η εγκατάσταση μικρού δικτύου μετεωρολογικών σταθμών από τον νέο διευθυντή

του Αστεροσκοπείου, καθηγητή Δ. Αιγινίτη. Το 1931 με τον νόμο 5258, το τμήμα της μετεωρολογίας αποσπάται από το Αστεροσκοπείο και υπάγεται στο Υπουργείο Αεροπορίας. Κάπως έτσι φτάνουμε και στη σημερινή Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, την ΕΜΥ.

Ο καιρός, από τη φύση του, δεν κάνει διακρίσεις εθνικές, φυλετικές, οικονομικές ή κοινωνικές. Επειδή λοιπόν ο καιρός δεν γνωρίζει σύνορα κρατών, η ανάγκη μιας διεθνούς συνεργασίας ιδιαίτερα στον τομέα της ανταλλαγής παρατηρήσεων, πληροφοριών και προγνώσεων έγινε από νωρίς επιτακτική. Η πρώτη διεθνής συνεργασία μεταξύ των επίσημων μετεωρολογικών υπηρεσιών έγινε με τη σύγκληση του «Διεθνούς Μετεωρολογικού Συνεδρίου» το 1853 στις Βρυξέλλες, του δεύτερου το 1873 στη Βιέννη, κλπ. Συστάθηκε επίσης μια «Διεθνή Μετεωρολογική Επιτροπή» που στην Ουάσιγκτον, τον Οκτώβριο του 1947, δίνει τη θέση της στον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO), στον οποίο το 1949 η Ελλάδα γίνεται μέλος με επικύρωση της ιδρυτικής του σύμβασης με νόμο. Η αρχή της ισχύος της σύμβασης αυτής για όλα τα κράτη ήταν η 23 Μαρτίου 1950 και για το λόγο αυτό η ημερομηνία αυτή καθιερώθηκε ως η Παγκόσμια ημέρα της Μετεωρολογίας.



Σχήμα 0. (α) Μετεωρολογικό στέγαστρο αγγλικού τύπου ή στέγαστρο του Stevenson (χώρος που προστατεύει τα διάφορα όργανα μετρήσεων)



(β) Μετεωροσκόπιο ή καιροσκόπιο (Wetterwarte) ή καιρικός τηλεγράφος (έδινε μια χονδροειδή εκτίμηση των μετεωρολογικών παραμέτρων σε κάποιους υπαίθριους χώρους)

Λαϊκή μετεωρολογία

Η μεγάλη πείρα που αποκτά σταδιακά ο λαός πάνω την εναλλαγή και την ποικιλία των μετεωρολογικών φαινομένων, οδηγεί κάποιους σε ορισμένες γενικεύσεις, οι οποίες περνάνε από γενιά σε γενιά με σχετικά γνωμικά και παροιμίες. Αν και συνήθως τοπικού ενδιαφέροντος οι λαϊκές αυτές μετεωρολογικές γνώσεις είτε έχουν προγνωστικό χαρακτήρα είτε απλώς διαπιστώνουν τις μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες επικρατούν κατά τις διάφορες εποχές και τη σχέση τους με την αποτελεσματικότητα των γεωργικών εργασιών. Οι γνώσεις αυτές άλλοτε είναι δυνατόν να εξηγηθούν επιστημονικά και άλλοτε πάλι όχι. Ο λαός, για παράδειγμα, από την αρχαιότητα έχει κάποια «σημάδια» κυρίως στα βουνά, που είναι ενδεικτικά της βροχής. Οι Αθηναίοι κοίταζαν προς τον Υμηττό ενώ στην περιοχή του Σαρωνικού έβλεπαν προς την κορυφή της Αίγινας όπου υπήρχε το ιερό του Ελλανίου Διός, οι Θεσσαλοί είχαν για τον προφήτη του καιρού ως και ιερό, το ιερό του Ομβρίου Διός στο Πήλιο, οι δε Μακεδόνες κοιτούσαν προς τον Άθω και τον Όλυμπο, κλπ.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά σημεία που «διαβάζει» ο λαός είναι: ουρανός καλυμμένος με θυσανωσσερείτες ή με νέφη, τα οποία κοινώς καλούνται «πρόβατα» σημαίνει κακοκαιρία, νέφη που κατά την ανατολή του Ηλίου διαλύονται ή απομακρύνονται προς τα δυτικά, όσο ο Ήλιος ανέρχεται πάνω από τον ορίζοντα, σημαίνει ωραία ημέρα, Ήλιος λευκός και χωρίς έντονη λάμψη σημαίνει βροχή και «σκοτεινό» καιρό, («άσπρος Ήλιος, μαύρ' ημέρα»), όταν ο Ήλιος «καίει» πολύ και η ατμόσφαιρα είναι πνιγηρή σημαίνει βροχή, ουρανός με ερυθρό χρώμα πριν την ανατολή του Ήλιου, το οποίο εξαφανίζεται μόλις ο Ήλιος ανατείλει, είναι σημείο βροχής, Ήλιος που δύει σε ουρανό πορτοκαλόχρου χωρίς νέφη, σημαίνει ωραίο καιρό, ενώ όταν ο ουρανός είναι ερυθρός σημαίνει άνεμο, άλως γύρω από μια Σελήνη μερικά καλυμμένη σημαίνει βροχή, μικρή και ομαλή ταινία νεφών, αιωρούμενη λίγο πάνω από τον ορίζοντα, (λέγεται και «φρύνει»), σημαίνει ότι θα συνεχιστεί ο δυνατός άνεμος που πνέει, τον χειμώνα μετά από καλό καιρό, όταν οι τοίχοι και οι πέτρες υγραίνονται, (λέγεται ότι «ιδρώνουν»), και οι κορυφές των λόφων περιβάλλονται από νέφη λένε ότι έρχεται βροχή, αίθρια νύχτα με έντονη δροσιά σημαίνει καλό καιρό για μεγάλο διάστημα, όταν τα αστέρια λάμπουν ζωηρά είναι σημείο ότι έρχεται κακοκαιρία ενώ η λάμψη τους είναι ασθενής όταν ο καιρός είναι καλός.

Επίσης από την παρατήρηση της συμπεριφοράς των ζώων εξάγονται προγνώσεις όπως όταν τα θαλάσσια πτηνά εγκαταλείπουν από το πρωί τις φωλιές τους στα βράχια των ακτών και πετούν μακριά στο πέλαγος είναι σημείο καλού καιρού και μέτριου ανέμου, ενώ όταν αντίθετα μένουν κοντά στην ακτή ή πετάνε προς τη ξηρά είναι σημείο κακοκαιρίας¹, επίσης κακοκαιρία προδηλώνει η χαμηλή πτήση των χελιδονιών κοντά στο έδαφος που προαναγγέλλει συνήθως βροχή, όταν οι γάτες γλείφονται, τα πουλιά καθαρίζουν τα φτερά τους, οι μύγες τσιμπούν πολύ, οι κόττες ξύνονται και καλύπτονται με χώμα, τα υδρόβια πουλιά χτυπούν τα πτερά τους και κάνουν το μπάνιο τους, τα ψάρια πηδούν έξω από το νερό, κλπ. Χαρακτηριστικό είναι ότι και οι άνθρωποι, ειδικά οι ρευματοπαθείς και όσοι έχουν κάποιο παλιό σπάσιμο αισθάνονται πόνους και αδιαθεσία όταν πλησιάζει καταιγίδα ή βροχή.

Επίσης διατηρείται μέχρι σήμερα, (κυρίως από τους γεροντότερους), η συνήθεια της πα-

¹ Ένα παράδειγμα γνωστό και επιβεβαιωμένο είναι ότι όταν το χειμώνα οι γλάροι εμφανιστούν στο εσωτερικό της πόλης του Βόλου (στις οδούς Ιάσονος και Δημητριάδος) τότε είναι πολύ πιθανό την επόμενη μέρα να χιονίσει.

ρατήρησης της κατάστασης της ατμόσφαιρας κατά τις πρώτες μέρες του Αυγούστου για την εξαγωγή προγνώσεων καιρού για τους μήνες ολόκληρου του έτους, (τα γνωστά μερομήνια).

Τέλος, πέρα από τις λαϊκές προγνώσεις των μετεωρολογικών φαινομένων, ο λαός έχει να πει πολλές παροιμίες που σχετίζουν τον καιρό για τους διαφόρους μήνες τους έτους με τις αντίστοιχες γεωργικές εργασίες: *Τ' άϊ Νικολοβάρβαρα κάνει νερά και χιόνια - Γύρω-γύρω του Χριστού η κορφή του χειμωνιού - Ο Φλεβάρης κι' αν φλεβίζει του καλοκαιριού μυρίζει - Το Μάρτη το πρωί πηλά και το βράδυ χώματα - Αν κάμη ο Μάρτης δυο νερά κι ο Απρίλης άλλο ένα, χαρά σ' εκείνον το ζευγά που έχει πολλά σπαρμένα - Μάης άβροχος, χρονιά ευτυχισμένη - Τζίτζικας ελάλησε, πάρτε τα δρεπάνια σας - Αύγουστος άβροχος, μούστος άμετρος - Άϊ Δημητράκη, μικρό καλοκαιράκι, κλπ.*

Μερομήνια

Τα μερομήνια ή μηναλλάγια ή καταμηνάτα είναι οι πρώτες δώδεκα συνήθως μέρες του Αυγούστου, κατά τις οποίες ο λαός παρατηρώντας καιρικά σημάδια και φαινόμενα και γενικότερα την καιρική κατάσταση, μαντεύει τον καιρό που θα παρουσιάσουν οι μήνες ολόκληρου του έτους. Σύμφωνα με αυτή την πρωτότυπη λαϊκή μετεωρολογική μαντική τέχνη τα σημάδια του καιρού της πρώτης μέρας του Αυγούστου αντιστοιχούν με τον καιρό του επόμενου Αυγούστου, ή Σεπτεμβρίου ή Ιανουαρίου, ανάλογα των δοξασιών της κάθε περιοχής. Σε κάποιες περιοχές δε τα μερομήνια αρχίζουν από τις 20 ή από τις 24 ή 25 Ιουλίου. Η συνήθεια αυτή έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα όπου επικρατούσε η πεποίθηση ότι είναι δυνατή η πρόγνωση του καιρού κατά την έναρξη σπουδαίων περιόδων του έτους.



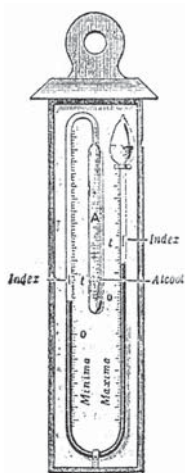
Τοπική μετεωρολογία

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε κυρίως τα μετεωρολογικά φαινόμενα (νέφη, βροχή, χιόνι, χαλάζι, κλπ.) όπως αυτά παρατηρούνται σε τοπική κλίμακα και θα εξηγήσουμε τον τρόπο σχηματισμού και εξέλιξης του καθενός ξεχωριστά. Στο επόμενο κεφάλαιο όλα τα φαινόμενα θα μελετηθούν ως τμήματα της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας.

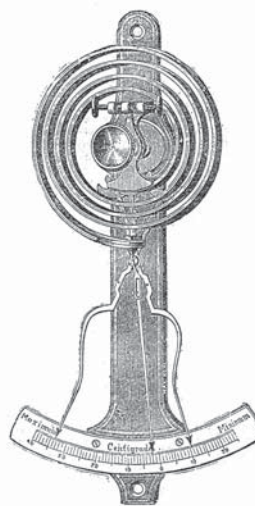
Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι το κύριο χαρακτηριστικό της ατμόσφαιρας. Η θερμοκρασία είναι ο κύριος συντελεστής, ο οποίος καθορίζει το κλίμα, τη βλάστηση, τη ζωή σε ένα τόπο.

Από τη φυσική γνωρίζουμε ότι η θερμοκρασία μετριέται με τα θερμόμετρα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$). 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, (βλ. Σχ. 1). Έτσι αν αυτά τα μηδενίζουμε ημερησίως θα μετράνε τη μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία του 24ωρου. Η μετεωρολογία χρησιμοποιεί επίσης θερμογράφους οι οποίοι καταγράφουν συνεχώς την επικρατούσα θερμοκρασία επί μιας βαθμονομημένης χάρτινης ταινίας.



α) Θερμόμετρο μεγίστου-ελαχίστου
τύπου Six και Bellani



β) Μεταλλικό θερμόμετρο με
διπλή μεταλλική ταινία

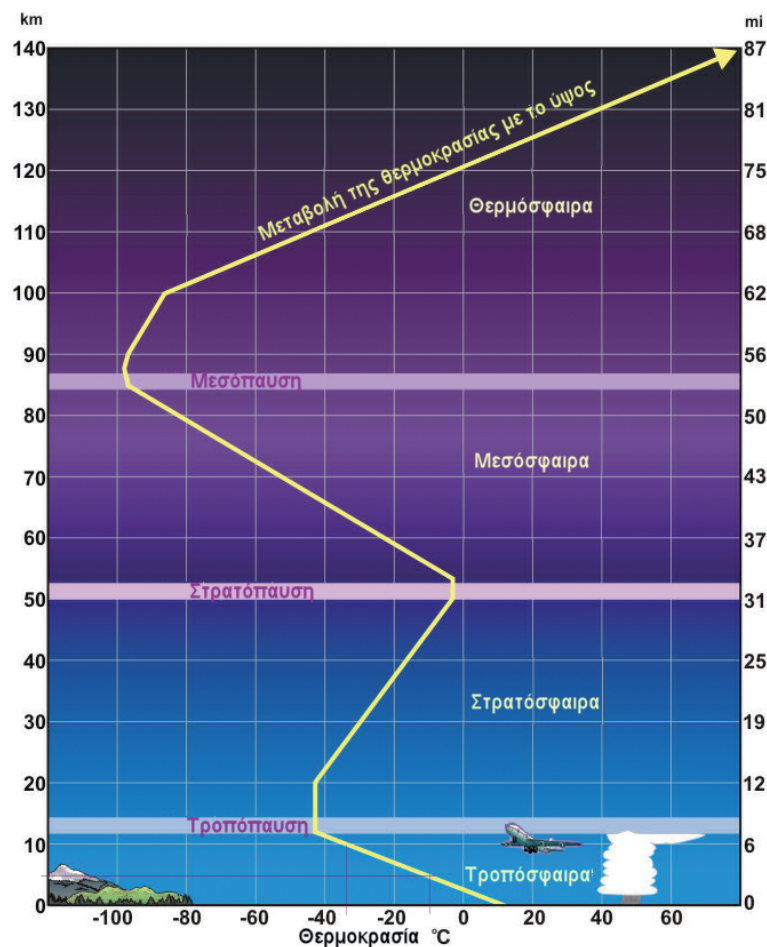
Σχήμα 1. Διάφοροι τύποι θερμομέτρων που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα.

Μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος

Η θερμοκρασία, ως γνωστό, στα βουνά είναι χαμηλότερη από ότι στις πεδιάδες την ίδια στιγμή. Η ελάττωση της θερμοκρασίας συναρτηθεί του ύψους γίνεται περίπου κατά $0,6^{\circ}\text{C}$ ανά 100 μέτρα ύψους. Για παράδειγμα στο Σχήμα 2 φαίνεται ότι εάν στο ύψος της θάλασσας έχουμε 15°C στο διπλανό βουνό ύψους 5000 μέτρων θα αναμένουμε να συναντήσουμε την ίδια στιγμή θερμοκρασία κατά 30°C χαμηλότερη, δηλαδή -15°C και σε ένα αεροπλάνο που πετάει την ίδια στιγμή σε ύψος 8000 μέτρων θα βρούμε θερμοκρασία κατά 48°C χαμηλότερη, δηλαδή -33°C .

Η ελάττωση της θερμοκρασίας συνεχίζεται περίπου μέχρι το ύψος των 10000 μέτρων περίπου όπου φτάνει στους -50°C . Πάνω από αυτό το ύψος η θερμοκρασία της ατμόσφαι-

ρας αυξάνεται. Στο ύψος αυτό όπου η θερμοκρασία αρχίζει να αυξάνει συνεχώς έχουμε την τροπόπαυση. Το τμήμα της ατμόσφαιρας από το έδαφος μέχρι την τροπόπαυση ονομάζεται τροπόσφαιρα, και πάνω από την τροπόσφαιρα έχουμε τη στρατόσφαιρα.



Σχήμα 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το ύψος.

Όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα λαμβάνουν χώρα μέσα στην τροπόσφαιρα και πολύ σπάνια νέφη διαπερνούν την τροπόπαυση. Αυτό όμως θα μας απασχολήσει όταν μιλήσουμε αργότερα για τα νέφη.

Θερμική ακτινοβολία

Όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα τροφοδοτούνται με ενέργεια από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει την ατμόσφαιρα και το έδαφος. Το έδαφος όταν θερμανθεί από τον ήλιο εκπέμπει και αυτό θερμότητα η οποία απορροφάται από την ατμόσφαιρα και την θερμαίνει.

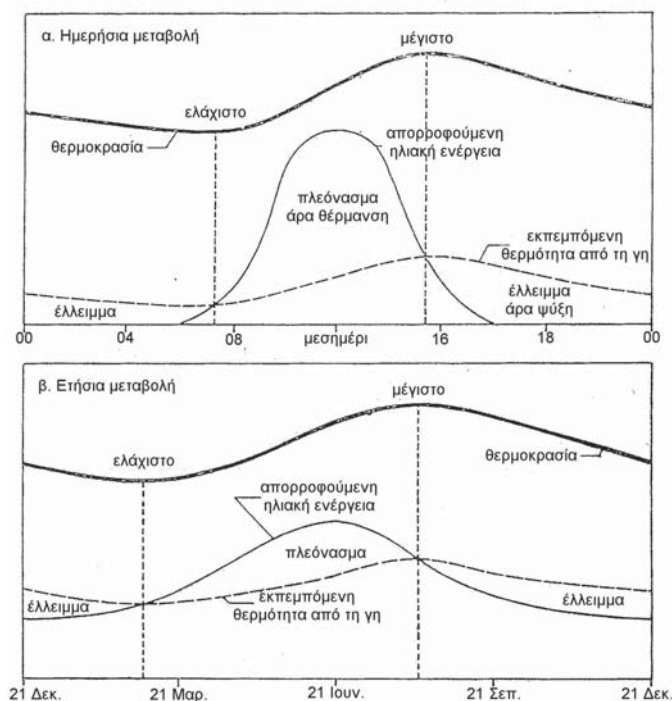
Λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας η ημέρα είναι θερμότερη από τη νύχτα. Επίσης το χειμώνα, όταν ο ήλιος θερμαίνει τη γη λιγότερες ώρες και ευρίσκεται χαμηλότερα στον ορίζοντα, οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από ότι το καλοκαίρι.

Για τον ίδιο λόγο ο ισημερινός, όπου ο ήλιος στέλνει τις ακτίνες του σχεδόν κατακόρυφα, είναι θερμότερος από ότι τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, όπου ο ήλιος πέφτει πλάγιως.

Η ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στη γη δεν θερμαίνει αμέσως το έδαφος και την ατμόσφαιρα, αλλά ανεβάζει τη θερμοκρασία τους αργά. Επίσης όταν κρυφτεί ο ήλιος το έδαφος και η ατμόσφαιρα ψύχονται σταδιακά δίνοντας πίσω την θερμότητα που έχουν αποθηκευμένη.

Λόγω του φαινομένου αυτού η ψυχρότερη ώρα της νύχτας είναι λίγο πριν την ανατολή του ηλίου, οπότε το έδαφος συνεχίζει να χάνει θερμότητα ενώ η ηλιακή ακτινοβολία δεν είναι ακόμη έντονη, (βλ. Σχ. 3α). Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε ότι η θερμότερη ώρα της ημέρας δεν είναι το μεσημέρι, αλλά το απόγευμα, δεδομένου ότι η θερμοκρασία συνεχίζει να αυξάνεται και μετά το μεσημέρι, όσο η προσλαμβάνουσα θερμότητα είναι μεγαλύτερη της αποδιδόμενης.

Λόγω επίσης της αργής θέρμανσης και ψύξης του εδάφους η θερμότερη περίοδος του έτους είναι ένα περίπου μήνα μετά το θερινό ηλιοστάσιο (21 Ιουνίου, οπότε ο ήλιος βρίσκεται ψηλότερα στον ουρανό). Επίσης η ψυχρότερη περίοδος του χειμώνα είναι περίπου ένα μήνα μετά το χειμερινό ηλιοστάσιο (22 Δεκεμβρίου). Το φαινόμενο φαίνεται παραστατικά στο Σχήμα 3β.



Σχήμα 3. Μεταβολές της θερμοκρασίας συναρτήσει της απορροφημένης ηλιακής ενέργειας
(α) ημερήσια μεταβολή, (β) ετήσια μεταβολή.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι η θάλασσα θερμαίνεται και ψύχεται ακόμη πιο αργά από ότι η ξηρά και αυτός είναι ο λόγος ότι στις μεγάλες θάλασσες η θερμότερη και η ψυχρότερη περίοδος του έτους καθυστερούν μέχρι και δύο μήνες περίπου μετά τα ηλιοστάσια.

Αξιοσημείωτο είναι ότι σε μικρότερες κλίμακες ανάλογα φαινόμενα παρουσιάστηκαν σε περιοχές όπου έγιναν μεγάλα αποστραγγιστικά έργα, (π.χ. λίμνη Κάρλα). Πριν την αποστράγγιση το νερό της λίμνης ή των ελών απέδιδε θερμότητα καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας και δεν παρουσιάζονταν νυχτερινός παγετός στις γειτονικές καλλιέργειες. Μετά την αποστράγγιση όπου η αποθήκη θερμότητας δεν υπάρχει πια, ο νυχτερινός παγετός ανάγκασε τους γεωργούς να καλλιεργήσουν άλλα είδη φυτών ανθεκτικότερα στον παγετό.

Πίεση

Είναι γνωστό ότι η βαρύτητα είναι η αιτία που παραμένει το νερό και τα αέρια στην επιφάνεια της γης και δεν διαφεύγουν στο διάστημα. Η γη περιβάλλεται από ένα λεπτό στρώμα αερίων το οποίο ονομάζουμε ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα έχει βάρος το οποίο πιέζει όλα τα

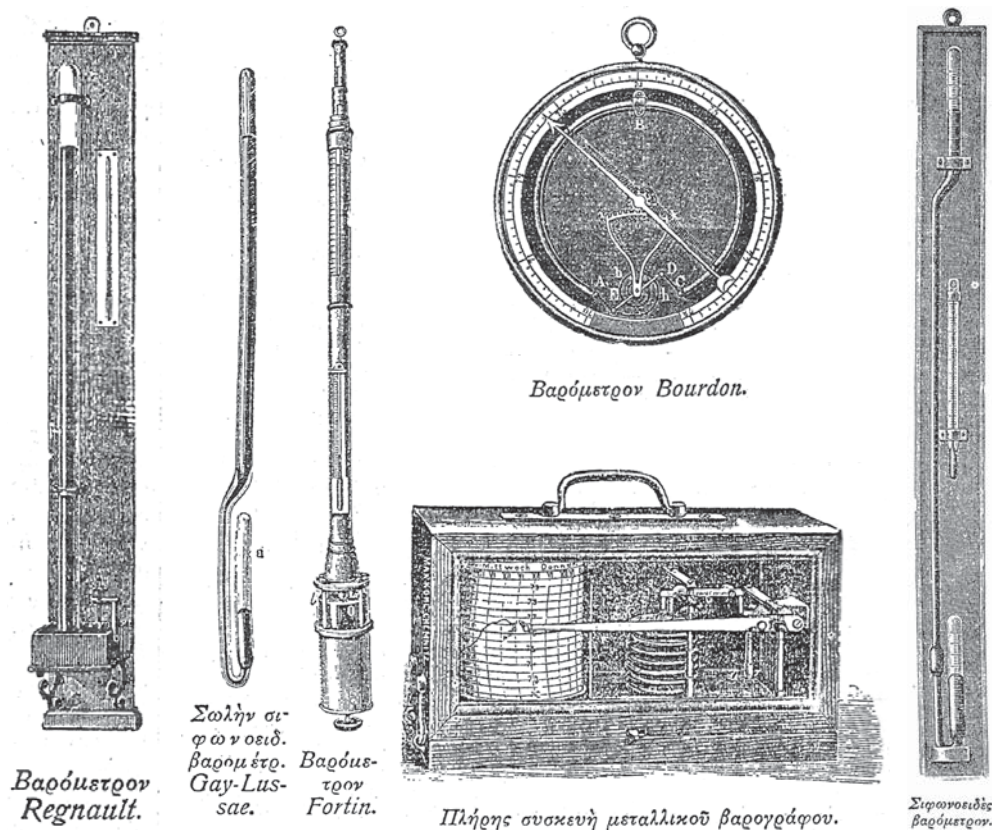
σώματα που βρίσκονται μέσα σε αυτή. Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση.

Η ατμοσφαιρική πίεση όπως γνωρίζουμε από τη φυσική τη μετράμε με τα βαρόμετρα. Στην μετεωρολογία χρησιμοποιούμε και τους βαρογράφους, οι οποίοι καταγράφουν συνεχώς την πίεση σε κάποιο αποθηκευτικό μέσο, (βλ. Σχ. 4).

Η πίεση μετριέται σε χιλιοστόμετρα στήλης υδραργύρου (στην θάλασσα επικρατεί πίεση περίπου 760 χιλ. Hg). Στην μετεωρολογία χρησιμοποιούμε επίσης και τη μονάδα मिलिमिपάρ (mb, χιλιοστοβαρής) και είναι 1000 mb ίσα προς 750 χιλ. Hg. Η τυπική πίεση που επικρατεί στη στάθμη της θάλασσας εκφρασμένη σε mb είναι 1013.25. Γνωρίζουμε βέβαια ότι στη φυσική μετράμε την πίεση σε Pascal (Pa), προς τιμή του Blaise Pascal (1623- 1662). Ένα pascal ισούται με 0.01 मिलिमिपάρ ή 0.00001 μπάρ. Στη μετεωρολογία η επικράτηση του मिलिमिपάρ ως μονάδα ατμοσφαιρικής πίεσης έγινε το 1929 και λόγω συνήθειας διατηρήθηκε και μετά το 1960 όταν αποφασίστηκε η αλλαγή των μονάδων και η εφαρμογή του συστήματος S.I. Άλλοι βέβαια μετεωρολόγοι υιοθέτησαν τη μονάδα hectopascal (hPa), (το «hecto» (h), αντιστοιχεί στο 100) και έτσι 1 hectopascal (hPa) ισούται με 100 Pa που ισούνται με 1 mb. 100,000 Pa ισούνται με 1000 hPa που ισούνται με 1000 mb. Εν κατακλείδι με το τρικ αυτό μπορεί οι δυο επικρατούσες μονάδες να έχουν διαφορετικό όνομα αλλά η τιμή που μετράνε είναι η ίδια. Για παράδειγμα η τυπική ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 1013.25 mb ή 1013.25 hPa.

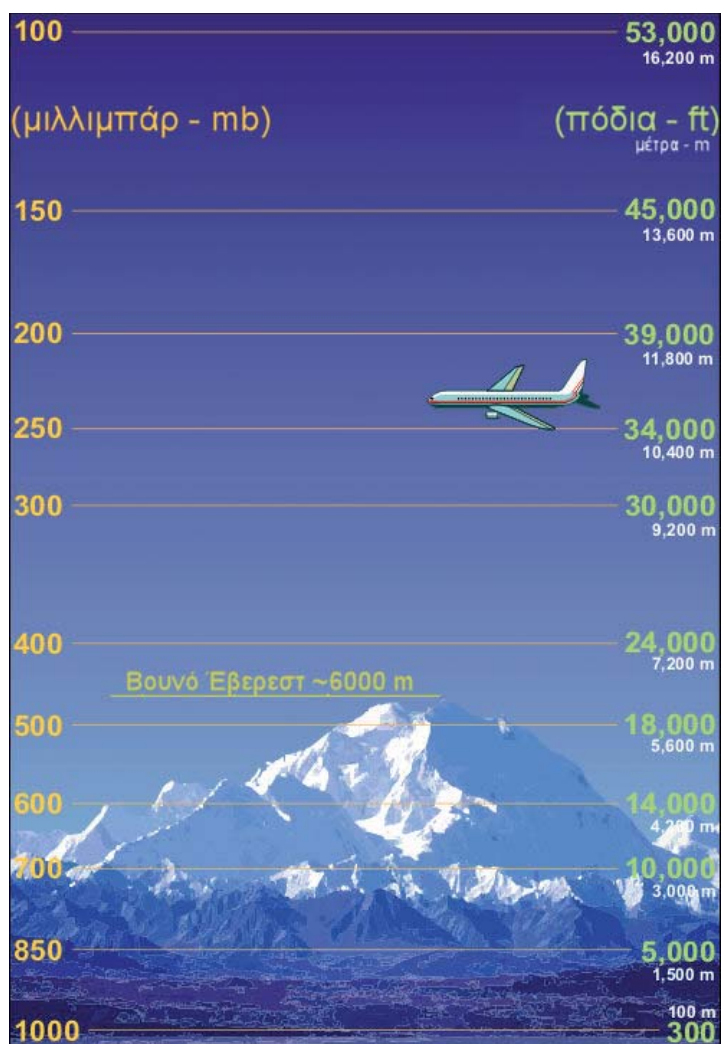
Μεταβολή της πίεσης με το ύψος

Όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερο ύψος τόσο λιγότερη ποσότητα αέρα έχουμε από πάνω μας, άρα τόσο περισσότερο ελαττώνεται η ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι π.χ. σε ύψος 5-6000 μέτρων έχουμε ήδη από κάτω μας το μισό της ποσότητας του αέρα της ατμόσφαιρας και η πίεση είναι 500 mb. Σε ύψος 16000 μέτρων η πίεση είναι 100 mb άρα έχουμε ήδη από κάτω μας τα 90% της μάζας της ατμόσφαιρας, (βλ. Σχ. 5).



Σχήμα 4.

Διάφοροι τύποι βαρομέτρων που χρησιμοποιούνταν κατά το παρελθόν. Επίσης εικονίζεται και ένας αυτογραφικός βαρογράφος.



Σχήμα 5. Μεταβολή της πίεσης (σε μιλλιμπάρ - mb) με το ύψος (σε πόδια - ft και μέτρα - m).
Η αγγλοσαξονική μονάδα (πόδια - ft) έχει επικρατήσει στην αεροπλοΐα.

Επειδή η πίεση είναι συνάρτηση του ύψους μπορούμε να προσδιορίζουμε το ύψος στο οποίο βρισκόμαστε αν γνωρίζουμε την πίεση. Τα αλτίμετρα των αεροπλάνων είναι ουσιαστικά βαρόμετρα των οποίων η κλίμακα αντί να γράφει πίεση αναγράφει ύψος.

Όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερο ύψος ο αέρας γίνεται αραιότερος και έτσι ελαττώνεται και το οξυγόνο που είναι διαθέσιμο για την αναπνοή. Ο συνήθης άνθρωπος δεν προσαρμόζεται εύκολα σε παρατεταμένη διαβίωση σε ύψος άνω των 3-5000 μέτρων. Στα αεροπλάνα χρησιμοποιούμε μάσκες οξυγόνου ή οι θάλαμοι πληρώματος βρίσκονται υπό πίεση. Στα επιβατηγά αεροπλάνα ο θάλαμος των επιβατών βρίσκεται πάντα υπό πίεση και κλιματίζεται.

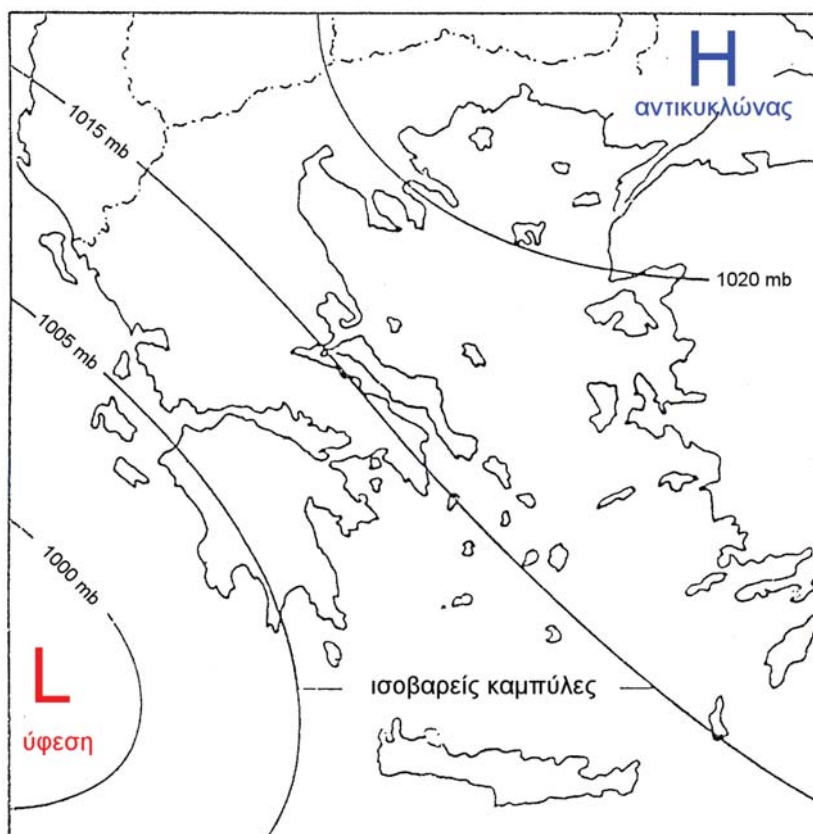
Μεταβολή της πίεσης στην επιφάνεια

Όπως η θερμοκρασία έτσι και για την πίεση έχουμε διαφορά από τόπο σε τόπο και από ημέρα σε ημέρα για τον ίδιο τόπο. Γενικά ισχύει ότι αν ο αέρας ο οποίος βρίσκεται υπεράνω μας είναι θερμός, η πίεση θα είναι μικρή, αν δε είναι ψυχρός, η πίεση είναι μεγάλη. Επίσης ότι αν ο αέρας κινείται προς τα κάτω πιέζει τα αντικείμενα στο έδαφος, δηλαδή η πίεση αυξάνεται, ενώ αν κινείται προς τα πάνω δημιουργεί αναρρόφηση, δηλαδή η πίεση ελαττώνεται.

Αν ενώσουμε πάνω σε ένα χάρτη σημεία της επιφάνειας της γης που έχουν την ίδια πίεση θα προκύψουν καμπύλες γραμμές που ονομάζονται ισοβαρείς. Στο Σχήμα 6 στην κάτω αριστερή

περιοχή οι πιέσεις είναι μικρές, μια τέτοια περιοχή χαμηλών πιέσεων ονομάζεται ύφεση και συμβολίζεται με το γράμμα L (Low). Αντίθετα άνω δεξιά εμφανίζεται μια περιοχή υψηλών πιέσεων η οποία καλείται αντικυκλώνας και συμβολίζεται με το γράμμα H (High).

Με τις μεταβολές αυτές της πίεσης οι οποίες έχουν άμεση σχέση με τον καιρό θα ασχοληθούμε περισσότερο αργότερα. Εδώ όμως πρέπει να σημειώσουμε ότι όταν μελετούμε με μεταβολές της πίεσης από τόπο σε τόπο, θεωρούμε πάντα την πίεση η οποία θα ίσχυε στους δυο τόπους στο ύψος της στάθμης της θάλασσας. Χωρίς την αναγωγή αυτήν σε μηδενικό υψόμετρο οι πιέσεις δεν θα ήταν δυνατόν να συγκριθούν.



Σχήμα 6. Μεταβολή της πίεσης στην επιφάνεια της γης. Όπου (L - Low) ύφεση, περιοχή χαμηλών πιέσεων, ενώ όπου (H - High) αντικυκλώνας, περιοχή υψηλών πιέσεων.

Άνεμος

Ο άνεμος είναι η οριζόντια μετακίνηση του αέρα και προκαλείται από τη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης από τόπο σε τόπο. Ο άνεμος έχει μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο και έχει μελετηθεί από την αρχαιότητα κυρίως όσο αφορά τη ναυσιπλοΐα. Δύο είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του ανέμου, η διεύθυνση και η ένταση.

Ως προς τη διεύθυνση, ο άνεμος ονοματίζεται όχι από το σημείο ορίζοντα στο οποίο κατευθύνεται, αλλά από αυτό εκ του οποίου προέρχεται. Το Σχήμα 7 παρουσιάζει ένα ανεμολόγιο και ο Πίνακας 1 συγκεντρώνει διάφορες γνωστές ονομασίες ανέμων.

Η ένταση του ανέμου ορίζεται από την ταχύτητα του σε χιλιόμετρα ανά ώρα ή κόμβους (ναυτικά μίλια ανά ώρα). Στην πράξη επειδή οι ναυτικοί δεν διέθεταν ανεμόμετρα επικράτησε μια εμπειρική κλίμακα (βλ. Πιν. 2) την οποία επινόησε ο άγγλος Ναύαρχος Μποφόρ, (βλ. φωτ. 1), η οποία βασίζεται σε οπτικές παρατηρήσεις.

Πίνακας 1. Διάφορες ονομασίες ανέμων¹

ΜΟΙΡΕΣ	ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΟ	ΛΑΤΙΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΟ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ²	ΕΠΙΣΗΜΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΚΟΙΝΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΛΑΙΚΟ ΟΝΟΜΑ	ΑΡΧΑΙΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΟΝΟΜΑ (Διάφορα στάδια)	ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΩΔΙΚΟΙ ³
360	B	N	Βόρειος	Βορράς	Τραμουντάνα	Βορέας/Απαρκτίας	32
	BBA	NNE	Βόρειο-Βόρειο-Ανατολικός	Μεσοβορράς	Γραιγοτραμουντάνα	Μέσος/ Βορέας	02
45	BA	NE	Βορειοανατολικός	Μέσος	Γραίγος	Καικίας/Ελλησποντίας	04
	ABA	ENE	Ανατολικός-Βόρειο-Ανατολικός	Μεσαππλιώτης	Γραιγολεβάντες		06
90	A	E	Ανατολικός	Αππλιώτης	Λεβάντε(η)ς	Αππλιώτης	08
	ANA	ESE	Ανατολικός-Νότιο-Ανατολικός	Ευραππλιώτης	Σιροκολβέντε(η)ς		10
135	NA	SE	Νοτιο-Ανατολικός	Εύρος	Σιρόκκος	Εύρος/Αππλιώτης	12
	NNA	SSE	Νοτιο-Νοτιο Ανατολικός	Ευρόντος	Ωστριασιρόκκος	Ευρονότος/Φοινικίας	14
180	N	S	Νότιος	Νότος	Ώστρια	Νότος	16
	NNΔ	SSW	Νοτιο-Νοτιο Δυτικός	Λιβονότος	Ωστριογάρμης	Λιβονότος	18
225	NΔ	SW	Νοτιο-Δυτικός	Λιψ	Γαρμπής	Λιψ	20
	ΔNΔ	WSW	Δυτικός-Νότιο-Δυτικός	Λιβονοζέφυρος	Πουνετογάρμης		22
270	Δ	W	Δυτικός	Ζέφυρος	Πουνέντε(η)ς	Ζέφυρος	24
	ΔΒΔ	WNW	Δυτικός-Βόρειο-Δυτικός	Σκιρωνοζέφυρος	Πουνετομαΐστρος		26
315	ΒΔ	NW	Βόρειο-Δυτικός	Σκίρων	Μαΐστρος	Αργέστος/Ολυμπίας Σκίρων/Ιάπυξ	
	BΒΔ	NNW	Βόρειο- Βόρειο-Δυτικός	Σκιρωνοβορράς	Μαΐστροτραμουντάνα	Θρασκίας/Καικίας	30

¹ Το ανεμολόγιο που παρουσιάζεται εδώ έχει 16 υποδιαίρεσεις, υπάρχουν όμως και ανεμολόγια με 32 υποδιαίρεσεις. Σε αυτά στις ονομασίες των επιπλέον υποδιαίρεσεων εισάγεται το κλάσμα $\frac{1}{4}$, έτσι ανάμεσα στη NNE και NE υπάρχει η NE $\frac{1}{4}$ N ή ανάμεσα στη $\frac{1}{4}$ και WNW υπάρχει η W $\frac{1}{4}$ NW. Τα ανεμολόγια αυτά δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

² Παλαιότερα ο Βόρειο-Βόρειο-Ανατολικός λεγόταν και Υποβορειοανατολικός ενώ ο Ανατολικός-Βόρειο-Ανατολικός λεγόταν Υπερβορειοανατολικός, με όμοιο τρόπο και οι υπόλοιποι.

³ Με τον κωδικό 00 σημειώνεται η νηνεμία.

Πίνακας 2. Η ανεμομετρική κλίμακα του Beaufort με τις 12 υποδιαιρέσεις της, δημοσιευμένη πριν το 1946, χρονιά που η κλίμακα επεκτάθηκε σε 17 υποδιαιρέσεις. Σημειώνεται ότι το 1955 οι κόμβοι αντικατέστησαν του αριθμούς του Beaufort στους μετεωρολογικούς χάρτες.

III. ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΛΙΜΑΞ BEAUFORT

Beaufort βαθμιαία κλίμακα	Όνοματολογία				Όρια ταχυτήτων				Πίεσις ανέμου ἐπὶ καθέτου ἐπιφανείας				Σημεία	
	Αστερόσκο- πείον	Πολεμικὸς Ναυτικὸς τῆς Ελλάδος	Γαλλιστί	Αγγλίστί	Γερμανιστί	Αγγλικά μίλια καθ' ὥραν	Μέρες κατὰ δευτερόλεπτον	Πόδες κατὰ δευτερόλεπτον	Μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον	εἰς χιλιογράμμου κατὰ τετραγών. (P=0,03B)	εἰς λίτρας κατὰ τετραγών. (P=0,03B)	εἰς χιλιογράμμου καθ' ὥραν (V=1,87 B ^{3/4})		Ἀντιστοιχίαι τῶν χρήσιμ. εἰς χιλιομ. καθ' ὥραν
0	Νηνεμία	Ἄπνοια	Calm	Calm	Windstille	ἔλαττον τοῦ 1 1-3	ἔλαττον τοῦ 1 1-3	ἔλαττον τοῦ 2 2-5	ἔλαττον τοῦ 0,3 0,3-1,5	0	0	0	0	Πλήρης ἀπνοια.
1	Υποπνέων	Υποπνέων	Presque calme	Light air	Leiser Zug (Sehr leicht)	4-7	4-6	6-11	1,6-3,3	0,01	0,01	0,01	2	Ὁ καπνὸς ὑφύεται σχεδὸν κατακο- ρύφως.
2	Ἀσθενής	Ἀεπτός	Legère brise	Light Breeze	Schwach	8-12	7-10	12-13	3,4-5,4	0,08	0,08	0,04	5	Μόλις αισθητός.
3	Ἀεπτός	Ὀλιγός	Petite brise	Gentle Breeze		13-18	11-16	19-27	5,5-8,0	0,28	0,13	0,13	10	Σείει, ασθενδῶς σημαίαν καὶ τὰ φύλ- λα τῶν δένδρων.
4	Μέτριος	Μέτριος	Jolie brise	Moderate Breeze	Mässig	19-24	17-21	28-36	8,1-10,7	0,67	0,32	0,32	15	Κυματίζει σημαίαν, καὶ τὰ φύλλα τοῦ μικροῦ κλάδου τῶν δένδρων
5	Λαμπρός	Λαμπρός	Bonne brise	Fresh Breeze	Frisch	25-31	22-27	37-46	10,8-13,8	1,31	0,62	0,62	21	Ταράσσει τοὺς μεγάλους κλάδους· τῶν ῥένδρων καὶ αἰολητῶς δυ- σαεστός.
6	Ίσχυρός	Ίσχυρός	Bon frais	Strong Breeze	Stark	32-38	28-33	47-56	13,9-17,1	2,30	1,10	1,10	27	Προβάλλει τὰς οἰκίας καὶ ἄλλα πολλὰ ἀντικείμενα θορυβηδῶς
7	Σφοδρὸς	Σφοδρὸς	Grand frais	Moderate Gale	Steif	39-46	34-40	57-68	17,2-20,7	11,6	3,60	1,70	35	Ταράσσει τοὺς κονδρούς, κλάδους τῶν δένδρων.
8	Όρηπτικός	Σκληρὸς	Petit coup de vent	Fresh Gale	Stürmisch	47-54	41-47	69-80	20,8-24,4	17,6	5,40	2,60	42	Σείει τοὺς λεπτοὺς κορμούς τῶν δένδρων καὶ προκαλεῖ ζωηροῦς κυματισμοὺς τῆς θαλάσσης.
9	Θύελλα	Καταιγίζων	Coup de vent	Strong Gale	Sturm (Vol- ler Sturm)	55-63	48-55	81-93	24,5-28,4	23,2	7,70	3,70	50	Ταράσσει ὅλα τὰ δένδρα καὶ αἰ ἀν- τικείμενα θορυβῶς, προχωρεῖ πρὸς τὴν διόφυναν ὑψοῦ.
10	Ίσχυρά θύελλα	Καταιγίς	Fort coup de vent	Whole Gale	Starker Sturm	64-75	56-65	94-110	28,5-33,5	30,8	10,50	5,00	59	Ἀποσπᾷ ἀντικείμενα ἐκ τῆς θέ- σεώς τῶν π.χ. κεραμίδων κ.τ.λ.
11	Σφοδρά θύελλα	Βαία κα- ταιγίς	Tempête	Storm	Schwerer Sturm	ἀνωτῶν 75	ἀνωτῶν 65	ἀνωτῶν 110	33,6 καὶ ἀνωτῶν	55,0	14,00	6,70	68	Καταρρίπτει δένδρα.
12	Λαίλαψ	Τυφὸν	Ouragan	Hurricane	Orkan	ἀνωτῶν 75	ἀνωτῶν 65	ἀνωτῶν 110	33,6 καὶ ἀνωτῶν	ἀνωτῶν 17,00	8,10	8,10	129	Προκαλεῖ σοβαροὺς καταστροφῆς. Καταστροφὰι ἐξαιρετικῶς σοβαραί.



Ανερολόγιο πυξίδων συστημάτων Thomson, Doignon, Cnudsen.

Σχήμα 7. Τύπος ανερολόγιου



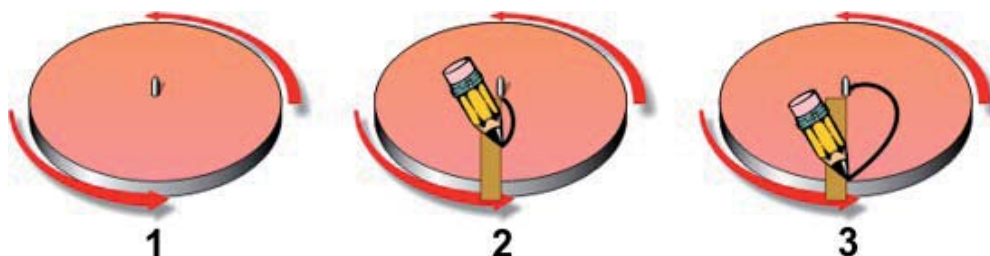
Φωτογραφία 1. Ο Άγγλος ναύαρχος Sir Francis Beaufort ο οποίος το 1806-7 συνέταξε την ομώνυμη κλίμακα έντασης ανέμου.

Έχουμε εξηγήσει ότι ο άνεμος δημιουργείται από τη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης από τόπο σε τόπο, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι πνέει απευθείας από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις. Η περιστροφή της γης προκαλεί εκτροπή του ανέμου και τούτο εξηγείται αναλυτικά στα σχήματα 8, 9 και 10. Λόγω της περιστροφής της γης ο άνεμος εκτρέπεται αντίθετα της φοράς των δεικτών του ρολογιού στις υφέσεις, (βλ. Σχ. 10) και κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού στους αντικυκλώνες.

Ειδικότερα, ο άνεμος κινείται με αυτό τον τρόπο στους αντικυκλώνες και τις υφέσεις λόγω της ταυτόχρονης δράσης τριών δυνάμεων:

Της δύναμης που δημιουργείται λόγω της διαφοράς (βαθμίδας) πίεσης μεταξύ των αντικυκλώνων και των υφέσεων, δηλαδή της δύναμης που κάνει τους αντικυκλώνες να «σπρώχνουν» τον αέρα προς τις υφέσεις. Έτσι ο αέρας θα κινούνταν από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις αν επενεργούσε μόνο η δύναμη αυτή.

Μια δεύτερης δύναμης, της δύναμης Coriolis όπως ονομάζεται, η οποία οφείλεται στην περιστροφή της γης και προκαλεί τη στροφή των αντικειμένων προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο. Η δύναμη αυτή όπως είναι φυσικό επηρεάζει τη διεύθυνση της πνοής του ανέμου. Ένας τρόπος για να καταλάβει κάποιος αυτή τη δύναμη είναι να παρατηρήσει πως μια ευθεία γίνεται καμπύλη. Αν θεωρήσουμε ότι η γη είναι μια επίπεδη σβούρα (βλ. Σχ. 8(1)) που περιστρέφεται αντίθετα από τη φορά κίνησης των δεικτών του ρολογιού. Ένας χάρακας τοποθετείται πάνω στη σβούρα (βλ. Σχ. 8(2)) και με ένα μολύβι ως προσπαθήσουμε να χαράξουμε μια ευθεία γραμμή από το κέντρο προς την περιφέρεια καθώς η σβούρα γυρίζει. Το αποτέλεσμα είναι να γράψουμε μια καμπύλη γραμμή πάνω στη σβούρα, (βλ. Σχ. 8(3)).



Σχήμα 8. Παραστατική εξήγηση της δύναμης Coriolis.

Κοιτάζοντας τη γη από το διάστημα, βλέπουμε τον άνεμο να κινείται σε μια ευθεία γραμμή. Όταν όμως τον κοιτάμε από τη γη, ο άνεμος (όπως και άλλα πράγματα εν πτήση) όπως

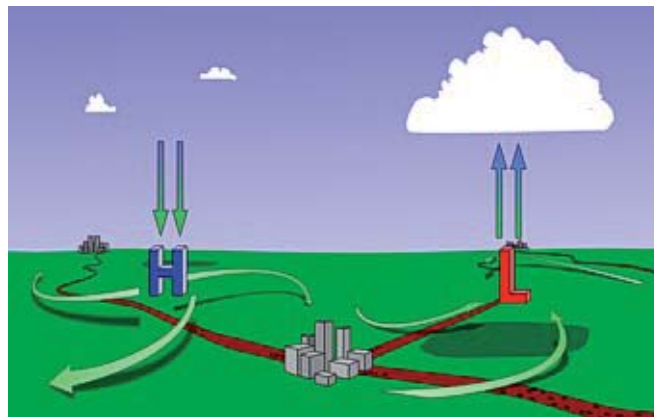


αεροπλάνα και πουλιά) εκτρέπεται προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο (κόκκινο βέλος στο Σχήμα 9). Ο συνδυασμός αυτών των δυο δυνάμεων που περιγράψαμε θα έκανε τον άνεμο να πνέει παράλληλα σε ευθείες ισοβαρείς με τις υψηλές πιέσεις στα δεξιά του.

Σχήμα 9. Ένας παρατηρητής έξω από τη γη βλέπει την εκτροπή του ανέμου προς τα δεξιά λόγω της δύναμης Coriolis

Αλλά υπάρχει και μια τρίτη δύναμη, η τριβή η οποία ως η τελευταία συνιστώσα θα καθορίσει την κίνηση του ανέμου. Η επιφάνεια της γης με την τραχύτητα που έχει όχι μόνο δεν μειώνει την ταχύτητα του ανέμου αλλά προκαλεί και την απόκλιση των ανέμων στους αντικυκλώνες και τη σύγκλιση στις υφέσεις. Αυτό συμβαίνει λόγω της συνέχειας της μάζας, μιας अपαραβάτης ιδιότητας της ύλης που απαγορεύει να δημιουργηθεί από το μηδέν ή να καταστραφεί μάζα σε μια ορισμένη περιοχή. Έτσι ο αέρας δεν μπορεί να συσσωρευτεί σε ένα σημείο. Πρέπει να πάει κάπου, έτσι αναγκάζεται να ανέβει. Καθώς ανεβαίνει ψύχεται. Όταν ο αέρας ψύχεται μπορεί να συγκρατήσει λιγότερους υδρατμούς, έτσι κάποια ποσότητα από τους υδρατμούς συμπυκνώνεται, σχηματίζοντας νέφη και υετό. Αυτός είναι ο λόγος του συχνά άσχημου καιρού κοντά σε περιοχές χαμηλής πίεσης.

Στους αντικυκλώνες, καθώς ο αέρας κινείται προς τα έξω, απομακρυνόμενος από το κέντρο, κάτι πρέπει να τον αναπληρώσει. Έτσι αέρας από πάνω πρέπει να βυθιστεί για να πάρει τη θέση αυτού που φεύγει. Ο αέρας που κατέρχεται θερμαίνεται. Καθώς τότε ο αέρας μπορεί να συγκρατήσει περισσότερους υδρατμούς, τα σύννεφα θα διαλυθούν. Έτσι εξηγείται η εμφάνιση συχνά καλού καιρού σε περιοχές υψηλών πιέσεων, (βλ. Σχ. 10).

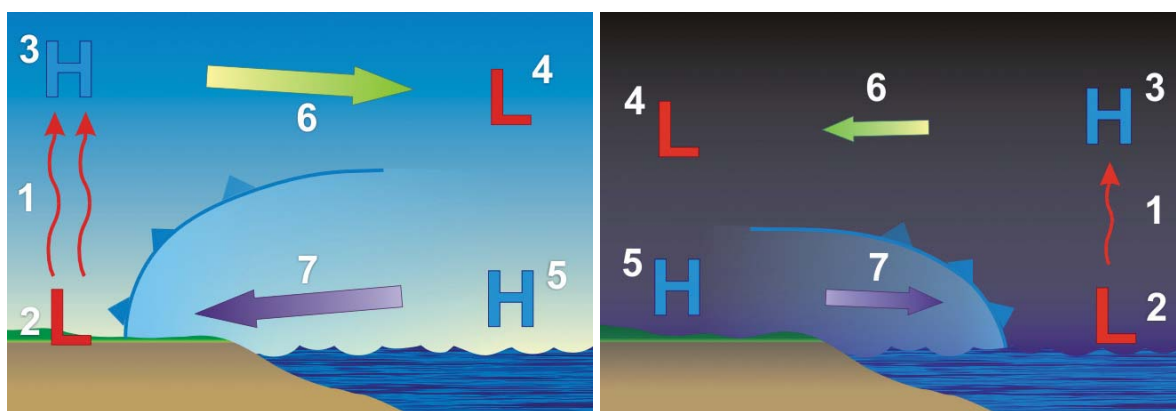


Σχήμα 10. Η κίνηση του ανέμου στους αντικυκλώνες (H) και στις υφέσεις (L) από δυο διαφορετικές οπτικές γωνίες.

Αύρες

Ένας ειδικός 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 πολλές φορές εξαιτίας τους δημιουργούνται τοπικοί άνεμοι τελείως αντίθετοι από τους επικρατούντες στην υπόλοιπη χώρα.

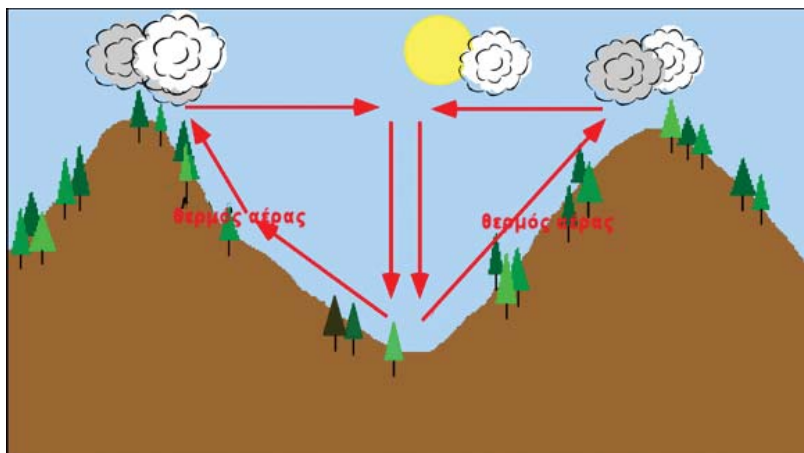
Στο Σχήμα 11 εμφανίζεται καταρχάς η θαλάσσια αύρα (κοινός μπάτης). Γνωρίζουμε ήδη ότι η θάλασσα θερμαίνεται πιο αργά από τη ξηρά, και έτσι την ημέρα η ξηρά είναι θερμότερη από τη θάλασσα. Ο θερμός αραιός αέρας πάνω από τη ξηρά ανέρχεται, ο δε ψυχρός θαλάσσιος αέρας τείνει να καταλάβει τη θέση του. Έτσι δημιουργείται η θαλάσσια αύρα, η οποία κατευθύνεται από το άνοιγμα των κόλπων προς τη ξηρά και για αυτό ονομάζεται από τους ναυτικούς και μπουκαδούρα. Στο Σαρωνικός π.χ. η θαλάσσια αύρα είναι άνεμος ΝΑ, στον Κορινθιακό Δ και στον Παγασητικό Ν.



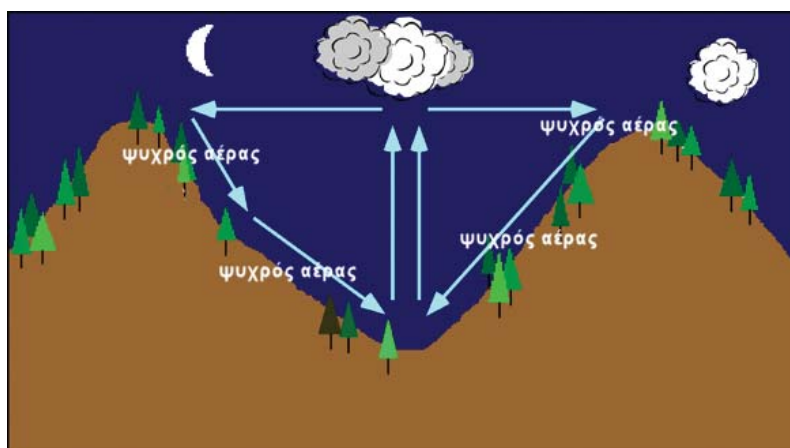
Σχήμα 11. Θαλάσσια (αριστερά) και απόγειος (δεξιά) αύρα. Στην επιφάνεια, ο ήλιος θερμαίνει το έδαφος και τη θάλασσα με τον ίδιο ρυθμό. Ωστόσο, το έδαφος που θερμαίνεται γρηγορότερα και ισχυρότερα, επιστρέφει ένα μέρος της απορροφημένης θερμότητας στο υπερκείμενο στρώμα αέρα και το θερμαίνει. Ο αέρας αυτός καθώς θερμαίνεται αρχίζει να ανεβαίνει γιατί μειώθηκε η πυκνότητά του (1). Ο ανερχόμενος αέρας δημιουργεί ένα ασθενές χαμηλό πίεσης (που ονομάζεται θερμικό χαμηλό) εξαιτίας της ελάττωσης της μάζας του αέρα στην επιφάνεια (2). Τυπικά από 1,000 έως 1,500 μέτρα πάνω από αυτό το χαμηλό, καθώς ο αέρας ψύχεται, αρχίζει να δημιουργεί μια αύξηση στην πίεση, δημιουργώντας ένα «υψηλό» (3). Αυτές οι διαφορές στις πιέσεις πάνω από την ξηρά, στην επιφάνεια και υψηλότερα είναι μεγαλύτερες από τις διαφορές στις πιέσεις πάνω από το νερό στα ίδια ύψη (4 και 5). Έτσι, καθώς η ατμόσφαιρα πάντα τείνει στο να εξισορροπεί τις διαφορές των πιέσεων είτε στη ξηρά είτε στη θάλασσα, αναπτύσσει δύο ροές ανέμου από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις, μια ψηλά προς τη θάλασσα (6) και μια χαμηλά, η οποία ονομάζεται θαλάσσια αύρα (7). Στη δεξιά εικόνα το κύκλωμα αλλάζει φορά τη νύχτα λόγω του ότι η πίεση (στην επιφάνεια) πάνω από την ξηρά το βράδυ είναι μεγαλύτερη από ότι στη θάλασσα λόγω της ταχύτερης ψύξης του εδάφους.

Το αντίθετο συμβαίνει τη νύχτα, οπότε η θάλασσα ψύχεται πιο αργά από την ξηρά και δημιουργείται η απόγειος αύρα η οποία έχει κατεύθυνση από τη ξηρά προς τη θάλασσα.

Παρόμοια φαινόμενα δημιουργούνται μεταξύ ορέων και κοιλάδων. Σε αυτή την περίπτωση η κοιλάδα η οποία καλύπτεται από υδρατμούς και σκόνη θερμαίνεται την ημέρα ή ψύχεται τη νύχτα πιο αργά από ότι τα όρη. Η διαφορά της θέρμανσης αυτής δημιουργεί τις αύρες οι οποίες δίνονται στο Σχήμα 12(α) και 12(β).



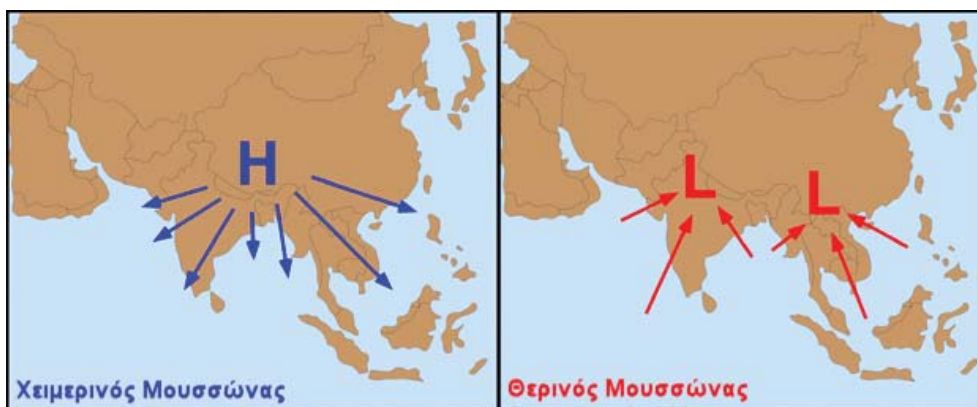
Σχήμα 12(α). Αύρα κοιλάδας



Σχήμα 12(β). Αύρα όρους

Μουσώνες

Όπως οι αύρες οφείλονται στην ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας, έτσι και σε μεγαλύτερη κλίμακα οι μουσώνες των Ινδίων οφείλονται στην ετήσια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ Ασίας και του Ινδικού ωκεανού. Το καλοκαίρι η Ασία θερμαίνεται ταχύτερα και δημιουργείται υγρός θαλάσσιος μουσώνας. Το χειμώνα ο ωκεανός ψύχεται πιο αργά και δημιουργείται ξηρός απόγειος μουσώνας.

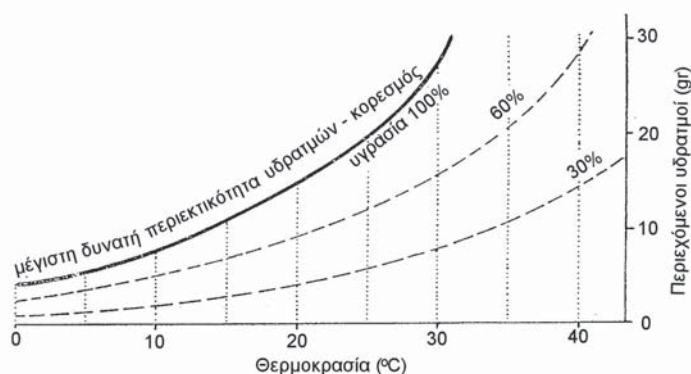


Σχήμα 13. Μουσώνες

Υγρασία

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει υδρατμούς σε διαφορετική ποσότητα από τόπο σε τόπο και από ώρα σε ώρα. Ο αέρας όμως δεν είναι δυνατόν να περιέχει απεριόριστη ποσότητα υδρατμών, αλλά για κάθε θερμοκρασία υπάρχει μια μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών. Όταν ο αέρας περιέχει τη μέγιστη τέτοια ποσότητα ονομάζεται κορεσμένος.

Στο διάγραμμα του Σχήματος 14 φαίνεται ότι όσο ψυχρότερος είναι ο αέρας τόσο μικρότερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει. Αν λοιπόν μια μάζα υγρού και θερμού αέρα ψυχθεί θα φθάσει σε μια θερμοκρασία όπου δεν είναι δυνατόν πλέον να συγκρατήσει όλους τους υδρατμούς τους οποίους περιέχει. Οι υδρατμοί που περισσεύουν θα συμπυκνωθούν ως σταγονίδια πάνω στα αιωρούμενα μικροσωματίδια και θα δημιουργήσουν το νέφος. Αν δε συμπυκνωθούν πάνω σε ψυχρά αντικείμενα θα δημιουργήσουν τη δρόσο. Η θερμοκρασία στην οποία ο ακόρεστος αέρας καθώς ψύχεται φθάνει στο κορεσμό ονομάζεται σημείο δρόσου.

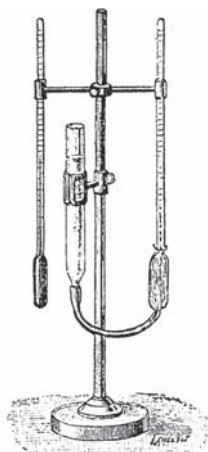


Σχήμα 14. Μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών ανά χιλιόγραμμο αέρα για διάφορες θερμοκρασίες (στο ύψος της θάλασσας)

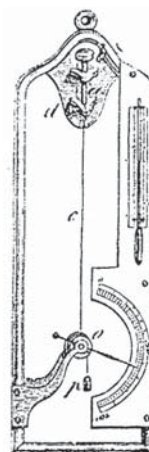
Η υγρασία έχει μεγάλη σημασία για το κλίμα, τη βλάστηση και τη ζωή ενός τόπου. Μετράμε την υγρασία με τα υγρόμετρα, τα οποία δείχνουν πόσους υδρατμούς περιέχει η ατμόσφαιρα επί της εκατό (όπου 100 θεωρούνται οι υδρατμοί οι οποίοι θα περιέχονταν για την ίδια θερμοκρασία αν είχαμε κορεσμό). Το κλασικό υγρόμετρο αποτελείται από μια τρίχα ξανθιάς γυναίκας της οποίας το μήκος μεταβάλλεται συναρτήσει της υγρασίας.



Υγρόμετρο Alluard



Υγρόμετρο August



Υγρόμετρο ξανθιάς τρίχας

Σχήμα 15. Μερικά είδη υγρομέτρων που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα

Για ορισμένη θερμοκρασία, η υγρασία παίζει σπουδαίο ρόλο στο αίσθημα της άνεσης ή της δυσφορίας το οποίο αισθανόμαστε. Το καλοκαίρι αισθανόμαστε άνετα αν κλιματίζουμε ένα χώρο με θερμοκρασία 27°C και υγρασία 55%. Μεγαλύτερη υγρασία προκαλεί το αίσθημα της δυσφορίας, (βλ. Πιν. 3).

Πίνακας 3. Ο θερμικός δείκτης δυσφορίας (Comfort Index) και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

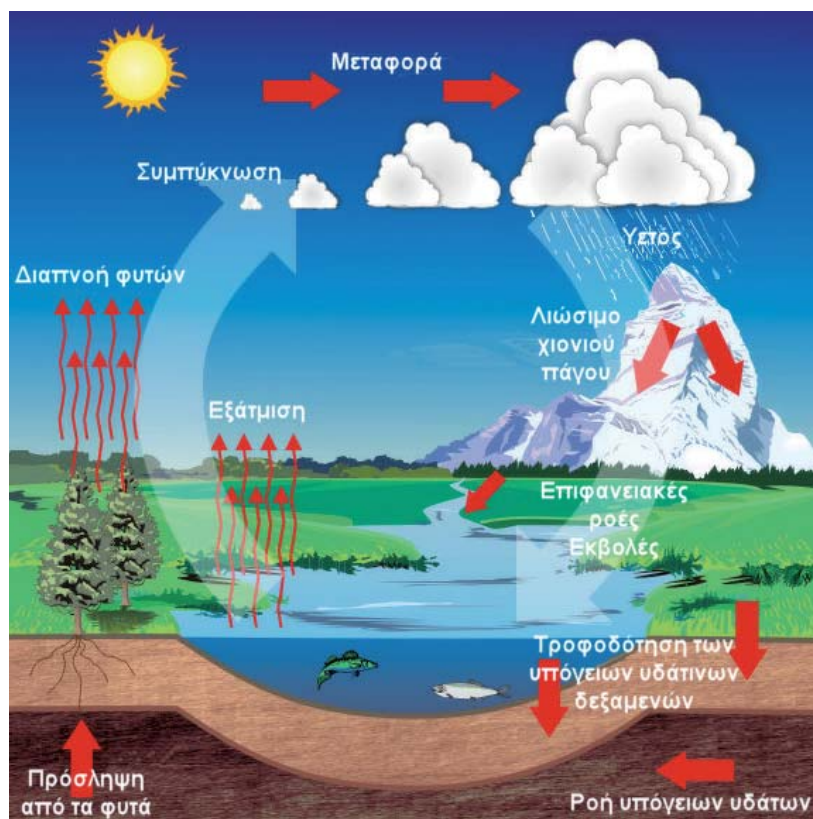
ΘΕΡΜΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΥΣΦΟΡΙΑΣ (°C)													
	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)												
Θερμ.	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
47	58												
43	54	58											
41	51	54	58										
40	48	51	55	58									
39	46	48	51	54	58								
38	43	46	48	51	54	58							
37	41	43	45	47	51	53	57						
36	38	40	42	44	47	49	52	56					
34	36	38	39	41	43	46	48	51	54	57			
33	34	36	37	38	41	42	44	47	49	52	55		
32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	50	53	56
31	31	32	33	34	35	37	38	39	41	43	45	47	49
30	29	31	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	44
29	28	29	29	30	31	32	32	33	34	36	37	38	39
28	27	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	34	35
27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	29	30	30	31
Κατηγορία	Δείκτης Δυσφορίας		Πιθανές θερμικές επιπτώσεις στην υγεία ανθρώπων που ανήκουν σε ομάδες υψηλού κινδύνου										
Εξαιρετικός Κίνδυνος	(54°C ή ψηλότερα)		Μεγάλη πιθανότητα θερμοπληξίας ή ηλίας.										
Κίνδυνος	(41 - 54°C)		Πιθανή ηλίαση, μυϊκές κράμπες και/ή θερμική εξάντληση. Πιθανή και θερμοπληξία με παρατεταμένη έκθεση ή/και φυσική δραστηριότητα.										
Εξαιρετική Προσοχή	(32 - 41°C)		Πιθανή ηλίαση, μυϊκές κράμπες και/ή θερμική εξάντληση με παρατεταμένη έκθεση ή/και φυσική δραστηριότητα.										
Προσοχή	(27 - 32°C)		Πιθανό αίσθημα κόπωσης με παρατεταμένη έκθεση ή/και φυσική δραστηριότητα.										

Εξάτμιση

Η υγρασία της ατμόσφαιρας προέρχεται από την εξάτμιση του νερού της επιφάνειας της γης (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια, υγρασία εδάφους, αναπνοή φυτών και ζώων). Για να έχουμε εξάτμιση γνωρίζουμε από τη φυσική ότι καταναλώνεται θερμότητα. Η θερμότητα αυτή την οποία προσλαμβάνουν οι υδρατμοί όταν εξατμισθούν θα μας απασχολήσει επανειλημμένα σε πολλά από τα μετεωρολογικά φαινόμενα που θα εξετάσουμε παρακάτω. Η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη όσο ο αέρας είναι θερμότερος και ξηρότερος. Έτσι π.χ. στην έρημο η στάθμη μιας ακάλυπτης δεξαμενής νερού θα κατέβαινε λόγω εξάτμισης κατά 5 εκατοστά ημερησίως.

Στο φαινόμενο αυτό βασίζεται και η μέτρηση της υγρασίας με το υγρό θερμομέτρο, το οποίο είναι ένα κοινό θερμομέτρο που είναι τυλιγμένο με ένα βρεγμένο ύφασμα. Η ένδειξη του υγρού θερμομέτρου (λόγω του ότι η εξάτμιση καταναλώνει θερμότητα) είναι μικρότερη από ότι του ξηρού θερμομέτρου. Έτσι από τις ενδείξεις του υγρού και του ξηρού θερμομέτρου υπολογίζεται η υγρασία.

Αν όλο το ποσό των υδρατμών της ατμόσφαιρας έπεφτε ως νερό στην επιφάνεια της γης θα δημιουργούνταν ένα στρώμα πάχους 2,4 εκατοστών μόνο. Παρόλα αυτά ο κύκλος του νερού (εξάτμιση, μεταφορά, βροχή) κινεί πολύ μεγάλες ποσότητες νερού και μεταφέρει μεγάλα ποσά ενέργειας, (βλ. Σχ. 16). Η θερμική ενέργεια η οποία καταναλώνεται για την εξάτμιση του νερού αποδεσμεύεται κατά την υγροποίηση των υδρατμών αφού αυτοί μεταφερθούν με τον άνεμο σε μεγάλες αποστάσεις.



Σχήμα 16. Ο κύκλος του νερού

Ανοδικά ρεύματα

Αναφέραμε ήδη ότι ο θερμός αέρας ανέρχεται στην ατμόσφαιρα και η θέση του καταλαμβάνεται από το γειτονικό ψυχρότερο αέρα. Η άνοδος αυτή δημιουργεί ένα ανοδικό ρεύμα

το οποίο και θα μελετήσουμε στη συνέχεια λεπτομερέστερα, διότι εξαιτίας του δημιουργούνται ενδιαφέροντα μετεωρολογικά φαινόμενα.

Η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα

Η μείωση της θερμοκρασίας με το ύψος γίνεται όπως αναφέρθηκε κατά 0.6°C ανά 100 μέτρα περίπου. Αυτή η τιμή δεν είναι παρά ένας στατιστικός μέσος όρος. Στην πράξη η θερμοκρασία μειώνεται με το ύψος με διαφορετικό βαθμό σε διαφόρους τόπους και χρονικές στιγμές. Το Σχήμα 17(α) δείχνει (όπως και το Σχήμα 2) με τη συνεχή γραμμή τις θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας στα διάφορα ύψη σε ορισμένη χρονική στιγμή, το δε Σχήμα 17(β) δείχνει τις θερμοκρασίες για μια ορισμένη χρονική στιγμή σε διαφορετικό τόπο ή διαφορετική ημέρα.

Αδιαβατική θερμοβαθμίδα

Ας εξετάσουμε τι συμβαίνει με μια μάζα αέρα η οποία ανέρχεται από ένα ορισμένο αρχικό ύψος ακόμη υψηλότερα. Δεδομένου ότι η πίεση σε μεγαλύτερο ύψος είναι μικρότερη ο αέρας θα διασταλεί. Αν δεν αναμειχθεί και με γειτονικό αέρα η ίδια θερμική ενέργεια της μάζας του θα κατανεμηθεί τώρα σε μεγαλύτερο όγκο, δηλαδή η θερμοκρασία θα ελαττωθεί.

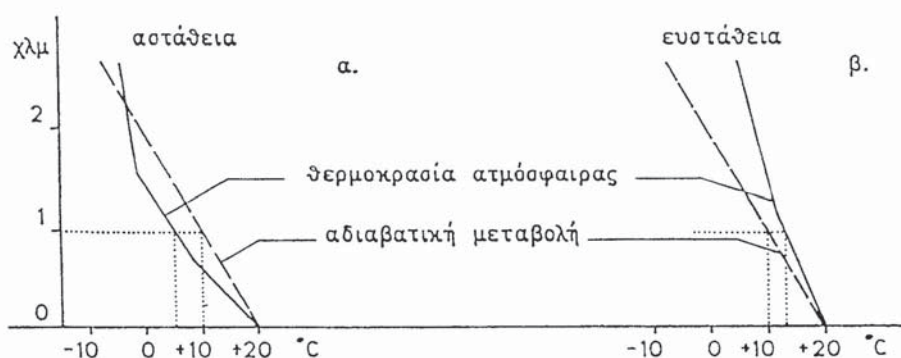
Έτσι, με την άνοδο μιας μάζας αέρα έχουμε την διαστολή και την ψύξη της, ενώ αντίθετα με την κάθοδο μιας μάζας αέρα έχουμε συμπίεση και θέρμανσή της.

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-μετάβαση θερμότητας μεταξύ της μάζας και του περιβάλλοντος.

Αστάθεια της ατμόσφαιρας

Η ατμόσφαιρα λέγεται ασταθής όταν λόγω της ανομοιομόρφης θέρμανσης οι κατώτερες μάζες έχουν την τάση να ανέλθουν και οι ανώτερες να πάρουν τη θέση τους. Μια κλασσική εικόνα αστάθειας αποτελεί το νερό το οποίο αναδεύεται ενώ βράζει όταν θερμαίνεται από κάτω. Ας δούμε όμως κάποιες λεπτομέρειες της ατμοσφαιρικής αστάθειας.

Αν θεωρήσουμε στο έδαφος μια μάζα αέρα θερμοκρασίας 20°C και τη μεταφέρουμε σε ύψος 1000 μέτρων η θερμοκρασία της κατά την αδιαβατική θερμοβαθμίδα θα κατέλθει κατά 10°C δηλαδή θα είναι 10°C . Τη μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας παριστάνει η διακεκομμένη γραμμή του Σχήματος 17. Αν στο ύψος αυτό των 1000 μέτρων η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι κάτω των 10°C (όπως στο Σχ. 17(α)) η μάζα ως θερμότερη θα συνεχίσει να ανέρχεται άρα θα έχουμε αστάθεια.

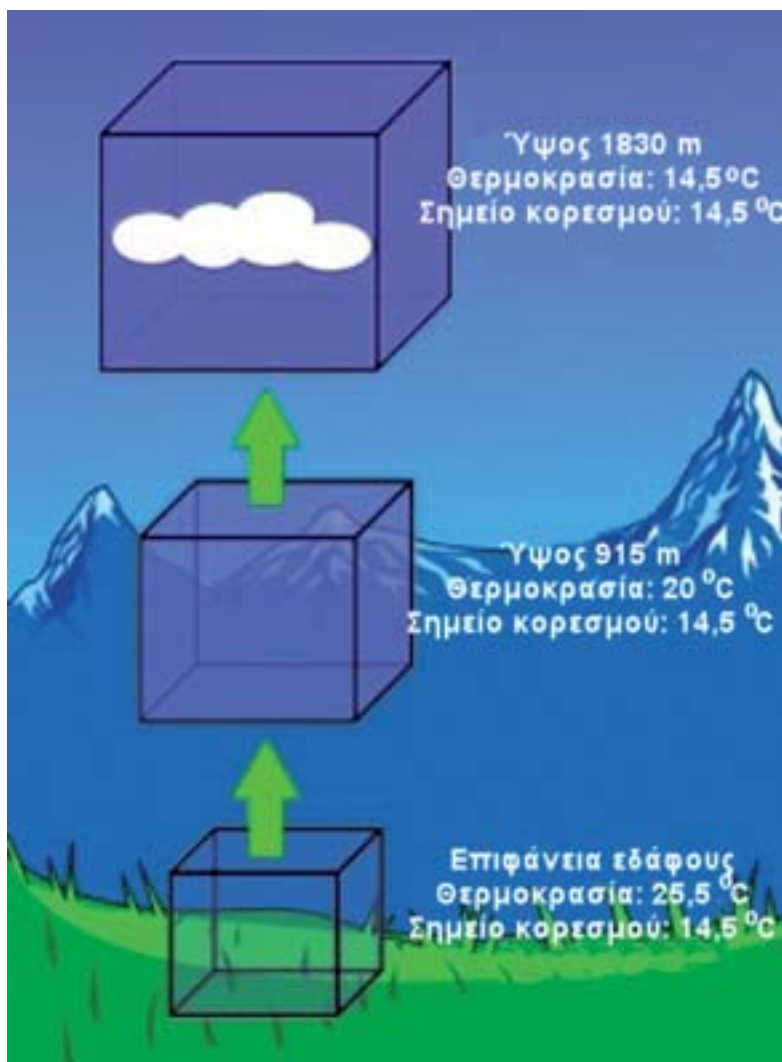


Σχήμα 17. Η ατμόσφαιρα ανάλογα με την επικρατούσα θερμοκρασία καθ' ύψος είναι δυνατό να παρουσιάζει (α) αστάθεια, (β) ευστάθεια

Αντίθετα αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο ύψος των 1000 μέτρων είναι πάνω από 10°C (όπως στο Σχ. 17(β)) η μάζα ως ψυχρότερη θα κατέλθει και πάλι στην αρχική της θέση. Αυτή είναι η κατάσταση ευστάθειας αφού η μάζα στην πραγματικότητα δεν θα κινηθεί καθόλου ούτε για την υποθετική αρχική της άνοδο προς τα 1000 μέτρα.

Η αστάθεια της ατμόσφαιρας δημιουργεί ανοδικά ρεύματα τα οποία ονομάζονται θερμικά. Το κυριότερο ενδιαφέρον αυτών των ρευμάτων είναι ότι δημιουργούν τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης.

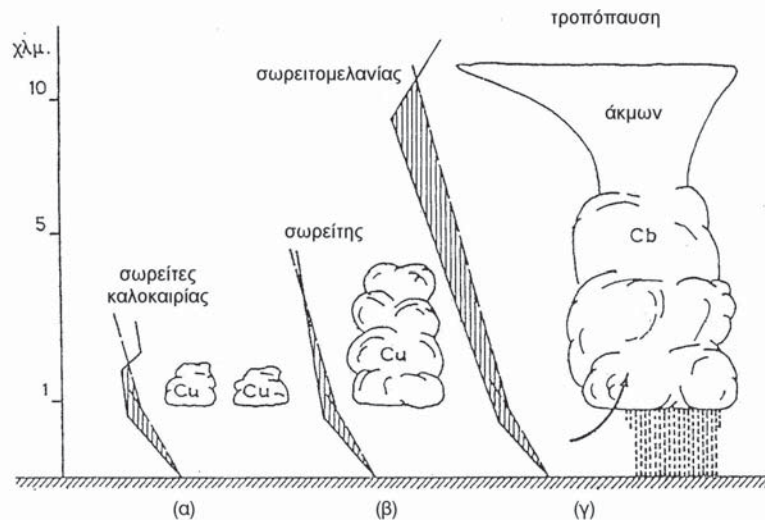
Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης



Αν παρακολουθήσουμε την ανοδική πορεία μιας ασταθούς μάζας αέρα παρατηρούμε ότι αυτή θα ανέρχεται συνεχώς προς τις μικρότερες πιέσεις, επομένως διαστέλλεται και ψύχεται. Σε ένα ορισμένο ύψος η θερμοκρασία θα κατέβει στο σημείο κορεσμού (δρόσου), οπότε ο αέρας δεν θα είναι δυνατόν να συγκρατήσει όλους τους υδατμούς τους οποίους περιέχει. Οι πλεονάζοντες υδατμοί θα υγροποιηθούν σε μικρά σωματίδια τα οποία σχηματίζουν το νέφος. Το ύψος στο οποίο η θερμοκρασία του αέρα φτάνει το σημείο κορεσμού είναι το ύψος της βάσης των νεφών και φαίνεται χαρακτηριστικά στα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, (βλ. Σχ. 18, 19).

Σχήμα 18. Άνοδος μιας μάζας αέρα κατά την αδιαβατική θερμοβαθμίδα.

Τα νέφη αυτά ονομάζονται σωρείτες (Cumulus, Cu) και όταν η αστάθεια της ατμόσφαιρας δεν επεκτείνεται σε μεγάλα ύψη σταματούν να μεγαλώνουν και βαθμιαία διαλύονται. Τέτοια νέφη παρουσιάζονται στις (α) και (β) περιπτώσεις του Σχήματος 19.



Σχήμα 19. Το μέγεθος των νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης εξαρτάται από την αστάθεια της ατμόσφαιρας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να θυμηθούμε ότι όταν αρχίσει η υγροποίηση των υδρατμών που θα σχηματίσουν το νέφος απελευθερώνεται η θερμότητα η οποία είχε απαιτηθεί για την εξάτμιση. Η θερμότητα αυτή μεγαλώνει την αστάθεια της μάζας και επιταχύνει την ανοδική της πορεία. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο στο Σχήμα 19 μέσα στα νέφη η διακεκομμένη γραμμή αδιαβατική έχει διαφορετική κλίση από ότι κάτω από τα νέφη.

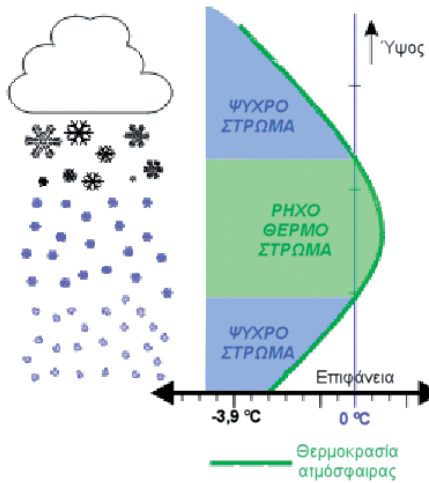
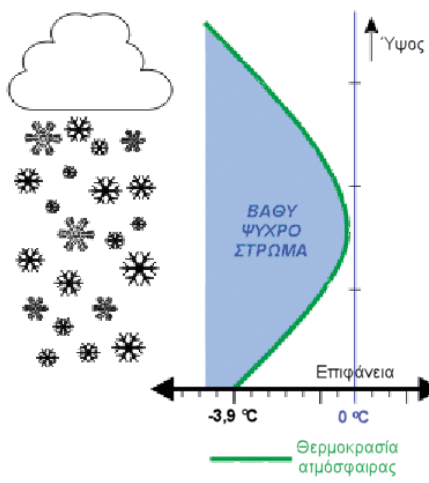
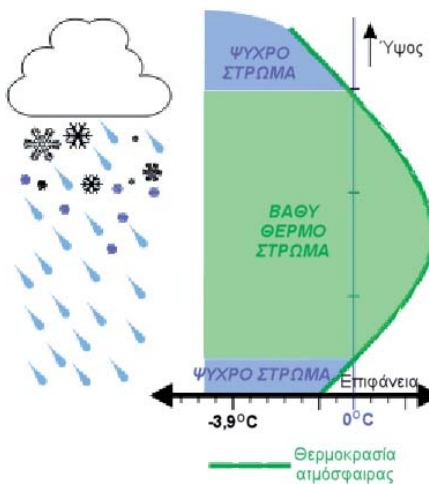
Αν η αστάθεια της ατμόσφαιρας είναι ακόμη μεγαλύτερη ο σωρείτης μεγαλώνει καθ' ύψος και φτάνει συχνά μέχρι την τροπόπαυση πάνω από την οποία δεν μπορεί να ανέβει διότι εκεί επικρατεί ευστάθεια, (στην στρατόσφαιρα όπως είπαμε η θερμοκρασία αυξάνει με το ύψος). Στην τροπόπαυση το νέφος επεκτείνεται οριζόντια και λαμβάνει το σχήμα άκμονα (αμόνι) όπως φαίνεται στο Σχήμα 19(γ). Το νέφος αυτό ονομάζεται σωρειτομελανίας (Cumulonimbus, Cb) και είναι το νέφος το οποίο όπως θα δούμε στη συνέχεια προκαλεί καταιγίδες.

Βροχή και χιόνι

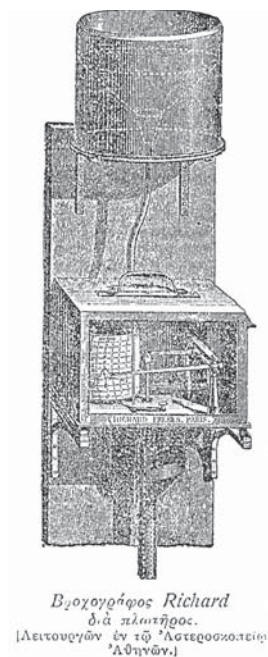
Όσο η υγροποίηση των υδρατμών προχωρεί μέσα σε ένα νέφος τόσο δημιουργούνται μεγαλύτερα υδροσταγονίδια. Επίσης, στα μεγαλύτερα ύψη, όπου η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη του μηδενός, τα υδροσταγονίδια γίνονται παγοκρυσταλλίδια τα οποία συνεχώς μεγαλώνουν. Όταν δημιουργηθούν σταγόνες τόσο βαριές ώστε να έχουν ταχύτητα πτώσης μεγαλύτερη από την ανοδική ταχύτητα του ρεύματος αυτά πέφτουν προς τη γη ως βροχή.

Οι σταγόνες που πέφτουν προς το έδαφος περνούν μέσα από θερμότερα στρώματα αέρα και μέρος τους εξατμίζεται και πάλι, (βλ. Σχ. 20). Με αυτό τον τρόπο μια βροχή στα ανώτερα στρώματα είναι πιθανό να μη φτάσει ποτέ στο έδαφος.

Στην περίπτωση που οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε θερμοκρασία λίγο κάτω από το μηδέν, σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι με μορφή χιονιού. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη που βρίσκεται η Ελλάδα, το χιόνι είναι συχνό στα μεγάλα ύψη ενώ στη στάθμη της θάλασσας παρουσιάζεται σπάνια. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τη αργή πτώση του μέσω θερμότερου αέρα, το χιόνι τήκεται και φτάνει στα χαμηλά ύψη υπό τη μορφή μικρών σταγόνων (χιονόνερο).

	Στη φωτογραφία (αριστερά) η πράσινη γραμμή παριστάνει τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας σε συνάρτηση με το ύψος. Στην επιφάνεια λοιπόν η θερμοκρασία είναι $-3,9^{\circ}\text{C}$ και αυξάνει με το ύψος πριν αρχίσει να μειώνεται. Ωστόσο, αφού η θερμοκρασία σε κάθε περίπτωση παραμένει κάτω από το 0°C ο υετός που πέφτει θα παραμείνει με τη μορφή χιονιού.
	Στην εικόνα αυτή, η επιφανειακή θερμοκρασία είναι υψηλότερη $-2,8^{\circ}\text{C}$. Επίσης, καθώς αυξάνει το ύψος, η θερμοκρασία αυξάνει σε σημείο όπου κάποιο ατμοσφαιρικό στρώμα έχει θερμοκρασία πάνω από το 0°C πριν ξαναπέσει και πάλι κάτω από το σημείο πήξης. Καθώς λοιπόν πέφτει το χιόνι μέσα σε αυτό το στρώμα όπου η θερμοκρασία είναι πάνω από το μηδέν, οι χιονονιφάδες λιώνουν μερικώς. Καθώς όμως ξαναμπαίνουν στο ψυχρό στρώμα που βρίσκεται χαμηλότερα, ξαναπαγώνουν και παίρνουν τη μορφή σβώλων πάγου που αναπηδούν στο έδαφος, σαν ψιλό χαλάζι.
	Χιονόνερο θα έχουμε όταν το θερμό στρώμα στην ατμόσφαιρα είναι αρκετά βαθύ με μόνο ένα ρηκό ψυχρό στρώμα με θερμοκρασία κάτω του μηδενός κοντά στην επιφάνεια. Ο υετός μπορεί να ξεκινήσει σαν βροχή ή/και σαν χιόνι αλλά γίνεται βροχή στο θερμό στρώμα. Η βροχή μπορεί μεν να ξαναμπαίνει σε ψυχρό στρώμα με θερμοκρασία κάτω του μηδενός αλλά εφόσον το στρώμα αυτό είναι ρηκό, δεν προλαβαίνει να ξαναπαγώσει.

Σχήμα 20. Παραδείγματα χειμερινών συνθηκών υετού.

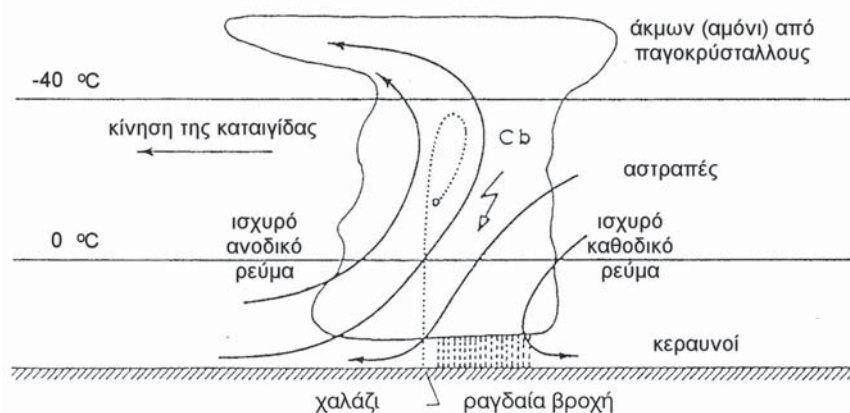


Σχήμα 21. Βροχογράφος, αυτογραφικό όργανο που κατέγραφε την ώρα, τη διάρκεια, και το ύψος βροχής.

Καταιγίδες και χαλάζι

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η ζωή της υδροσταγόνας μέσα σε ένα σωρειτομελανία. Επειδή τα ανοδικά ρεύματα είναι πολύ μεγάλα οι σταγόνες δεν πέφτουν αν δεν αποκτήσουν μεγάλο μέγεθος. Τότε προκαλούν ραγδαία βροχή και δημιουργούν ισχυρότατα καθοδικά ρεύματα όπως φαίνεται στο Σχήμα 22.

Εξάλλου οι σταγόνες παρασυρόμενες σε μεγαλύτερα ύψη δημιουργούν παγοσφαιρίδια, το χαλάζι, το οποίο είναι δυνατόν να πέσει και να ανέρθει επανειλημμένα εντός του ανοδικού ρεύματος αποκτώντας συνεχώς όλο και μεγαλύτερο μέγεθος μέχρι να πέσει στη γη όπως φαίνεται στο Σχήμα 22.

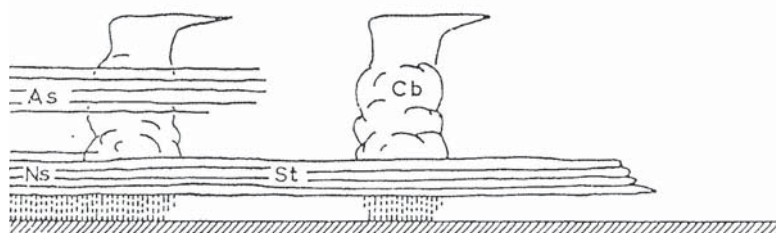


Σχήμα 22. Καταιγιδοφόρο νέφος (σωρειτομελανίας Cb)

Τα ισχυρά ανοδικά ρεύματα μαζί με τα σταγονίδια μεταφέρουν στο σωρειτομελανία και ηλεκτρικά φορτία. Για την αποφόρτιση αυτών των φορτίων ξεσπούν ηλεκτρικές εκκενώσεις μεταξύ των τμημάτων του νέφους (αστραπές) ή μεταξύ νέφους και γης (κεραυνοί).

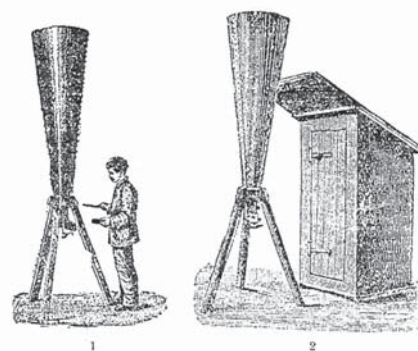
Η διάμετρος μιας καταιγίδας είναι της τάξης των λίγων χιλιομέτρων και γι αυτό μια καταιγίδα μπορεί να είναι ένα τελείως τοπικό φαινόμενο σε μια ζώνη μικρού πλάτους προς τη διεύθυνση κατά την οποία τη μεταφέρει ο άνεμος. Η καταιγίδα διαλύεται μετά από λίγο από τα καθοδικά ρεύματα τα οποία η ίδια δημιουργεί.

Οι σωρειτομελανίες είναι δυνατόν να εμφανιστούν σε ομάδες, όπως επίσης και να είναι ενσωματωμένοι μέσα σε στρωματόμορφα νέφη (βλ. Σχ. 23) ώστε να μην γίνονται αντιληπτοί παρά μόνο από τις αστραπές που παράγονται.



Σχήμα 23.

Καταιγιδοφόρα νέφη ενσωματωμένα μέσα στρωματόμορφα νέφη.



1) αντιαεραζικόν πυροβόλον Verniere. 2) Αντι-αεραζικόν πυροβόλον Verniere με πωπύριον ασφαλείας.

Σχημα 24.

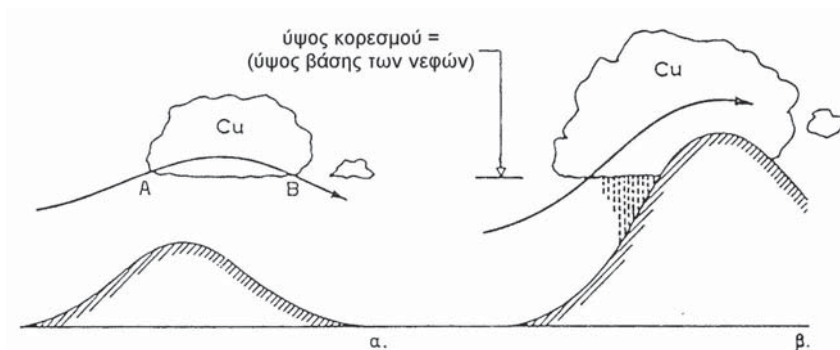
Τύπος αντικαλαζικού πυροβόλου με το οποίο θεωρούσαν στις αρχές του προηγούμενου αιώνα ότι είναι δυνατόν με το βομβαρδισμό του νέφους να αποτραπεί η πτώση χαλάζης.

Οι ισχυρές αναταράξεις και τα ρεύματα του σωρειτομελανία είναι επικίνδυνα για τα αεροπλάνα τα οποία αποφεύγουν τις καταιγίδες είτε επειδή γνωρίζουν τη θέση τους από μετεωρολογικές παρατηρήσεις, είτε γιατί τις ανιχνεύουν με το ραντάρ καιρού, το οποίο και διαθέτουν σήμερα τα περισσότερα αεροσκάφη.

Ορογραφικά νέφη

Στην προηγούμενη παράγραφο εξετάσαμε τις κατακόρυφες κινήσεις του αέρα που οφείλονται στα θερμικά φαινόμενα. Κατακόρυφες όμως κινήσεις δημιουργούνται και από δυναμικούς λόγους.

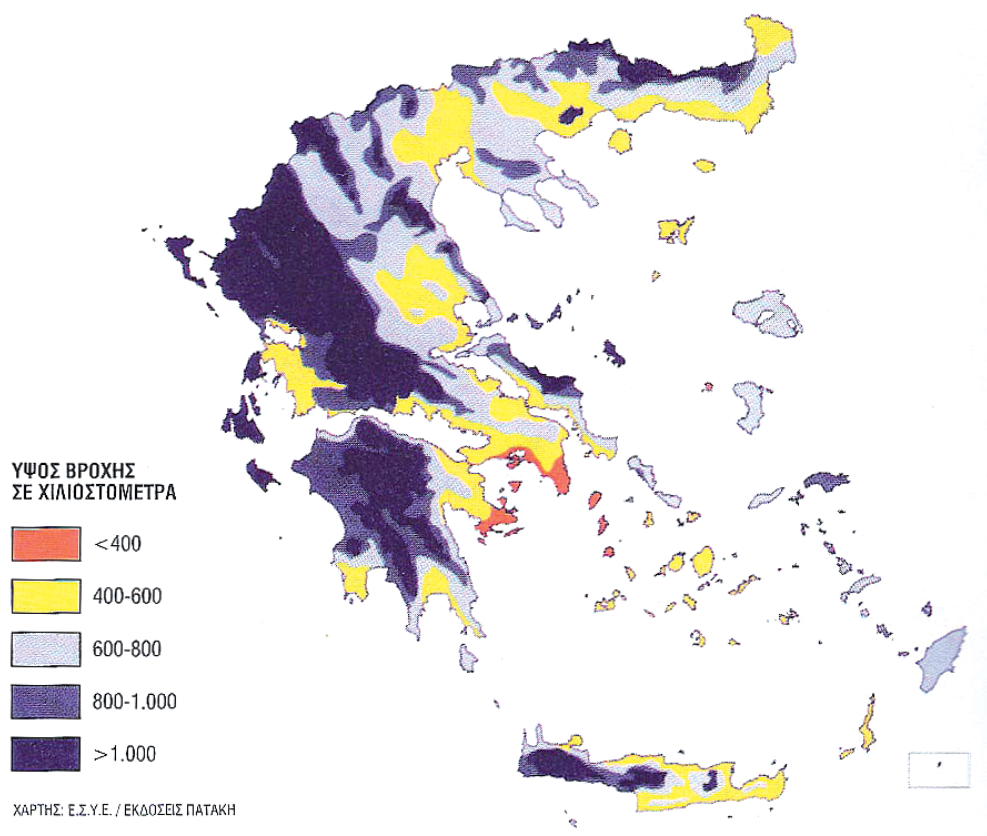
Αν ο άνεμος πνέει προς την πλαγιά ενός βουνού (βλ. Σχ. 25) ο αέρας αναγκάζεται να ανέβει την προσηνήμο πλαγιά για να υπερβεί το βουνό. Την εξαναγκασμένη αυτή άνοδο του αέρα λόγω της πνοής του ανέμου ονομάζουμε δυναμικό ανοδικό ρεύμα. Αν ο αέρας περιέχει αρκετούς υδρατμούς και αναγκασθεί να ανέλθει σε αρκετά μεγάλο ύψος τότε θα φθάσει στο σημείο κορεσμού και θα δημιουργηθούν νέφη τα οποία ονομάζονται ορογραφικά. Τα νέφη αυτά παράγονται στην προσηνήμο πλευρά (σημείο Α, Σχ. 25(α)) και διαλύονται στην υπήνεμο πλευρά του όρους (σημείο Β, Σχ. 25(α)) διότι 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.



Σχήμα 25. Ορογραφικά νέφη

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

Λόγω της ορογραφικής δράσης συμβαίνουν ραγδαίες και παρατεταμένες βροχές στις προσήνεμες πλαγιές των βουνών (βλ. Σχ. 25(β)), κυρίως όταν προσπίπτουν σε αυτές πολύ υγρές αέριες μάζες αέρα, όπως αυτές που προέρχονται από τη θάλασσα. Έτσι στην Ελλάδα οι υγρές μάζες, οι οποίες προέρχονται από τη δυτική Μεσόγειο προσπίπτουν στην οροσειρά της Πίνδου και τα όρη της Πελοποννήσου και δημιουργούν στη δυτική Ελλάδα βροχές συνολικού ύψους 2 μέτρων περίπου ετησίως. Αντίθετα από την ανατολική πλευρά των βουνών η Ελλάδα είναι ξηρή με βροχοπτώσεις της τάξης των 0,5 μέτρων μόνο. Αυτό φαίνεται στο Σχήμα 26 στο οποίο σημειώνεται το ύψος της βροχής σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

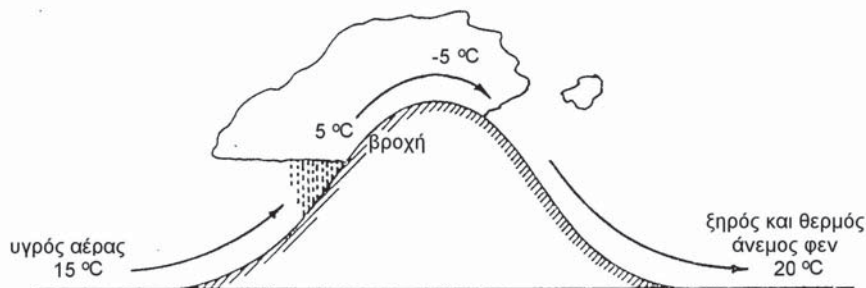


Σχήμα 26. Μέσα ετήσια ύψη βροχής σε mm για διάφορες περιοχές της χώρας και για τη χρονική περίοδο των ετών 1960-1990, (πηγή: EUROSTAT).

Άνεμος Φέν

Ας εξετάσουμε τώρα μια μάζα αέρα η οποία ανέρχεται στην προσηένημο πλαγιά ενός όρους και αφού προκαλέσει βροχή κατέρχεται την υπήνεμη πλευρά.

Αν η μάζα δεν απέβαλλε τους υδρατμούς της υπό μορφή βροχής θα είχε την ίδια θερμοκρασία και υγρασία στο ίδιο ύψος προ και μετά το όρος. Γνωρίζουμε όμως ήδη ότι η υγροποίηση των υδρατμών αποδίδει θερμότητα και ότι η εξάτμιση των υδροσταγονιδίων απορροφά θερμότητα. Στην υπήνεμο πλευρά του όρους υπάρχουν λιγότερα υδροσταγονίδια προς εξάτμιση λόγω της προηγηθείσης πτώσης της βροχής. Άρα η μάζα στο ίδιο ύψος θα προκύψει θερμότερη και ξηρότερη. Μια τυπική περίπτωση του φαινομένου φαίνεται στο Σχήμα 27.



Σχήμα 27. Άνεμος φέν

Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ χαρακτηριστικό στις βόρειες πλευρές των Άλπεων όταν πνέουν νότιοι άνεμοι. Αυτοί προκαλούν βροχές στην Ιταλία όσο ανέρχονται στις Άλπεις στη δε Γερμανία όπου κατέρχονται και πάλι πνέει θερμός και ξηρός άνεμος που ονομάζεται Φέν (Foehn).

Άνεμος τύπου φέν εμφανίζεται και στην Ελλάδα όπως π.χ. στις δυτικές ακτές της Πελοποννήσου όταν πνέουν ΝΑ άνεμοι, στη δε Θεσσαλία, ανατολική Βοιωτία και Μαλιακό κόλπο όταν πνέουν Δ και ΝΔ άνεμοι (Λίβας).

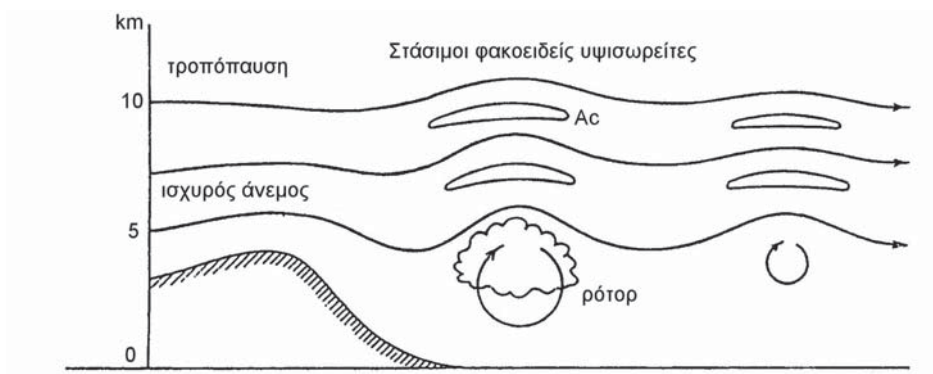
Βέβαια υπάρχουν και άλλοι τοπικοί χαρακτηριστικοί άνεμοι σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και του κόσμου, όπως οι Ετησίες (Etesians) (είναι τα γνωστά μελέμια που όταν πνέουν πριν από τον Ιούλιο λέγονται «Πρόδρομο», ενώ μετά τα μέσα Σεπτεμβρίου «Μετόπωρο»), ο Μπόρα (Bora), ο Μιστράλ (Mistral), ο Βαρδάρης, ο Σιρόκος (Scirocco), ο Σιμούν (Simoon), ο Λεβάντερ (Levanter), ο Λεβάντε (Levante), ο Βενταβάλ (Vendaval), ο Λιμπέτσο (Libeccio), ο Παμπέρο, (Pampero), ο Χαμσίν (Chamsin), ο Γκρεγκάλ (Gregale), ο Χαρμάταν (Harmattan), κ.α.

Κύματα Όρους

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

Παρατηρώντας ένα ορμητικό ποταμό, ο οποίος υπερπηδά ένα εμπόδιο στο βυθό του, βλέπουμε ότι μετά το εμπόδιο το ρεύμα δεν είναι ομαλό, αλλά παρατηρείται μια σειρά από κύματα. Όμοιο φαινόμενο παρατηρείται και στην ατμόσφαιρα όταν ισχυρός άνεμος υπερπηδά ένα όρος, τότε στην υπήνεμο πλευρά σχηματίζονται κύματα όπως εμφανίζονται στο Σχήμα 28.

Κύματα όρους παρατηρούμε πολύ συχνά στην Ελλάδα. Η παρουσία τους προδίδεται στον ουρανό από στάσιμα νέφη τα οποία ονομάζονται φακοειδείς υψισωρείτες (βλ. Σχ. 28). Στα νέφη αυτά όπως και στα ορογραφικά τα υδροσταγονίδια του νέφους παράγονται στην ανοδική περιοχή του κύματος και εξατμίζονται και πάλι στην καθοδική περιοχή. Έτσι τα νέφη λαμβάνουν σχήμα φακού και παραμένουν στάσιμα στον ουρανό σε μεγάλα ύψη παρά τον πνέοντα ισχυρό άνεμο.



Σχήμα 28. Κύμα όρους

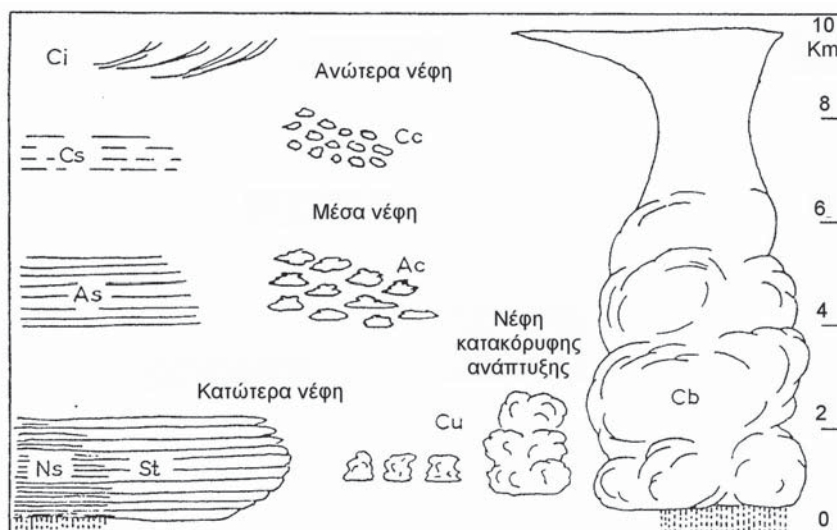
Σε χαμηλά ύψη, μετά το όρος σχηματίζονται συνήθως στρόβιλοι οι οποίοι είναι ιδιαίτερα επικίνδυνοι για τα αεροπλάνα. Οι στρόβιλοι αυτοί συχνά προδίδονται από ένα ογκώδες νέφος (βλ. Σχ. 28) το οποίο συνεχώς αλλάζει μορφή και ονομάζεται ρότορ.

Είδη νεφών

Τα νέφη χωρίζονται ανάλογα με το ύψος στο οποίο βρίσκονται σε χαμηλά, μέσα και ανώτερα. Επίσης ανάλογα με το σχήμα τους είναι σωρειτόμορφα ή στρωματόμορφα. Στον πίνακα 4 σημειώνονται τα είδη των νεφών μαζί με τις διεθνείς ονομασίες τους και τα σύμβολά τους. Στο Σχήμα 29 εμφανίζονται αντιπροσωπευτικές μορφές νεφών.

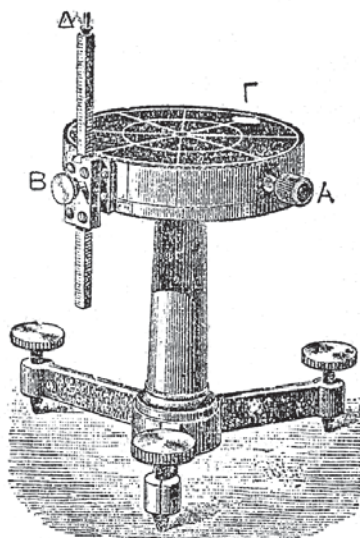
Πίνακας 4. Οι βασικές ομάδες νεφών

Υψηλά νέφη (ύψος 6-10000 m)			
	Cirrus	Ci	Θύσανοι
	Cirrostratus	Cs	Θυσανοστρώματα
	Cirrocumulus	Cc	Θυσανοσωρείτες
Μεσαία νέφη (ύψος 2-6000 m)			
	Altostratus	As	Υψηοστρώματα
	Altocumulus	Ac	Υψησωρείτες
Χαμηλά νέφη (ύψος 0-2000 m)			
	Stratus	St	Σιρώματα
	Stratocumulus	Sc	Στρωματοσωρείτες
	Nimbostratus	Ns	Μελανοστρώματα
Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης			
	Cumulus	Cu	Σωρείτες
	Cumulonimbus	Cb	Σωρειτομελανίες



Σχήμα 29. Είδη Νεφών

Τα νέφη πέρα από τις βασικές τους ονομασίες φέρουν συχνά παρωνύμια ανάλογα του σχήματος ή της προέλευσης τους, όπως π.χ. φακοειδείς, υψισωρείτες ή σωρείτες καλοκαιρί-ας. Επίσης τα νέφη, κυρίως δε τα στρωματόμορφα, δεν παρουσιάζονται μεμονωμένα, αλλά με μορφή νεφικών συστημάτων.



Νεφοσκόπιον Fineman.

Σχήμα 30. Νεφοσκόπιο, όργανο με το οποίο παλαιότερα μετρούσαν τη διεύθυνση και ταχύτητα κίνησης των νεφών.

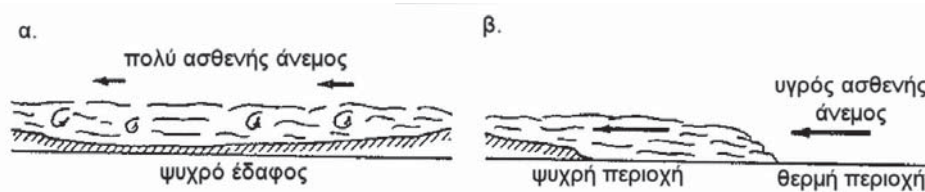
Ομίχλη

Η ομίχλη είναι ένας ειδικός τύπος νέφους το οποίο παράγεται κοντά στο έδαφος. Η ομίχλη μπορεί να δημιουργηθεί λόγω ακτινοβολίας ή μεταφοράς.

Ομίχλη ακτινοβολίας

Η ομίχλη ακτινοβολίας είναι συνηθισμένο πρωινό φαινόμενο στις πεδιάδες και τις κοιλάδες. Σχηματίζεται κατά τη νύχτα όσο η θερμοκρασία του εδάφους συνεχίζει να μειώνεται.

Αν επικρατήσει πολύ ασθενής άνεμος τότε μια μικρή μάζα αέρα έρχεται διαδοχικά σε επαφή με το έδαφος και ψύχεται από αυτό όπως φαίνεται στο Σχήμα 31(α). Αν η θερμοκρασία της μάζας του αέρα κατεβεί κάτω από το σημείο κορεσμού δημιουργούνται υδροσταγονίδια (νέφος). Το νέφος αυτό είναι η ομίχλη.



Σχήμα 31. Ομίχλες, (α) Ακτινοβολίας, (β) Μεταφοράς

Αν επικρατεί πλήρης νηνεμία ο αέρας ο οποίος έρχεται σε επαφή με το έδαφος δεν ανανεώνεται. Τότε εμφανίζεται απλά δρόσος πάνω στο έδαφος χωρίς να σχηματισθεί ομίχλη. Αν η θερμοκρασία είναι κάτω του μηδενός αντί για τις σταγόνες της δρόσου, σχηματίζονται οι παγοκρύσταλλοι της πάχνης.

Βέβαια αν πνέει ισχυρός άνεμος ψύχεται από το έδαφος μεγάλη μάζα αέρα και η θερμοκρασία του δεν προλαβαίνει να κατεβεί αρκετά ώστε να σχηματιστεί ομίχλη.

Ομίχλη μεταφοράς

Ομίχλη μεταφοράς δημιουργείται όταν μια υγρή μάζα αέρα μετακινούμενη με ένα ασθενή άνεμο έρθει πάνω από μια ψυχρή περιοχή. Τότε η μάζα ψύχεται από κάτω και δημιουργεί ομίχλη (βλ. Σχ. 31(β)).

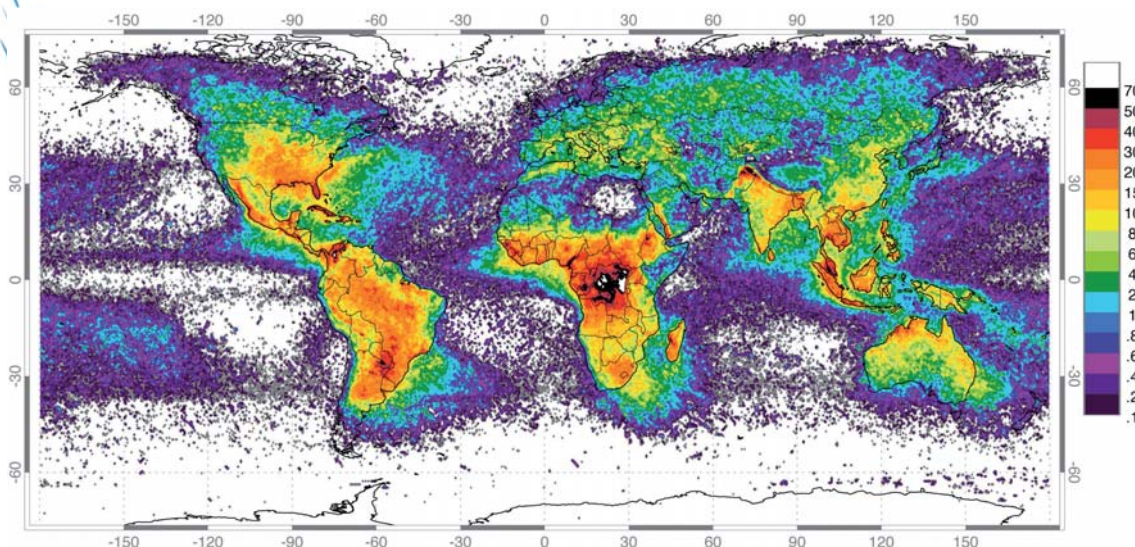
Εκτεταμένες ομίχλες μεταφοράς δημιουργούνται στους ωκεανούς όταν υγρός αέρας από μια θερμή περιοχή της θάλασσας μεταφέρεται πάνω από ένα ψυχρό θαλάσσιο ρεύμα. Στην Ελλάδα ομίχλες μεταφοράς είναι συχνές στα παράλια της Β. Ελλάδος όταν το χειμώνα πνέουν ασθενείς Νότιοι άνεμοι οι οποίοι μεταφέρουν υγρές μάζες από το Αιγαίο πάνω από την ψυχρή ξηρά. Το αεροδρόμιο Μακεδονία της Θεσσαλονίκης συχνά αντιμετωπίζει προβλήματα από τέτοιες ομίχλες.

Ατμοσφαιρικός ηλεκτρισμός

Η αστραπή αν και είναι ένα από τα πρώτα φυσικά φαινόμενα που παρατηρήθηκαν στη γη, παραμένει ακόμη και σήμερα ένα από τα λιγότερα γνωστά και κατανοητά. Αν και είναι στην ουσία μια γιγάντια σπίθα στατικού ηλεκτρισμού οι επιστήμονες δεν έχουν ακόμη πλήρως κατανοήσει πως δημιουργείται, πως σχετίζεται με τις ηλιακές εξάρσεις και τις μεταβολές του γήινου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.

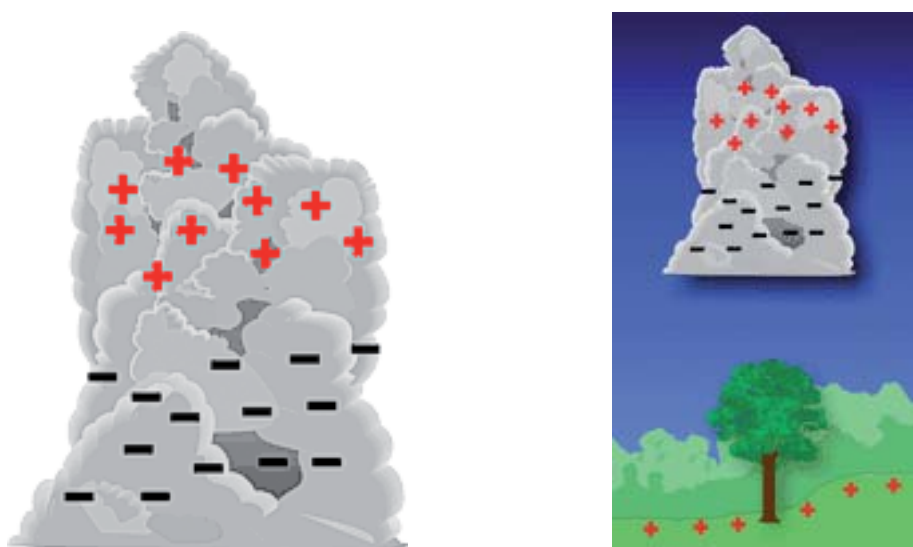
Αστραπές έχουν παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια ηφαιστειακών εκρήξεων, σε μεγάλες δασικές πυρκαγιές, σε επιφανειακές πυρηνικές δοκιμές, σε έντονες χιονοθύελλες, και σε μεγάλους τυφώνες, αλλά ως επί το πλείστον παρατηρούνται στις καταιγίδες.

Οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μέχρι και 2000 καταιγίδες μπορούν να επικρατούν στη γη. Αυτό μεταφράζεται σε 14,5 εκατομμύρια καταιγίδες το χρόνο. Ερευνητικός δορυφόρος της NASA κατέγραψε ότι αυτές οι καταιγίδες παράγουν μέχρι και 40 λάμπειες αστραπών το δευτερόλεπτο σε πλανητική κλίμακα.



Σχήμα 32. Παγκόσμια μέση κατανομή λάμψεων αστραπών (Απρίλιος 1995-Φεβρουάριος 2005), (πηγή: NASA).

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες για το πώς δημιουργούνται οι αστραπές, με επικρατούσα αυτή του διαχωρισμού φορτίων. Στο τυρβώδες περιβάλλον μιας καταιγίδας, τα ισχυρά ανοδικά ρεύματα μεταφέρουν μικρές σταγόνες νερού από τις χαμηλότερες περιοχές της καταιγίδας σε ύψη 10000 έως και 20000 μέτρων πάνω από το σημείο πήξης. Παράλληλα, τα καθοδικά ρεύματα μεταφέρουν χαλάζι και πάγο από τα παγωμένα πάνω τμήματα της καταιγίδας προς τα κάτω. Όταν αυτά συναντιούνται και συγκρούονται, οι σταγόνες του νερού παγώνουν και απελευθερώνουν θερμότητα. Αυτή η θερμότητα διατηρεί την επιφάνεια του χαλαζιού και του πάγου ελαφρά θερμότερη από το γειτονικό τους περιβάλλον, και έτσι σχηματίζεται ένα «μαλακό χαλάζι», ή «graupel-(γκρόπελ)» όπως ονομάζεται. Όταν αυτό το graupel συνεχίζει να συγκρούεται με επιπλέον σταγόνες νερού και σωματίδια πάγου, ηλεκτρόνια αποκολλούνται από τα ανερχόμενα σωματίδια και μαζεύονται σε αυτά που κατέρχονται. Το αποτέλεσμα είναι ένα καταιγιδοφόρο νέφος με μια αρνητικά φορτισμένη βάση και θετικά φορτισμένη κορυφή, (βλ. Σχ. 33).

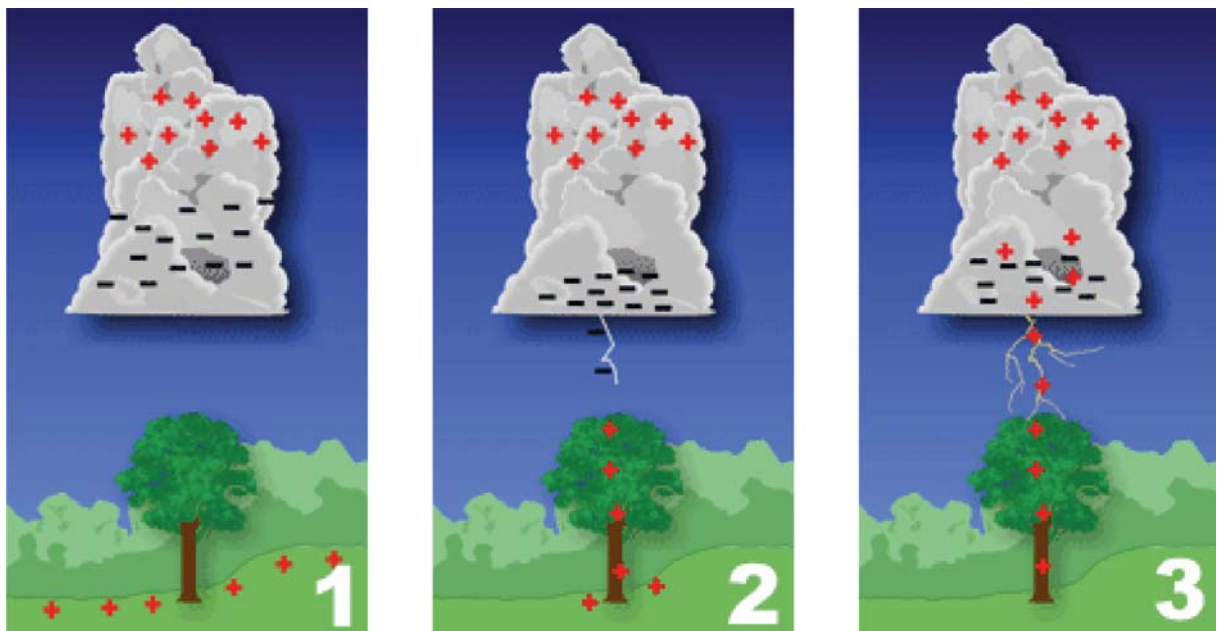


Σχήμα 33. Κατανομή των φορτίων του ηλεκτρισμού σε ένα νέφος (αριστερά) και στο σύστημα νέφος-έδαφος (δεξιά).

Καθώς τα φορτία διαχωρίζονται μέσα στο νέφος, ένα ηλεκτρικό πεδίο αρχίζει να δημιουργείται μεταξύ της κορυφής και της βάσης. Όσο περισσότερα είναι τα φορτία που διαχωρίζονται τόσο πιο ισχυρό είναι το πεδίο που δημιουργείται και εντονότερη η έλξη μεταξύ τους.

Βέβαια αφού η ατμόσφαιρα είναι ένας πολύ καλός μονωτής, που αποτρέπει την ηλεκτρική ροή, ένα τρομερό ποσό φορτίων πρέπει να συγκεντρωθεί για να δημιουργηθεί η αστραπή. Η αστραπή λοιπόν δημιουργείται όταν η αντοχή (το κατώφλι) της ατμόσφαιρας ως μονωτή ξεπεραστεί από τη δύναμη του ηλεκτρικού πεδίου.

Το ηλεκτρικό πεδίο μέσα στην καταιγίδα δεν είναι το μόνο που δημιουργείται διότι κάτω από την αρνητικά φορτισμένη βάση του νέφους, επάγονται θετικά φορτία που αρχίζουν να έλκονται προς την επιφάνεια της γης. Αυτά τα θετικά φορτία ακολουθούν το νέφος όπου και να πηγαίνει, σαν σκιά, και είναι υπεύθυνα για τους κεραυνούς (όπως δηλαδή λέγονται οι αστραπές όχι μέσα στο νέφος ή μεταξύ νεφών, αλλά μεταξύ νέφους και εδάφους). Βέβαια, το ηλεκτρικό πεδίο μέσα στο νέφος είναι πολύ ισχυρότερο από ότι αυτό μεταξύ της βάσης του νέφους και του εδάφους, έτσι περίπου το 75-80% των ηλεκτρικών εκκενώσεων λαμβάνει χώρα μέσα στο ίδιο το νέφος.



Σχήμα 34. Η καταιγίδα καθώς κινείται μαζεύει στο έδαφος κατά μήκος της διαδρομής της θετικά φορτία που ταξιδεύουν μαζί της, (1). Καθώς τα αντίθετα φορτία συνεχίζουν να αυξάνονται, τα θετικά φορτία στην προσπάθειά τους να συναντήσουν τα αρνητικά στη βάση του νέφους ανέρχονται σε υψηλά αντικείμενα, όπως δέντρα, σπίτια, στύλους της ΔΕΗ, κλπ. Κάποια στιγμή ένα κανάλι (σαν προβοσκίδα) αρνητικών φορτίων θα κατεβεί από τη βάση του νέφους προς το έδαφος, (2). Δεν διακρίνεται από το ανθρώπινο μάτι, αλλά στοχεύει ανιχνεύοντας το έδαφος με μια σειρά από γρήγορα βήματα που διαρκούν κλάσματα του δευτερολέπτου. Καθώς το αρνητικό φορτίο οδηγός, στην κάτω άκρη της προβοσκίδας, πλησιάζει το έδαφος, τα θετικά φορτία συσσωρεύονται σε σημεία ή αντικείμενα στο έδαφος. Το θετικό φορτίο, στην προσπάθειά του να πλησιάσει το αρνητικό φορτίο, δημιουργεί και αυτό το δικό κανάλι, (3). Όταν αυτά τα δυο κανάλια ενωθούν, η προκύπτουσα ηλεκτρική εκκένωση, είναι γνωστή με το όνομα κεραυνός.

Μετά την αρχική ηλεκτρική εκκένωση, αν έχουν περισσέψει αρκετά φορτία, οι επιπλέον κεραυνοί που θα πέσουν θα χρησιμοποιήσουν το ίδιο κανάλι δίνοντας στον κεραυνό αυτή την τρεμουλιαστή εμφάνιση που παρατηρούμε.

Οι θετικές και οι αρνητικές αστραπές

Στην προηγούμενη παράγραφο περιγράψαμε ένα φαινόμενο που μπορεί να ονομαστεί και ο «αρνητικός κεραυνός», διότι έχουμε μεταφορά αρνητικού φορτίου από το νέφος στο έδαφος. Ωστόσο, δεν είναι μόνο αυτοί οι κεραυνοί που σχηματίζονται στην αρνητικά φορτισμένη περιοχή κάτω από το καταιγιδόφορο νέφος.

Μερικοί κεραυνοί ξεκινούν από αρκετά πιο ψηλά από τον άκμονα του θυσάνου ή από τα ανώτερα τμήματα κοντά στην κορυφή της καταιγίδας, όπου συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός θετικών φορτίων. Οι κεραυνοί που ξεκινούν από αυτές τις περιοχές δημιουργούνται ακολουθώντας το ίδιο σενάριο που περιγράφηκε προηγουμένως, αλλά τώρα με την πολικότητα νέφους-εδάφους ανεστραμμένη, δηλαδή με το κανάλι του κεραυνού να φέρει θετικά φορτία και στο έδαφος να επάγονται αρνητικά. Αυτοί οι κεραυνοί είναι γνωστοί ως «θετικοί κεραυνοί» γιατί τώρα έχουμε μια μεταφορά θετικών φορτίων από το νέφος στο έδαφος. Οι θετικοί κεραυνοί αποτελούν λιγότερο από το 5% του συνόλου των κεραυνών που πέφτουν, ωστόσο είναι ακόμη πιο επικίνδυνοι από τους αρνητικούς διότι από τη στιγμή που προέρχονται από τα ανώτερα στρώματα της καταιγίδας, η διαδρομή μέσα στην ατμόσφαιρα-μονωτή που πρέπει να διασχίσουν για να φτάσουν στο έδαφος είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη. Η διάρκεια της λάμψης τους είναι μεγαλύτερη και το ηλεκτρικό φορτίο και δυναμικό τους μπορεί να είναι μέχρι και δέκα φορές μεγαλύτερο από τον αρνητικό κεραυνό, έως και 300000 Amperes και ένα δισεκατομμύριο Volts!

Πολλοί θετικοί κεραυνοί συνήθως πέφτουν κοντά στην άκρη του νέφους ή ακόμα και 16 χιλιόμετρα μακριά από αυτό, όταν φαινομενικά δεν γίνεται αντιληπτός ο κίνδυνος αφού δεν ακούγονται ούτε οι βροντές. Πιστεύεται ότι οι κεραυνοί αυτοί ευθύνονται για ένα μεγάλο ποσοστό των δασικών κεραυνών και των ζημιών στα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Τέλος υπάρχει και ένα τρίτο είδος ηλεκτρικών εκκενώσεων οι διπολικές αστραπές που ακόμα δεν είναι πλήρως κατανοητό και αποτελεί πεδίο έρευνας. Πεδίο έρευνας αποτελεί επίσης και η δυνατότητα πρόγνωσης των ατμοσφαιρικών ηλεκτρικών εκκενώσεων χωρίς ωστόσο ακόμα κάποια σημαντικά αποτελέσματα.

Ο ήχος της βροντής

Ανεξάρτητα αν οι κεραυνοί είναι θετικοί ή αρνητικοί, η βροντή παράγεται με τον ίδιο τρόπο. Η βροντή είναι ένα ακουστικό κύμα που προέρχεται από την υπερβολική θερμότητα που παράγεται από τη λάμψη της αστραπής. Η αστραπή μπορεί να φτάσει σε μια θερμοκρασία 30000°C, μια θερμοκρασία που είναι πέντε φορές μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της επιφάνειας του ήλιου. Όταν λοιπόν πέφτει αστραπή, θερμαίνει τον αέρα που περιβάλλει το κανάλι της εκκένωσής της στην ίδια απίστευτη θερμοκρασία σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου.

Όπως όλα τα αέρια, όταν τα μόρια του αέρα θερμανθούν, διαστέλλονται. Όσο πιο γρήγορα θερμαίνονται τόσο μεγαλύτερος είναι και ο ρυθμός της διαστολής τους. Αλλά όταν ο αέρας θερμανθεί στους 30000°C σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου, λαμβάνει χώρα ένα φαινόμενο γνωστό ως και «εκρηκτική διαστολή». Δηλαδή ο αέρας διαστέλλεται τόσο γρήγορα που συμπιέζει τον αέρα στρώματα μπροστά από αυτόν, σχηματίζοντας ένα κρουστικό κύμα παρόμοιο με αυτό που σχηματίζουν τα αεριοθούμενα που σπάζουν το φράγμα του ήχου και ακούγεται ένας δυνατός κρότος. Τα πυροτεχνήματα επίσης παράγουν ένα παρόμοιο ηχητικό αποτέλεσμα.

Υπάρχουν διάφορες δοξασίες θρησκευτικής φύσης για τη βροντή. Ο λαός πιστεύει ότι η βροντή ή το «μπουμπουνητό» είναι το αποτέλεσμα της μάχης που δίνει στον ουρανό ο Προφήτης Ηλίας πάνω στο άρμα του για να διώξει το δράκο, ή ότι είναι ο ήχος του κανονιού με το οποίο

ο αρχάγγελος Μιχαήλ βάλλει κατά του διαβόλου, ή ο θόρυβος που προκαλούν οι νεκροί μαλώνοντας μεταξύ τους, κλπ.

Μέτρα προστασίας

Τα υψηλά αντικείμενα όπως δέντρα, βουνά, μεγάλα κτίρια συνήθως χτυπιούνται από κεραυνούς. Όπως εξηγήσαμε οι κορυφές τους είναι πλησιέστερα στη βάση του καταιγιδοφόρου νέφους, με λιγότερη ποσότητα ατμοσφαιρικού μονωτή να μεσολαβεί, άρα γίνονται πιθανοί στόχοι, χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι ο κεραυνός δεν μπορεί να πέσει στο έδαφος σε ένα ξέφωτο, και δίπλα ας υπάρχουν και δεντροστοιχίες.

Ο κίνδυνος από πτώση κεραυνών είναι συνήθως υποτιμημένος σε σχέση με άλλα επικίνδυνα ατμοσφαιρικά φαινόμενα αν και σε πολλές χώρες είναι η υπ' αριθμό ένα αιτία για θανάτους, ακόμη και περισσότερους από τροπικούς κυκλώνες και ανεμοστρόβιλους.

Αν και κανένα μέρος δεν παρέχει 100% προστασία από κεραυνούς οι παρακάτω απλές συμβουλές που δίδονται μειώνουν σημαντικά τον κίνδυνο ενός τέτοιου δυστυχήματος:

Μέρη για προστασία από κεραυνούς	Μέρη που δεν πρέπει να πάει κάποιος
Σχολεία, κτίρια γραφείων, κατοικίες και γενικά κλειστά μέρη με υδραυλικές και ηλεκτρικές συνδεσμολογίες. Αν ο κεραυνός χτυπήσει το κτίριο, τα υδραυλικά και ηλεκτρικά δίκτυα είναι καλύτεροι αγωγοί από το ανθρώπινο σώμα. Αν δεν υπάρχουν κοντά κτίρια, ένα κλειστό μεταλλικό όχημα, αυτοκίνητο, φορτηγάκι, σχολικό λεωφορείο είναι μια καλή εναλλακτική λύση.	Δεν παρέχουν όλα τα κτίρια ασφάλεια ακόμη και αν διαθέτουν γείωση. Έτσι, τουριστικά περίπτερα, μικρές αποθήκες, μεταλλικά υπόστεγα, ξύλινα σκέπαστρα, σκεπαστές είσοδοι, ισόγειες βεράντες, καλύβες, παράγκες, διάφορα στέγαστρα είναι επικίνδυνα. Επίσης αυτοκίνητα που είναι «καμπριολέ», ακόμη και αν έχουν κλειστή την κουκούλα τους, ή οχήματα με ανοίγματα, όπως τρακτέρ, εκσκαφείς, γερανοί, ελκυστήρες, ρυμούλκες, κλπ.
Ενέργειες που πρέπει να κάνεις	Ενέργειες που δεν πρέπει να κάνεις
Μέσα στο κτίριο πρέπει να μένουμε μακριά από ηλεκτρικές συσκευές ή υδραυλικές σωληνώσεις. Για επιπλέον προστασία καλύτερα να μείνουμε σε ένα εσωτερικό δωμάτιο. Αν είμαστε μέσα σε όχημα καλύτερα να ανεβάσουμε τα παράθυρα και να αποφύγουμε επαφή με οτιδήποτε συνδέεται με το εξωτερικό του αυτοκινήτου (ραδιόφωνο, κλειδιά, κλπ).	Οι κεραυνοί ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις μέσω των καλωδίων της ΔΕΗ, ειδικά στην ύπαιθρο. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε ηλεκτρικές συσκευές και ειδικά τα ενσύρματα τηλέφωνα (τα ασύρματα και τα κινητά είναι ασφαλή). Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές επίσης είναι επικίνδυνοι αφού συνδέονται τόσο με ηλεκτρικά όσο και με τηλεφωνικά καλώδια. Επίσης δεν πρέπει να κάνουμε μπάνιο ή ντους.

Τέλος ας μην ξεχνάμε ότι η αστραπή και ο κεραυνός είναι ο πρώτος κίνδυνος που έρχεται με μια καταιγίδα και ο τελευταίος που φεύγει.

Συνοπτική μετεωρολογία

Στο πρώτο μέρος του βιβλίου εξετάσαμε τα μετεωρολογικά φαινόμενα όπως τα παρατηρούμε σε ένα ορισμένο τόπο. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα όμως ενός τόπου επηρεάζονται άμεσα από τα φαινόμενα γειτονικών τόπων και από τις γενικότερες μεταβολές ολόκληρης της ατμόσφαιρας.

Με την εφεύρεση του τηλέγραφου στάθηκε δυνατόν για πρώτη φορά οι μετεωρολόγοι να ανταλλάσουν γρήγορα ταυτόχρονες παρατηρήσεις διαφορετικών περιοχών. Αυτές οι παρατηρήσεις ονομάστηκαν συνοπτικές γιατί «συνέβλεπαν» τον καιρό. Από αυτές τις παρατηρήσεις συντάχθηκαν οι πρώτοι συνοπτικοί χάρτες καιρού, οι οποίοι απεικονίζουν τη μετεωρολογική κατάσταση μιας εκτεταμένης περιοχής για μια ορισμένη χρονική στιγμή. Σήμερα, συντάσσονται συνοπτικοί χάρτες για όλη τη γη από παρατηρήσεις επίγειων σταθμών, πλοίων, αεροπλάνων και μετεωρολογικών δορυφόρων.

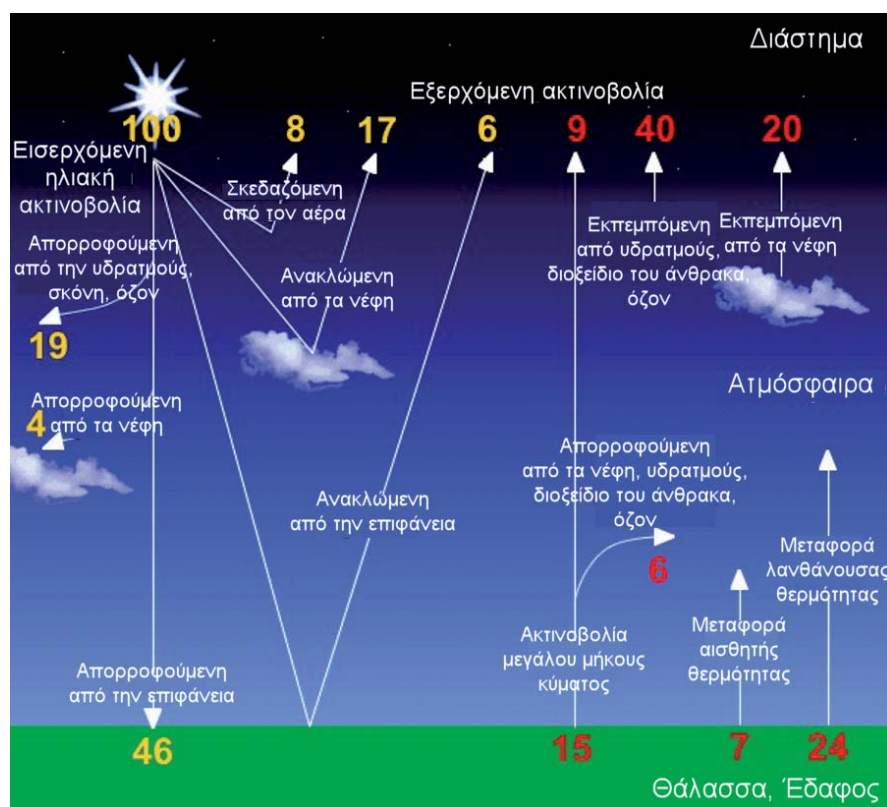
Στο δεύτερο μέρος θα εξετάσουμε την κίνηση ολόκληρης της ατμόσφαιρας και θα δούμε ειδικότερα πως ο καιρός της Ελλάδος επηρεάζεται από τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.

Θερμική ενέργεια

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η γη δέχεται την ηλιακή ενέργεια ανομοιόμορφα στην επιφάνεια της. Ο Ισημερινός θερμαίνεται περισσότερο από ότι οι πόλοι. Το ημισφαίριο, στο οποίο επικρατεί καλοκαίρι, θερμαίνεται περισσότερο από εκείνο στο οποίο επικρατεί ο χειμώνας.

Από την ηλιακή ακτινοβολία η οποία προσπίπτει στη γη (βλ. Σχ. 35), μέρος της απορροφάται από την ατμόσφαιρα και τη γη, μέρος της ανακλάται από τα νέφη, τη σκόνη και την επιφάνεια της γης. Το ποσοστό της ανακλώμενης ενέργειας εξαρτάται από το είδος και το χρώμα του υλικού πάνω στο οποίο αυτή πέφτει. Τα νέφη, λόγω του λευκού χρώματος ανακλούν μεγαλύτερο ποσό ενέργειας, ακόμη δε περισσότερη το χιόνι. Αντίθετα σκούρο υγρό έδαφος κατακρατεί μεγάλη ποσότητα θερμότητας. Η θέρμανση του εδάφους είναι διαφορετική αν αυτό καλύπτεται από βλάστηση ή όχι. Επίσης θυμηθείτε τη μεγάλη διαφορά θέρμανσης μεταξύ ξηράς και θάλασσας.

Λόγω των παραπάνω η ανομοιομορφία θέρμανσης της γης είναι πολύ μεγάλη. Μεγάλη είναι επίσης και η ανομοιομορφία κατά την οποία η γη ψύχεται καθώς ακτινοβολεί θερμότητα προς το διάστημα (βλ. Σχ. 35). Η ανομοιομορφία αυτή θερμικής ενέργειας στη γη είναι η αιτία η οποία προκαλεί την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Με την κυκλοφορία μεταφέρεται συνεχώς ενέργεια από τις θερμότερες προς τις ψυχρότερες περιοχές.



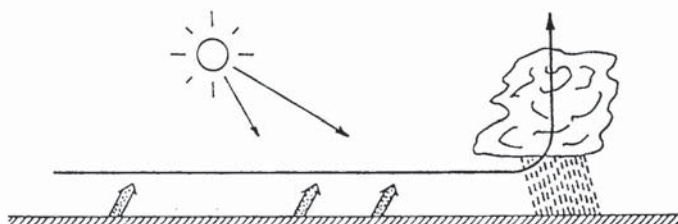
Σχήμα 35. Η ηλιακή ενέργεια η οποία προσπίπτει στη γη ακολουθώντας διάφορες διαδρομές επιστρέφει και πάλι στο διάστημα.

Μεταφορά ενέργειας

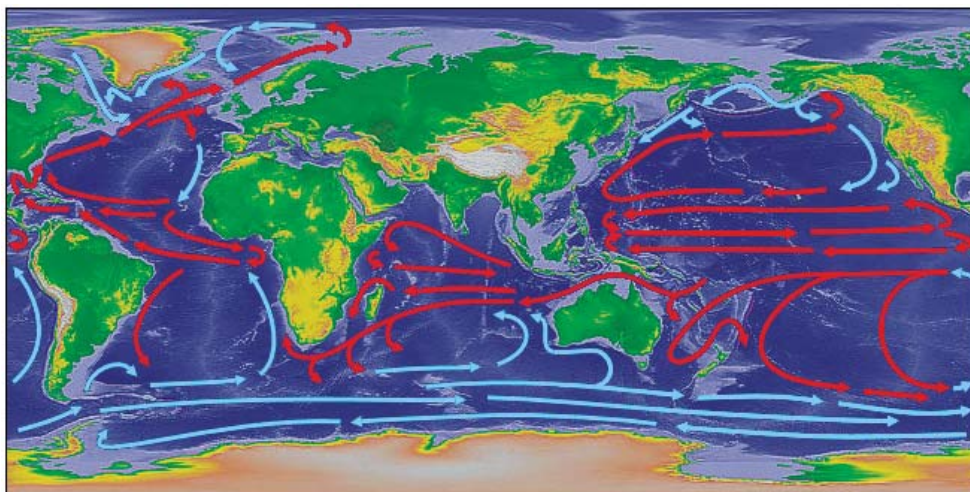
Πρέπει να σημειώσουμε ότι η ενέργεια δεν μεταφέρεται μόνο με τη μορφή θερμού ή ψυχρού αέρα. Η κινητική ενέργεια του ανέμου είναι και αυτή μια μορφή μεταφοράς. Επίσης μεγάλα ποσά ενέργειας μεταφέρονται με τους υδρατμούς.

Στο Σχήμα 36 απεικονίζεται μια θαλάσσια περιοχή ή ένα υγρό έδαφος. Η προσπίπτουσα θερμική ενέργεια του ηλίου εξατμίζει το νερό. Ο αέρας παραλαμβάνει τους παραγόμενους υδρατμούς και την θερμότητα εξατμισμού που περιέχουν και διατηρεί χαμηλή τη θερμοκρασία της περιοχής. Ο άνεμος μεταφέρει τους υδρατμούς σε μεγάλες αποστάσεις, έτσι όταν αυτοί βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες σχηματίζουν νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης στα οποία όπως είδαμε η περιεχόμενη στους υδρατμούς ενέργεια γίνεται κινητική ενέργεια του ανοδικού ρεύματος. Αυτή ανεβάσει τις μάζες αέρα σε μεγάλα ύψη όπου ψύχονται περαιτέρω με θερμική ακτινοβολία προς το διάστημα (βλ. Σχ. 36).

Ένας ακόμη τρόπος μεταφοράς ενέργειας είναι μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων (βλ. Σχ. 37) τα οποία μεταφέρουν συνεχώς θερμές μάζες νερού σε ψυχρές περιοχές και αντίθετα.



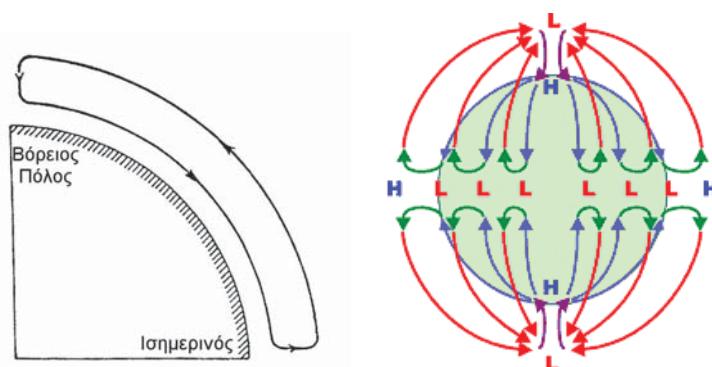
Σχήμα 36. Μεταφορά θερμικής ενέργειας



Σχήμα 37. 25 από τα σημαντικότερα θαλάσσια ρεύματα

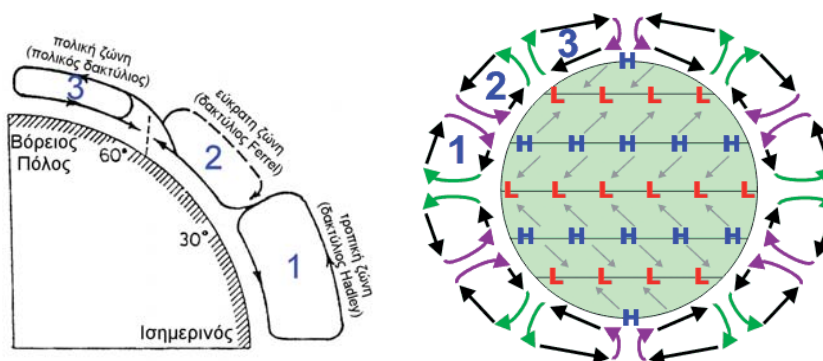
Κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας θα ήταν ή αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 38 κατά την οποία ο θερμός αέρας του Ισημερινού θα ανέβαινε και πολικός άνεμος θα έπαιρνε τη θέση του και θα έψυχε τον Ισημερινό. Όμως η περιστροφή της γης η οποία ήδη μας απασχόλησε όταν μιλήσαμε για τον άνεμο (βλ. σελ. 23) εκτρέπει τον άνεμο και δεν επιτρέπει αυτή την απλή μορφή κυκλοφορίας.



Σχήμα 38. Ιδανική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.

Η πραγματική κυκλοφορία απεικονίζεται προσεγγιστικά στο Σχήμα 39. Σε αυτή παρατηρούμε τρεις ζώνες ή δακτυλίους, την πολική, την εύκρατη και την τροπική, τις οποίες θα εξετάσουμε παρακάτω αναλυτικά.



Σχήμα 39. Πραγματική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.

Είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι ακόμη και το Σχήμα 39 αποτελεί μια απλοποίηση της πραγματικότητας. Το πρώτο πρόβλημα είναι ότι το Σχήμα 39 ανταποκρίνεται μόνο στην περίπτωση των Ισημερινών (23 Σεπτεμβρίου, 21 Μαρτίου) όταν ο ήλιος βρίσκεται στον Ισημερινό. Το καλοκαίρι ο ήλιος ανεβαίνει περί των 23° βορειότερα του Ισημερινού και είναι λογικό οι ζώνες να μεταφέρονται βορειότερα. Το χειμώνα αντίθετα ο ήλιος κατέρχεται προς το νότιο ημισφαίριο και οι ζώνες μετατοπίζονται νοτιότερα.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι η ανομοιομορφία της θέρμανσης και της ψύξης μεταξύ ξηράς και θάλασσας για την οποία μιλήσαμε αναλυτικά στα προηγούμενα. Ειδικά στο βόρειο ημισφαίριο το οποίο καλύπτεται από εκτεταμένες ηπείρους παρατηρείται, ανάλογα του τρόπου θέρμανσης της επιφάνειας της γης, η δημιουργία εκτεταμένων αερίων μαζών, θερμών ή ψυχρών, ξηρών ή υγρών, οι οποίες επηρεάζουν την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας.

Τέλος πρόβλημα δημιουργεί και το ανάγλυφο του εδάφους. Οι μεγάλες οροσειρές εκτρέπουν τους ανέμους και προκαλούν σημαντικές διαταραχές στην κυκλοφορία.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις τρεις βασικές μετεωρολογικές ζώνες της γης.

Τροπική Ζώνη

Η κυκλοφορία της τροπικής ζώνης είναι πολύ απλή και θυμίζει αυτή του Σχήματος 38.

Οι άνεμοι όπως φαίνονται στο Σχήμα 40 πνέουν σταθεροί ήπιοι, από ΒΑ διεύθυνση στο βόρειο ημισφαίριο και από ΝΑ στο νότιο. Οι άνεμοι αυτοί ονομάζονται αληγείς και είναι ΒΑ και όχι βόρειοι λόγω της περιστροφής της γης.

Εκεί που συναντιούνται οι ΒΑ και οι ΝΑ αληγείς έχουμε τη γραμμή σύγκλισης, όπου ο θερμός, υγρός αέρας ανέρχεται και δημιουργεί τις συνεχείς τροπικές βροχές. Στην περιοχή αυτή αναπτύσσονται τα πυκνά, υγρά, τροπικά δάση του Ισημερινού όπως του Κονγκό και του Αμαζονίου. Η γραμμή σύγκλισης μετατοπίζεται το καλοκαίρι προς το βορρά και το χειμώνα προς το νότο ακολουθώντας την πορεία του ήλιου.



Σχήμα 40. Κυκλοφορία της ατμόσφαιρας στην τροπική ζώνη

Στην άλλη άκρη της τροπικής ζώνης κατέρχεται ξηρός αέρας και παρατηρείται μια περιοχή υψηλών πιέσεων από όπου ξεκινούν οι αληγείς προς τις χαμηλές πιέσεις του Ισημερινού. Η περιοχή αυτή των υψηλών πιέσεων (υποτροπικός αντικυκλώνας) είναι ανέφελη και χωρίς βροχές λόγω του κατερχόμενου ξηρού αέρα. Σε αυτή δημιουργούνται μεγάλες έρημοι όπως της Σαχάρας, της Αραβίας και του Μεξικού.

Πολική Ζώνη

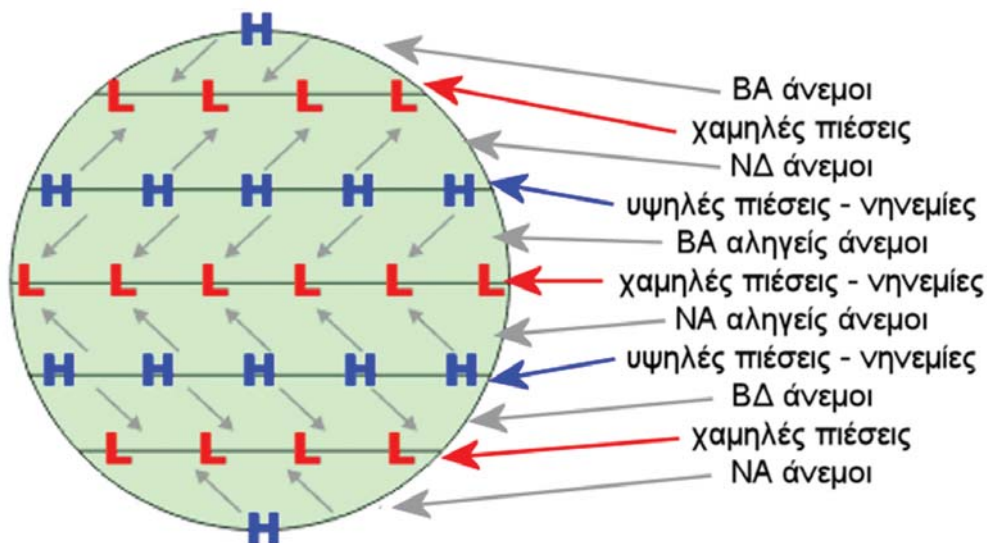
Η κυκλοφορία της πολικής ζώνης όπως φαίνεται στο Σχήμα 39 μοιάζει και αυτή με αυτή του Σχήματος 38, και εδώ οι άνεμοι πνέουν από ΒΑ κατευθύνσεις. Η κυκλοφορία όμως αυτή δεν είναι τόσο έντονη όσο στην τροπική ζώνη. Για εμάς το κύριο ενδιαφέρον της πολικής ζώνης είναι ότι μεγάλες μάζες ψυχρού πολικού αέρα κινούνται προς την εύκρατη ζώνη και επηρεάζουν την κυκλοφορία της. Με τις επιδράσεις αυτές θα ασχοληθούμε παρακάτω εξετάζοντας αναλυτικότερα τη μετεωρολογία της εύκρατης ζώνης όπου βρίσκεται και η Ευρώπη και η χώρα μας.

Εύκρατη Ζώνη

Ας αρχίσουμε την εξέταση της εύκρατης ζώνης στην απλούστερη μορφή του Σχήματος 39. Παρατηρούμε ότι ο άνεμος επιφανείας της γης κατευθύνεται προς βορρά. Δεδομένου ότι η κίνηση προς βορρά μεταφέρει τον αέρα προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, ο αέρας εκτρέπεται προς την ανατολή, αντίθετα από τους αληγείς. Άρα στα μέσα πλάτη η επικρατούσα κυκλοφορία εκτρέπεται από δυτικά προς τα ανατολικά. Ειδικά στους ωκεανούς όπου δε υπάρχουν τοπικές επιδράσεις οι ΝΔ άνεμοι είναι χαρακτηριστικοί και ονομάζονται westerlies (δυτικοί άνεμοι).

Οι ναυτικοί και οι βοσκοί γνωρίζουν καλά τα μετεωρολογικά φαινόμενα τα οποία προέρχονται από τα δυτικά και γι αυτό παρατηρούν προς τη δύση όταν κάνουν τις προβλέψεις τους.

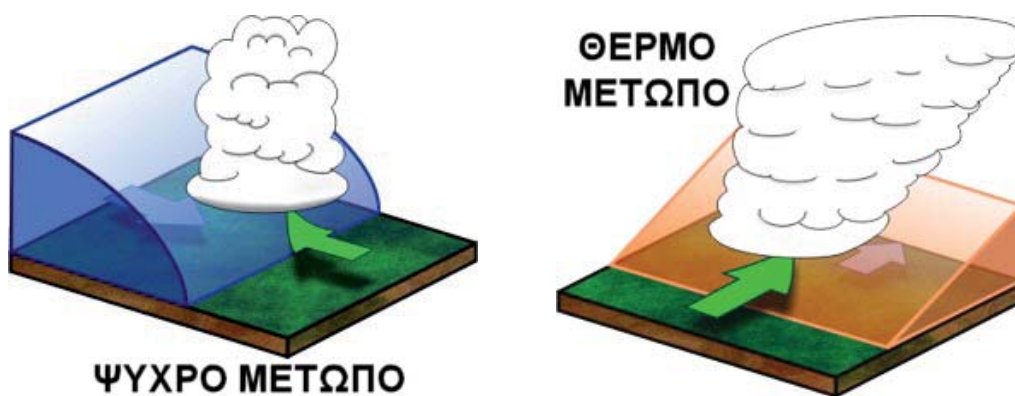
Στο Σχήμα 41 εμφανίζεται η γη, με τους επικρατέστερους ανέμους επιφανείας όπως προκύπτουν από το απλοποιημένο μοντέλο της γενικής κυκλοφορίας που περιγράψαμε.



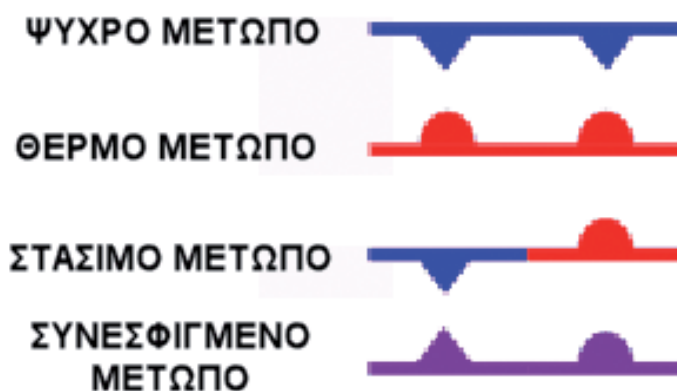
Σχήμα 41. Οι επικρατούντες άνεμοι στην επιφάνεια της γης.

Μέτωπα

Μια περιοχή με ιδιαίτερη σημασία είναι η διαχωριστική περιοχή μεταξύ εύκρατης και πολικής ζώνης (βλ. Σχ. 39) όπου επί μιας νοητής διαχωριστικής επιφάνειας (διακεκομμένη γραμμή) έρχονται σε επαφή θερμές μάζες αέρα της εύκρατης ζώνης με ψυχρές μάζες της πολικής ζώνης. Όπως και σε κάθε διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δυο κινούμενων ρευστών διαφορετικής πυκνότητας έτσι και εδώ παρουσιάζονται κύματα. Τα κύματα αυτά είναι ασταθή, δηλαδή παράγονται, μεγαλώνουν και διαλύονται. Η ζωή αυτών των κυμάτων προκαλεί τα μέτωπα τα οποία είναι το κύριο μετεωρολογικό φαινόμενο της εύκρατης ζώνης. Με τη λέξη μέτωπο εννοούμε τη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ θερμού και ψυχρού αέρα.

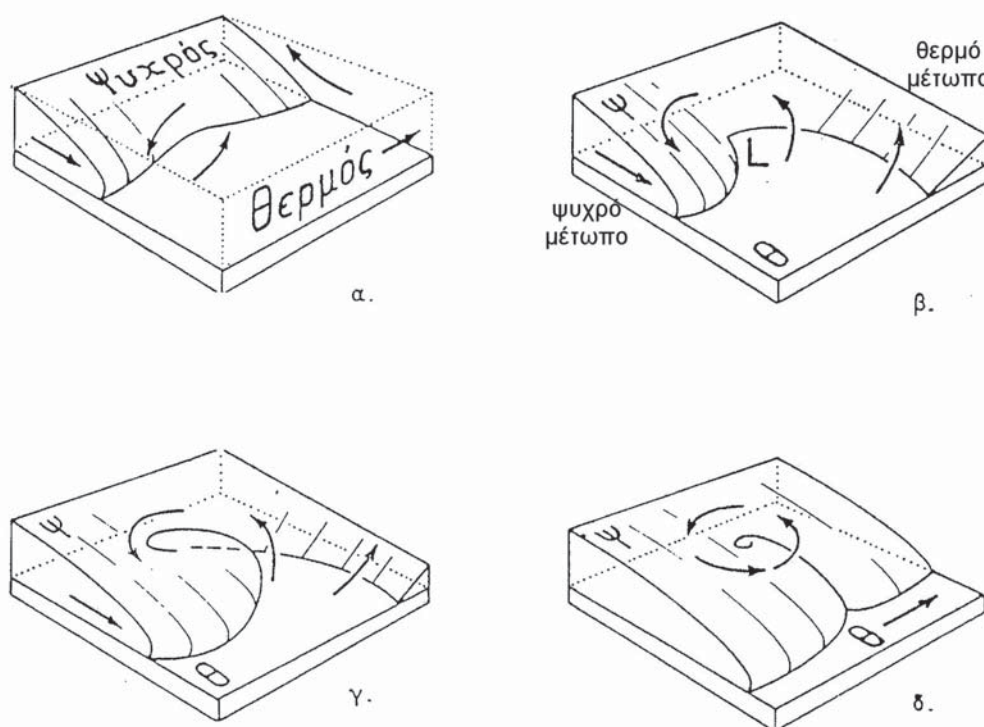


Σχήμα 42. Σχηματική παράσταση του ψυχρού και θερμού μετώπου.



Σχήμα 43. Είδη μετώπων και οι συμβολισμοί τους πάνω στους μετεωρολογικούς χάρτες.

Στο Σχήμα 44 απεικονίζεται η ζωή ενός τέτοιου κύματος. Στο Σχήμα 44(α) ο ψυχρός αέρας (ο οποίος είναι πυκνότερος και άρα βαρύτερος, είναι σφηνωμένος κάτω από το θερμό) αρχίζει να εμφανίζει κύμα.



Σχήμα 44. Διαδοχικά στάδια της ζωής μιας ύφεσης

Στο Σχήμα 44(β) το κύμα μεγάλωσε. Θερμός αέρας σφηνώθηκε μεταξύ δυο ψυχρών τμημάτων αέρα. Οι δύο πλευρές οι οποίες διαχωρίζουν τις θερμές και τις ψυχρές μάζες ονομάζονται μέτωπα. Στην αριστερή πλευρά ο ψυχρός αέρας διώχνει το θερμό και γι αυτό το μέτωπο ονομάζεται ψυχρό. Στη δεξιά πλευρά ο θερμός αέρας αναρριχάται πάνω από τον ψυχρό και τον διώχνει και το μέτωπο ονομάζεται θερμό. Ο θερμός αέρας μεταξύ των μετώπων εκτοπίζεται προς τα πάνω και έτσι δημιουργείται ένα κέντρο χαμηλών πιέσεων (ύφεση L) γύρω από το οποίο ο άνεμος στρέφεται αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού.

Στο Σχήμα 44(γ) οι δύο πλευρές του ψυχρού αέρα (μέτωπα) που συναντιούνται, εκτοπίζουν τελείως το θερμό αέρα προς μεγαλύτερα ύψη.

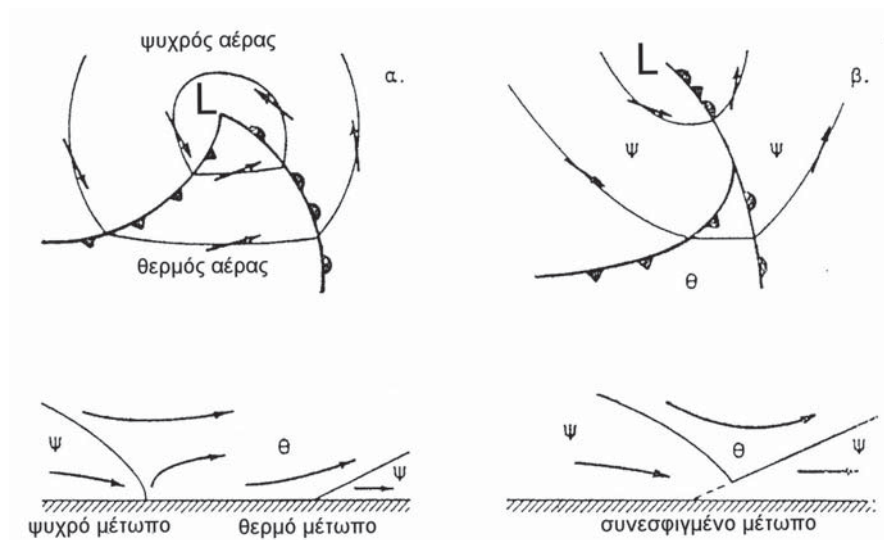
Στο Σχήμα 44(δ) το κύμα διαλύθηκε.

Τα κύματα αυτά δεν παραμένουν στάσιμα στη γη, αλλά (όπως μια δίνη συμπαρασύρεται στη ροή ενός ποταμού) ακολουθούν τη γενική κίνηση των μετεωρολογικών φαινομένων της εύκρατης ζώνης από δυτικά προς τα ανατολικά, επηρεάζοντας τον καιρό των περιοχών από τις οποίες διέρχονται.

Τα μέτωπα πάνω στο συνοπτικό χάρτη

Τα φαινόμενα του σχήματος 44 απεικονίζονται πάνω σε μετεωρολογικούς χάρτες όπως στο Σχήμα 45.

Το Σχήμα 45(α) αντιστοιχεί στο Σχήμα 44(β). Η ύφεση L έχει σχηματιστεί πλήρως, ο άνεμος στρέφεται αντίθετα από τη φορά των δεικτών του ρολογιού όπως δείχνουν τα βέλη. Το θερμό μέτωπο συμβολίζεται με ημικύκλια (κόκκινου χρώματος). Το ψυχρό μέτωπο σημειώνεται με τρίγωνα (με μπλε χρώματος). Στο σχήμα αυτό φαίνεται επίσης και μια κατακόρυφη τομή. Στο θερμό μέτωπο όπως είδαμε ο θερμός αέρας διώχνει τον ψυχρό ενώ στο ψυχρό μέτωπο ο ψυχρός αέρας εκδιώκει το θερμό.



Σχήμα 45. Δύο από τα στάδια της ζωής μιας ύφεσης όπως σχεδιάζονται πάνω στο μετεωρολογικό χάρτη. Στο κάτω μέρος του σχήματος παρουσιάζεται και η κατακόρυφη τομή τους.

Το Σχήμα 45(β) αντιστοιχεί στο Σχήμα 44(γ). Σε αυτό το ψυχρό μέτωπο κινούμενο ταχύτερα, συναντήθηκε με το θερμό μέτωπο και δημιουργήθηκε σύσφιξη η οποία και εκτόπισε το θερμό αέρα σε μεγαλύτερα ύψη όπως φαίνεται και στην κατακόρυφη τομή.

Δεν πρέπει να οδηγηθούμε σε εσφαλμένα συμπεράσματα και να νομίζουμε ότι οι υφέσεις και τα μέτωπα δημιουργούνται μόνο στη διαχωριστική γραμμή μεταξύ εύκρατης και πολικής ζώνης (η οποία εξάλλου στην πράξη είναι ασαφής). Υφέσεις δημιουργούνται με τον ίδιο τρόπο σε οποιοδήποτε σημείο της εύκρατης ζώνης όπου έρχονται σε επαφή θερμές και ψυχρές μάζες αέρα.

Ο καιρός της εύκρατης ζώνης

Αν κοιτάξουμε ένα συνοπτικό χάρτη της εύκρατης ζώνης (όπως π.χ. της Ευρώπης) θα δούμε ότι σε αυτόν εικονίζονται μια σειρά από κέντρα υψηλών και χαμηλών πιέσεων, και στις χαμηλές πιέσεις θερμά και ψυχρά μέτωπα. Όλο αυτό το σύστημα κινείται συνεχώς από δυτικά προς τα ανατολικά.

Ανάλογα με το μετεωρολογικό σύστημα το οποίο διέρχεται πάνω από ένα τόπο διαμορφώνεται και ο καιρός αυτού του τόπου ως εξής:

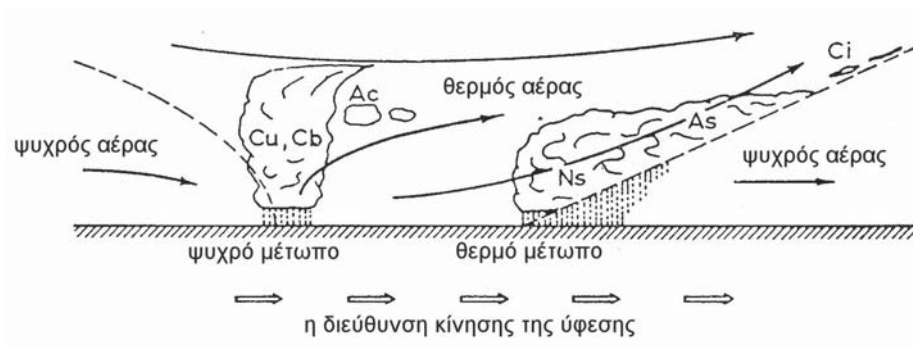
Αντικυκλώνες

Στους αντικυκλώνες (δηλ. περιοχές υψηλών πιέσεων) όπου κατέρχεται ξηρός αέρας από τα υψηλότερα στρώματα, ο ουρανός είναι ανέφελος και η ορατότητα καλή. Οι άνεμοι είναι συνήθως ασθενείς, κυρίως στο κέντρο των αντικυκλώνων ο καιρός είναι πολύ ήπιος.

Υφέσεις

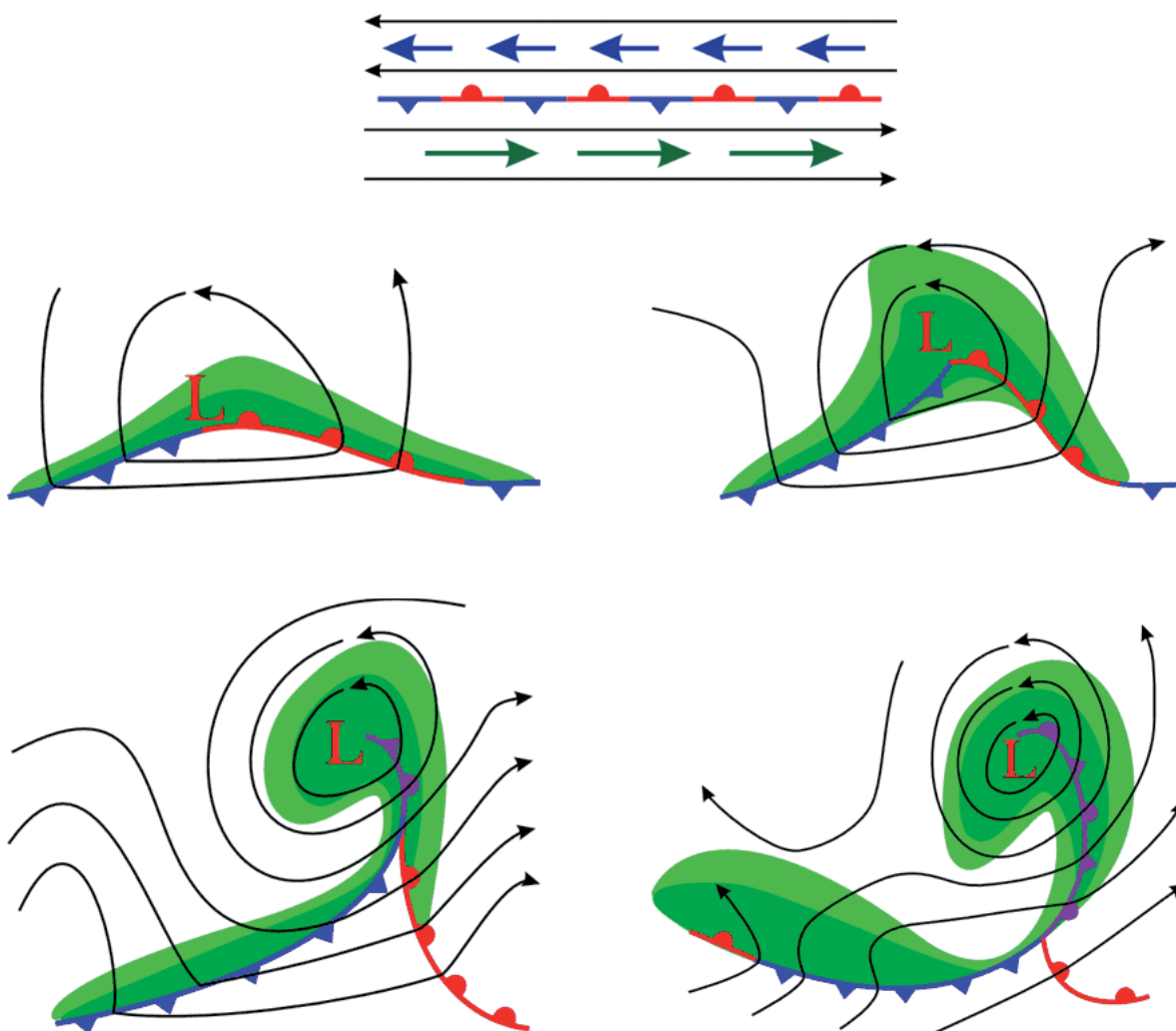
Στις υφέσεις L όπως είπαμε ο θερμός αέρας ανέρχεται σε μεγαλύτερα ύψη και για αυτό έχουμε δημιουργία εκτεταμένων νεφώσεων.

Ειδικότερα η νέφωση των υφέσεων δημιουργείται στα μέτωπα. Στο Σχήμα 46 βλέπουμε ότι το θερμό μέτωπο (όπου ο θερμός αέρας ανέρχεται πάνω από τον ψυχρό) σχηματίζονται με τη σειρά κατά την οποία διέρχονται πάνω από ένα τόπο (καθώς κινείται η ύφεση) καταρχάς υψηλά νέφη τύπου θυσάνων Ci στη συνέχεια μέσα νέφη τύπου υψιστρωμάτων As και τέλος στρωματεμελανίες Ns, οι οποίοι προκαλούν και τις βροχές.



Σχήμα 46. Ο καιρός που επικρατεί στην ύφεση

Στο Σχήμα 47 εμφανίζονται σε κάτοψη αναλυτικότερα οι νεφροσκεπείς περιοχές στα τέσσερα στάδια της ζωής μιας ύφεσης.



Σχήμα 47. Οι νεφροσκεπείς περιοχές στα στάδια της ζωής μιας ύφεσης φαίνονται με το ανοικτό πράσινο χρώμα. Με το έντονο πράσινο χρώμα έχουμε τις περιοχές με έντονα φαινόμενα νετού.

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

Αέριες μάζες

Σε ορισμένες περιοχές της γης οι οποίες παρουσιάζουν ομοιομορφία ανάγλυφου σε μεγάλη έκταση (ωκεανοί, πεδιάδες, έρημοι) σχηματίζονται εκτεταμένες μάζες αέρα με χαρακτηριστικά γνωρίσματα.

Μια τέτοια μάζα αέρα ανάλογα με τη περιοχή δημιουργίας της είναι δυνατόν να είναι θερμή (ονομάζεται τροπική T) ή ψυχρή (πολική P), υγρή (θαλάσσια m) ή ξηρά (ηπειρωτική c). Για την Ευρώπη ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εκτεταμένες αέριες μάζες του παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5. Τα κυριότερα είδη αερίων μαζών στην Ευρώπη.

Αέρια μάζα	Σύμβολο	Τόπος δημιουργίας	Εποχή εμφάνισης
Θαλάσσια τροπική	mT	Αντλαντικός	Όλο το έτος
Θαλάσσια πολική	mP	Γροιλανδία	Όλο το έτος
		Βόρεια θάλασσα	
Ηπειρωτική τροπική	cT	Βόρεια Αφρική	Καλοκαίρι
		Νότια Ρωσία	
Ηπειρωτική πολική	cP	Ρωσία	Χειμώνας

Η ύπαρξη αυτών των αερίων μαζών σε συνδυασμό με τις κινούμενες υφέσεις και αντικυκλώνες και μαζί με τα τοπικά φαινόμενα λόγω του ανάγλυφου του εδάφους, δημιουργούν το κλίμα της Ευρώπης εξαιρετικά ποικίλο από τόπο σε τόπο και από ημέρα σε ημέρα στον ίδιο τόπο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι στην κεντρική Ευρώπη δεν είναι σπάνιο εντός μιας ώρας να μεταβληθεί η θερμοκρασία κατά 10°C .

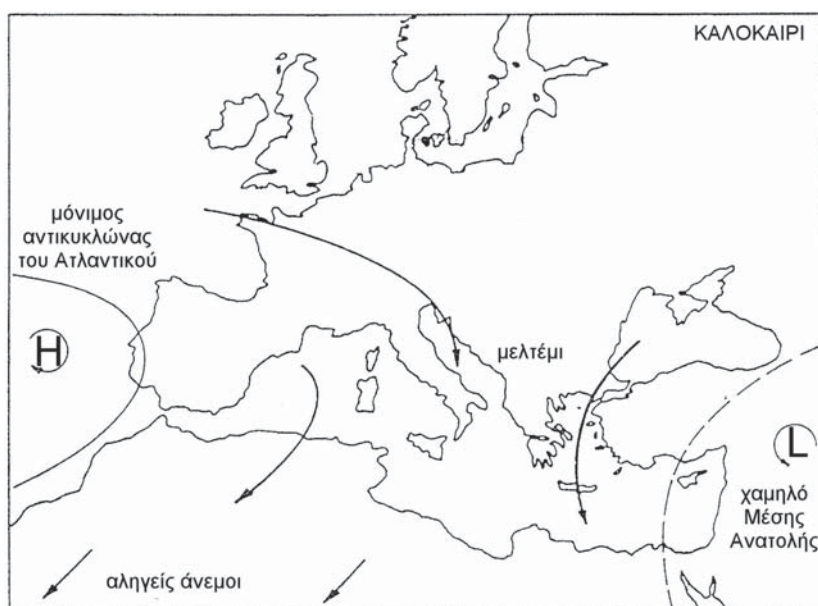
Ο καιρός στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα παρουσιάζονται από μετεωρολογική άποψη δύο περίοδοι, η ξηρά θερινή και η ευμετάβλητη χειμερινή.

Το καλοκαίρι

Κατά το καλοκαίρι όπως έχουμε αναφέρει οι κλιματικές ζώνες της γης μετατοπίζονται βορειότερα ακολουθώντας την ετήσια μετατόπιση του ηλίου. Έτσι η Ελλάδα βρίσκεται κάτω από την επίδραση του καιρού της τροπικής ζώνης δηλαδή των αληγών ανέμων. Το μελέμι (ετησίας) είναι άνεμος ΒΑ κατεύθυνσης και μπορεί να θεωρηθεί μια επέκταση των αληγών ανέμων προς βορρά.

Μια τυπική βαρομετρική κατάσταση η οποία δημιουργείται από το μελέμι φαίνεται στο Σχήμα 48. Ο αντικυκλώνας του Ατλαντικού σε συνδυασμό με το κέντρο χαμηλών πιέσεων της Μέσης Ανατολής προκαλούν στην Ελλάδα ισχυρούς βόρειους ανέμους.



Σχήμα 48. Η τυπική βαρομετρική κατάσταση της περιοχής μας το καλοκαίρι.

Κατά τη νύχτα οπότε ο ήλιος δεν υπερθερμαίνει της ερήμους της Μέσης Ανατολής το χαμηλό γίνεται ηπιότερο και ο άνεμος σταματά για να ξεκινήσει και πάλι την επόμενη μέρα.

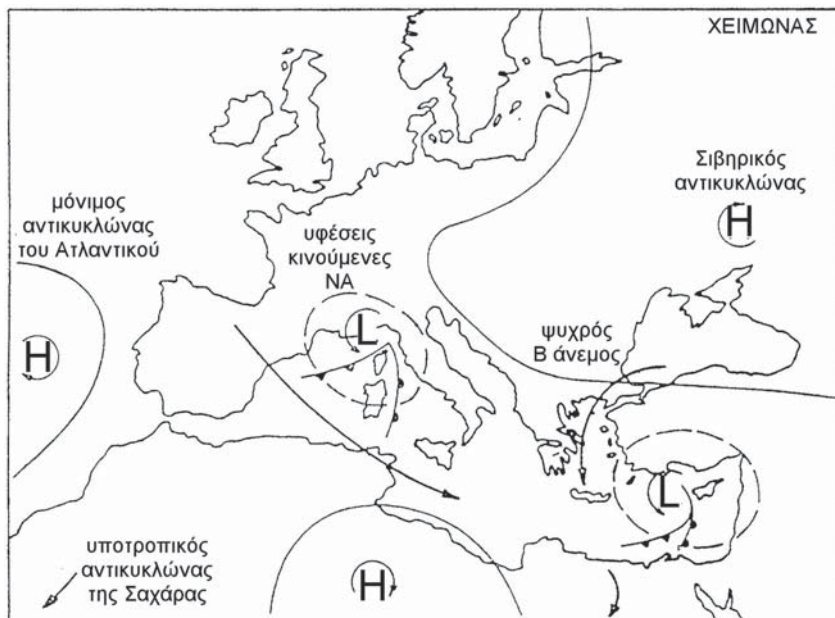
Όταν το μελέμι είναι ασθενές ή σε περιοχές όπου δεν πνέει λόγω παρεμβαλλόμενων βουνών (π.χ. Δυτική Ελλάδα) επικρατούν κατά το καλοκαίρι θαλάσσιες αύρες οι οποίες είναι δυνατόν να πνέουν σε εντελώς διαφορετική κατεύθυνση από τους ανέμους που πνέουν στα υψηλότερα στρώματα.

Ο χειμώνας

Κατά το χειμώνα η Ελλάδα βρίσκεται εντός της εύκρατης ζώνης με συνέπεια να διέρχονται διαδοχικές υφέσεις και αντικυκλώνες.

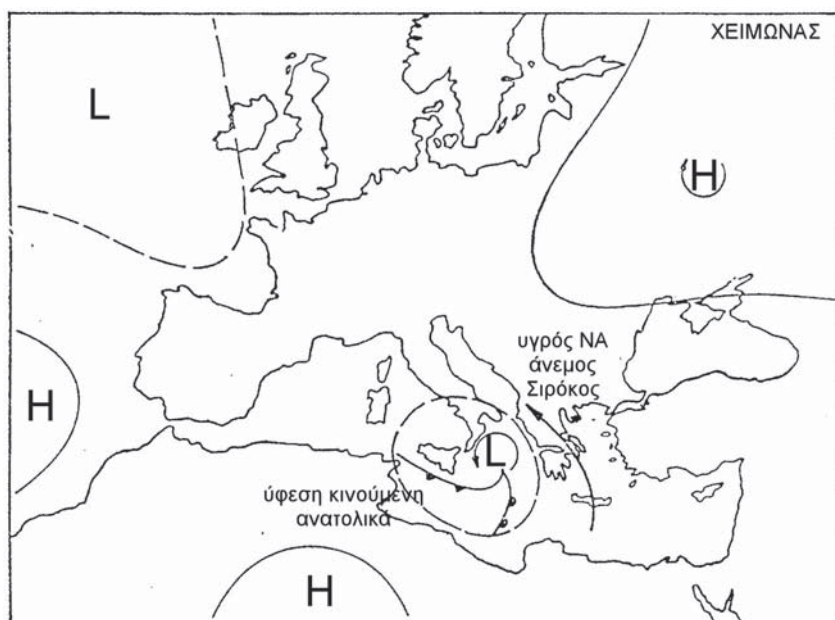
Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ του μόνιμου αντικυκλώνα του Ατλαντικού και του Σιβηρικού αντικυκλώνα, ο οποίος σχηματίζεται το χειμώνα πάνω από την παγωμένη Ρωσία (βλ. Σχ. 49). Μεταξύ των δυο αυτών αντικυκλώνων διέρχονται κινητοί αντικυκλώνες και υφέσεις από τους οποίους άλλοι δημιουργούνται στο βόρειο Ατλαντικό και άλλοι στις Άλπεις. Το Σχήμα 49 δείχνει μια τυπική διάταξη που φέρνει στην Ελλάδα ψυχρούς βόρειους ανέμους από τον Σιβηρικό αντικυκλώνα.

Όταν προς την Ελλάδα κατευθύνεται μια ύφεση (βλ. Σχ. 50), στο μπροστινό της μέρος έχουμε νότιους έως ΝΑ ανέμους (σοροκάδες), οι οποίοι φέρουν θερμές υγρές μάζες στον ελληνικό χώρο και προκαλούν ραγδαίες παρατεταμένες βροχές. Παρομοίως βροχές προκαλεί και η διέλευση των μετώπων της υφέσεως (βλ. σελ. 51).



Σχήμα 49. Η τυπική βαρομετρική κατάσταση της περιοχής μας το χειμώνα.

Αντίθετα η διέλευση αντικυκλώνα πάνω από την Ελλάδα προκαλεί νηνεμία και ηλιόλουστες ημέρες.



Σχήμα 29. Παράδειγμα βαρομετρικής κατάστασης της περιοχής μας το χειμώνα.

Η μετάβαση από τη θερινή στη χειμερινή περίοδο, ή αντιστρόφως δεν γίνεται απότομα, αλλά με διαδοχικές μεταπτώσεις. Έτσι τον Μάιο και τον Ιούνιο έχουμε περιόδους πρώιμων μετεμίων (πρόδρομοι ετησίες), μέχρι δε τα τέλη Οκτωβρίου εμφανίζονται μικρές περίοδοι όψιμων μετεμίων.

Τοπικές επιδράσεις

Η Ελλάδα λόγω της πολυμορφίας των βουνών της και της διαδοχής ξηράς και θάλασσας έχει πολλούς τοπικούς ανέμους, οι οποίοι διαφοροποιούν το κλίμα κατά περιοχές.

Στα Σχήματα 51 και 52 εμφανίζονται οι επικρατούντες άνεμοι για διάφορες πόλεις της Ελλάδας, την χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο, οι οποίοι για την ηπειρωτική χώρα δείχνουν καθαρά την επίδραση των τοπικών παραγόντων.

Ο καιρός στη Θεσσαλία²

Οι οροσειρές της Ηπείρου και ιδίως της Πίνδου, που βρίσκονται στα δυτικά της Θεσσαλίας, στέκονται εμπόδιο τους υγρούς και θερμούς ανέμους από τα δυτικά και τους αναγκάζουν να ανέρθουν. Ανερχόμενοι αυτοί ψύχονται και εναποθέτουν μεγάλες ποσότητες των υδρατμών τους στα εν λόγω βουνά. Ανάλογες συνθήκες επικρατούν στις περιοχές του Ολύμπου, του Κισσάβου και του Πηλίου, όταν η Θεσσαλία επηρεάζεται από την εισροή ψυχρών αερίων μαζών από το βορρά και προκαλούνται χιονοπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις οι αέριες μάζες έχουν ταξιδέψει πάνω από θαλάσσιες περιοχές, άρα είναι εμπλουτισμένες με άφθονη υγρασία.

Αν υπάρχει συνδυασμός αυτών των δυο συστημάτων έχουμε διαταραχή στην περιοχή, η οποία ενισχύεται από την ένταση των βαρομετρικών συστημάτων, καθώς και από άλλους παράγοντες, όπως αν η διαταραχή εκδηλώνεται σε θαλάσσια περιοχή ή σε ηπειρωτικές περιοχές.

Έτσι π.χ. αν η διαταραχή βρίσκεται στη λίμνη Πλαστήρα εξελίσσεται διαφορετικά ως προς τα φαινόμενα που θα παρουσιαστούν από ότι αν βρίσκεται στο θεσσαλικό κάμπο ή στους ορεινούς όγκους του Κισσάβου, του Πηλίου ή του Ολύμπου. Στη λίμνη Πλαστήρα έχουμε εμπλουτισμό με υδρατμούς και αύξηση των ανοδικών κινήσεων λόγω των γειτονικών ορεινών όγκων και ως εκ τούτου τότε παρατηρούνται μεγάλα ύψη βροχόπτωσης. Παρόμοιες συνθήκες σημειώνονται και στις ορεινές περιοχές του Ολύμπου, Κισσάβου, Πηλίου, εξαιτίας του ανάγλυφου της περιοχής σε συνδυασμό με τις πολύ υγρές αέριες μάζες που έρχονται αφού έχουν διασχίσει το Αιγαίο πέλαγος.

Στο θεσσαλικό κάμπο έχουμε ομαλότερη εξέλιξη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, με λιγότερα ύψη βροχόπτωσης, ενώ κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρείται περισσότερη ξηρασία και οι βροχές που σημειώνονται είναι ραγδαίες λόγω της έντονης θέρμανσης της επιφάνειας του εδάφους.

Αναλύοντας κάποια από τα εποχικά συστήματα που ρυθμίζουν τις καιρικές συνθήκες της Θεσσαλίας, παρατηρούμε ότι:

- ❶ Το καλοκαίρι μια ζωνική κυκλοφορία που οφείλεται κυρίως στην επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών δημιουργεί ένα δυτικό ρεύμα που διατηρεί καλές καιρικές συνθήκες στη Θεσσαλία. Όταν όμως οι δυτικοί-νοτιοδυτικοί άνεμοι ενισχυθούν, τότε εμφανίζεται λίβας (βλ. άνεμο Φεν) που ανεβάσει τη θερμοκρασία της ηπειρωτικής Θεσσαλίας σε μεγάλα ύψη.
- ❷ Τα χαμηλά της κεντρικής Μεσογείου ή της βόρειας Αφρικής (κυρίως της Λιβύης) δημιουργούν νοτιάδες μεγάλης έντασης, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τις υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και για τη μεταφορά φορτίων σκόνης από τη Σαχάρα.
- ❸ Οι βροχές του καλοκαιριού συνήθως οφείλονται σε θερμικές αστάθειες, γι αυτό και τα νέφη που επικρατούν αυτή την εποχή είναι κατακόρυφης ανάπτυξης (σωρείτες - Cu) που

² Το κείμενο που ακολουθεί είναι απόσπασμα από το άρθρο «Καιρός και Περιβάλλον» του μαθηματικού, μετεωρολόγου και γνώστη του καιρού της Θεσσαλίας, Θ. Τακούδη, στην εφημερίδα «Η Θεσσαλία» της 26-02-2006.

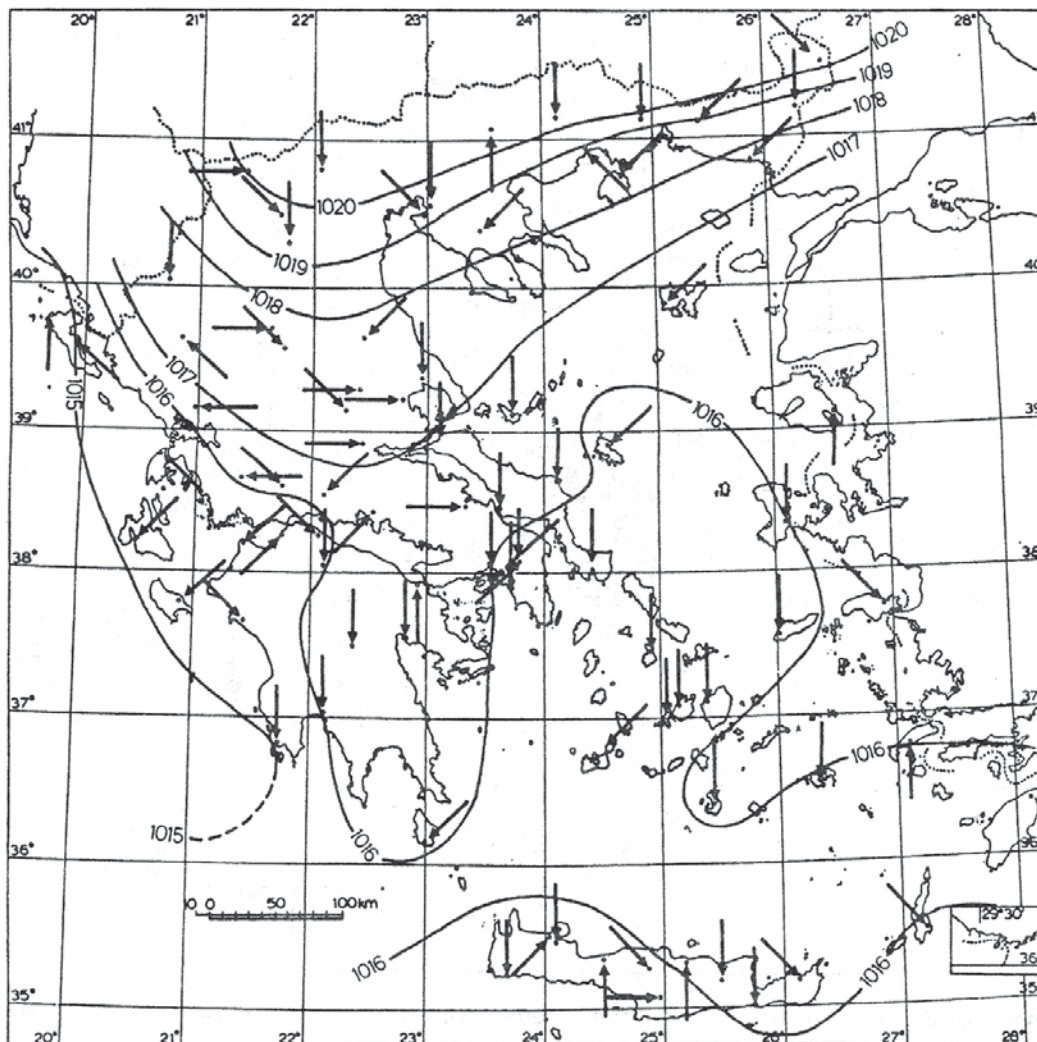
φτάνουν σε ύψος μέχρι και 15 km. Σημειώνονται έντονες καταιγίδες και χαλάζι αφού ο εμπλουτισμός των νεφών με υγρασία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες δημιουργούν μεγάλη αστάθεια.

- ④ Το χειμώνα οι υφέσεις της Γένοβας δίνουν μεγάλα ύψη βροχής.
- ⑤ Όταν οι υφέσεις αυτές συνδυαστούν με υψηλές πιέσεις στην κεντροδυτική Ευρώπη, δίνουν χιονοπτώσεις κυρίως στη δυτική ορεινή Θεσσαλία.
- ⑥ Οι υφέσεις της ανατολικής Μεσογείου ή του Αιγαίου, όταν συνδυαστούν με τον αντικυκλώνα της Σιβηρίας ή της Ρωσίας, δίνουν χιονοπτώσεις στην ανατολική κυρίως Θεσσαλία.

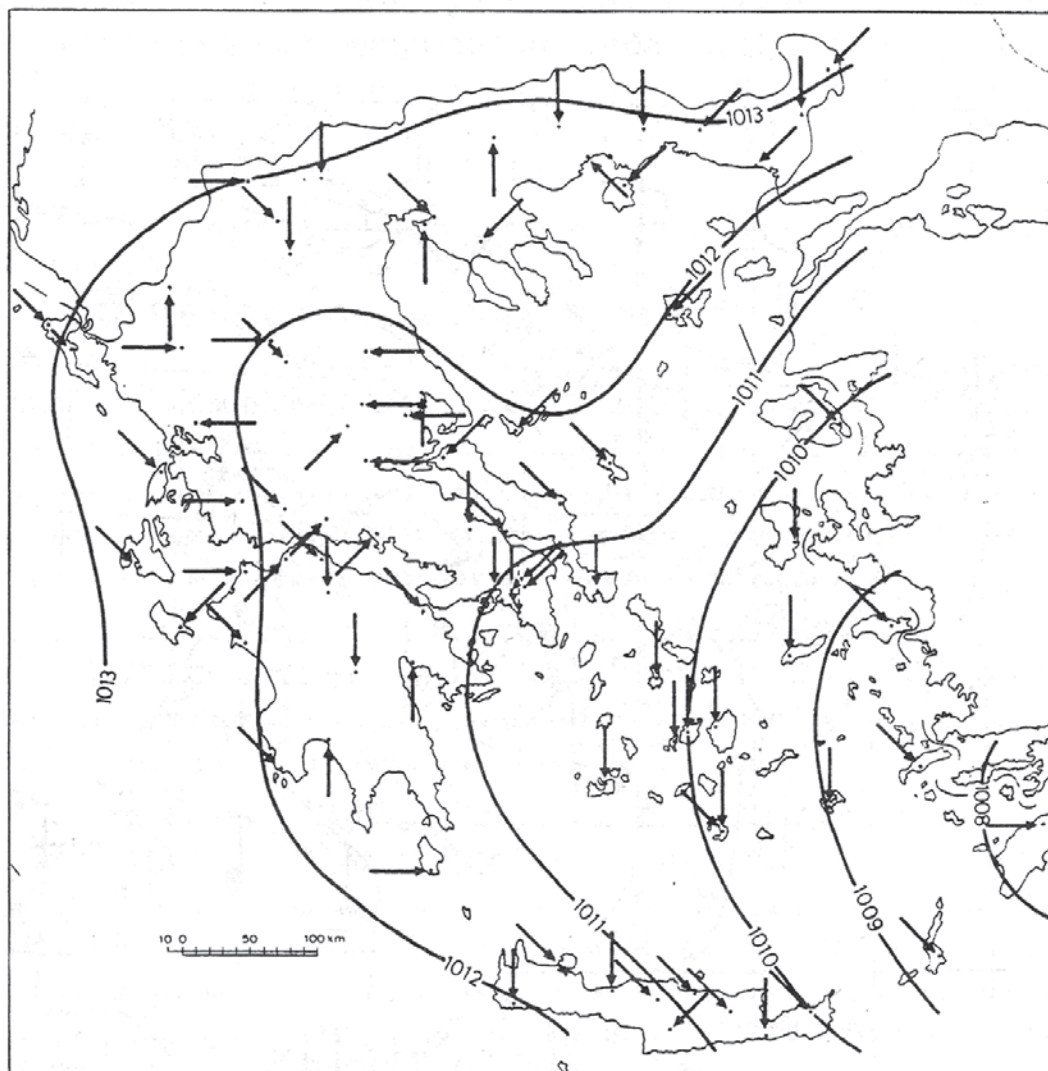
Πρόγνωση του καιρού

Η προσεγγιστική πρόγνωση του καιρού της επόμενης ημέρας, βάσει του συνοπτικού χάρτη της προηγούμενης, είναι τόσο απλή όσο η πρόγνωση του καιρού της επόμενης ώρας βάσει των οπτικών παρατηρήσεων.

Παρατηρώντας στο χάρτη το μετεωρολογικό σύστημα που πλησιάζει την Ελλάδα από τα δυτικά είναι δυνατόν να προβλέψουμε τους ανέμους και την νέφωση.



Σχήμα 51. Επικρατούντες άνεμοι (μαύρα βέλη) σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας τη χειμερινή περίοδο (πηγή Κοτίνη-Ζαμπάκα 1983).



Σχήμα 52. Επικρατούντες άνεμοι (μαύρα βέλη) σε διάφορες πόλεις της Ελλάδας τη θερινή περίοδο (πηγή Κοτίνη-Ζαμπάκα 1983).

Για λεπτομερέστερες ή μακροπρόθεσμες προγνώσεις χρησιμοποιούνταν μέχρι πρότινος η πείρα του μετεωρολόγου.. Αν π.χ. μέχρι σήμερα οι περισσότερες υφέσεις αν σε ένα ορισμένο σημείο στρέφονταν προς ΒΑ θα υπήρχε μεγάλη πιθανότητα και η υπό εξέταση ύφεση να στραφεί προς ΒΑ.

Σήμερα όμως η επιστήμη της μετεωρολογίας έχει προχωρήσει αρκετά και έχει μελετηθεί με λεπτομέρεια η φυσική που διέπει τα φαινόμενα και οι προγνώσεις γίνονται με επιστημονικές μεθόδους και υπολογισμούς. Η ατμόσφαιρα εξετάζεται βάσει του μοντέλου της θερμικής μηχανής και τα δεδομένα των παρατηρήσεων συγκεντρώνονται και επεξεργάζονται σε σημαντικά μετεωρολογικά κέντρα με τη χρήση ταχύτατων Η/Υ.

Βέβαια στο θέμα των προγνώσεων δεν πρέπει να είμαστε πολύ απαιτητικού ιδιαίτερα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα μετεωρολογικά φαινόμενα έχουν στατιστικό χαρακτήρα. Σε ένα ποταμό μπορούμε να κάνουμε πρόγνωση πόσοι περίπου και τι είδους στρόβιλοι θα σχηματιστούν σε μια ορισμένη περιοχή αλλά δεν μπορούμε να πούμε με ακρίβεια πότε και σε ποιο σημείο θα σχηματιστούν.



Ρύθμιση του καιρού

Από τα παλαιά χρόνια η ρύθμιση του καιρού ήταν μια από τις κύριες επιδιώξεις του ανθρώπου. Όλοι οι μάγοι και οι βροχοποιοί που υπήρξαν βέβαια δεν ήταν παρά έξυπνοι απατεώνες, οι οποίοι εκμεταλλευόμενοι τις προγνώσεις τους τις παρουσίαζαν ως μαγικές επεμβάσεις στον καιρό.

Βροχοποιία - Τεχνητή βροχή

Στα νεώτερα χρόνια διάφορες ιδέες, πολλές φορές αρκετά παράξενες, τέθηκαν σε δοκιμασία για τη δημιουργία τεχνητής βροχής. Θεωρήθηκε για παράδειγμα ότι τα ηχητικά κύματα προκαλούν τη συμπίεση του αέρα και άρα τη συνένωση υδροσταγονιδίων, στα νέφη, σε σταγόνες βροχής. Η ιδέα αυτή δοκιμάστηκε το 1891 στις ΗΠΑ με κόστος 9000 δολάρια αλλά τα πειράματα απέτυχαν.

Στην Αυστραλία, το 1903 κατά τη διάρκεια μια καταστρεπτικής ανομβρίας, προσπάθησαν πάλι, αφήνοντας στο ύπαιθρο ανοιχτά δοχεία με διάλυμα θεικού οξέως μέσα στα οποία εμβάπτισαν ψευδάργυρο. Νόμισαν, λανθασμένα, ότι το παραγόμενο υδρογόνο από την παραπάνω χημική αντίδραση, ως στοιχείο ελαφρύτερο από τον αέρα, θα δημιουργούσε ανοδική κίνηση και κατά συνέπεια παραγωγή βροχής.

Κάποιοι ευφάνταστοι, γνωρίζοντας ότι στις οροσειρές στην προσήνεμο πλευρά τους λόγω των ανοδικών κινήσεων του αέρα, δημιουργούνται συμπυκνώσεις και νέφη, πρότειναν την ανέγερση στις ξηρές περιοχές, ψηλών τειχών κάθετων προς την διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου για να παίζουν το ρόλο των οροσειρών. Άλλοι μίλησαν για την κατασκευή και εγκατάσταση μεγάλων χωνιών-φουσητήρων (ύψους 500 μέτρων) για την τεχνητή παραγωγή ανοδικών ρευμάτων. Άλλοι για την ανάπτυξη μεγάλων πυρκαγιών που θα παρήγαγαν θερμό ανοδικό ρεύμα αέρα που μαζί με τη συμπαρασυρόμενη προς τα πάνω σκόνη και αιθάλη θα παρήγαγαν βροχή.

Μια λαϊκή πρόληψη που επικρατούσε κατά τη διάρκεια των δυο παγκοσμίων πολέμων, θεωρούσε ότι οι πολεμικές επιχειρήσεις προκαλούν βροχές λόγω της μεγάλης κλίμακας δράσης του πυροβολικού που με τις εκρήξεις διαταράσσουν τα στρώματα του αέρα. Βέβαια αυτή η πεποίθηση έχει τις ρίζες στα αρχαία χρόνια, πριν ακόμη την ανακάλυψη της πυρίτιδας. Οι αρχαίοι έλληνες, όπως αναφέρει ο Πλούταρχος, πίστευαν ότι η μάχη προκαλεί βροχή λόγω της υγρασίας που παρήγαγε η εξάτμιση του ιδρώτα από τα σώματα των πολεμιστών. Αν και αληθεύει ότι η εμφάνιση βροχής είναι συχνή μετά από μεγάλες μάχες, η εξήγηση του φαινομένου μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι οι μεγάλης κλίμακας πολεμικές επιχειρήσεις προετοιμάζονται και γίνονται όταν επικρατεί καλοκαιρία. Επειδή δε τα καλοκαίρια στα μέσα γεωγραφικά πλάτη δεν διαρκούν πολύ και τα διαδέχεται κακοκαιρία, συμπίπτει το τέλος των μαχών με την έναρξη του άσχημου καιρού.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι αν και τα τελευταία χρόνια η βροχοποιία έχει επιστημονική βάση, (ο βομβαρδισμός των νεφών με σφαιρίδια ξηρού πάγου - στερεοποιημένου δηλαδή CO₂ - ή ιωδιούχου αργύρου ή παλαιότερα ηλεκτρισμένης άμμου έχει δώσει κάποια αποτελέσματα) η χρησιμότητά της αμφισβητείται από πολλούς.

Καταρχάς για να προκληθεί βροχή πρέπει να υπάρχουν νέφη με μεγάλο ποσοστό υγρασίας. Σε περιοχές που δεν υπάρχουν νέφη η βροχοποιία είναι αδύνατη. Αλλά ακόμη και σε περιοχές με νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης που ραντίστηκαν με τις παραπάνω χημικές ουσίες από αεροπλάνα για να προκληθεί βροχή, δεν είναι σίγουρο ότι δεν θα έβρεχε ούτως ή άλλως.

Εξάλλου σε ξηρές περιοχές η πρόκληση τεχνητής βροχής από ένα νέφος σε ένα ορισμένο σημείο, απλώς στερεί την βροχή από άλλο γειτονικό σημείο όπου το νέφος θα έριχνε τη βρο-

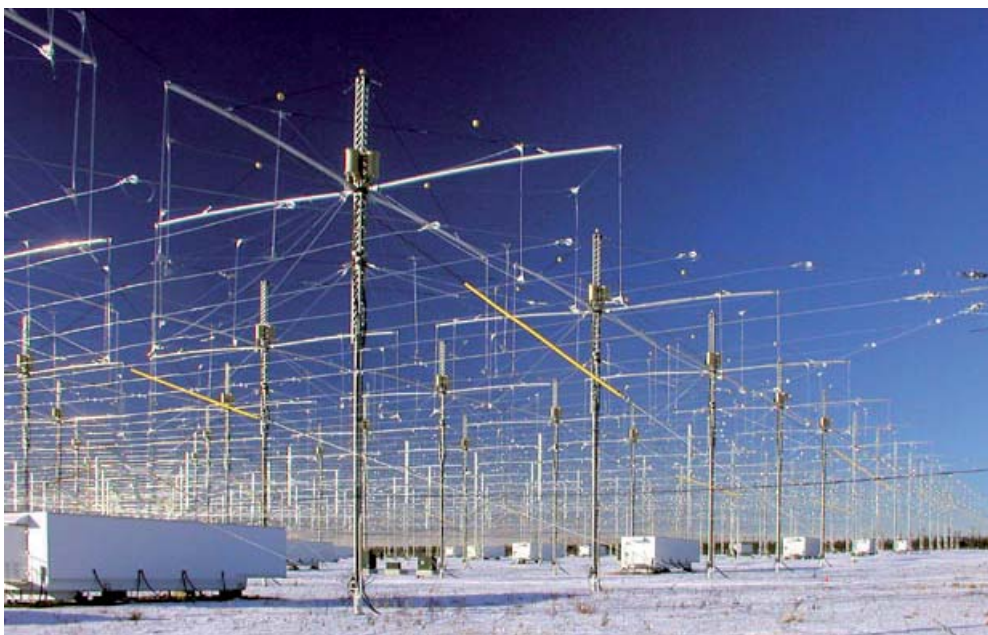


χή από μόνο του. Γενικότερα η βροχοποιία δεν έχει μέχρι σήμερα δώσει τα οφέλη που πολλοί ανέμεναν.

Μετατροπή κλίματος

Κλασσικό παράδειγμα θεωρίας για τη μετατροπή κλίματος ήταν η δημιουργία μεγάλης λίμνης στη Σαχάρα με μεταφορά νερού από τη Μεσόγειο. Η λίμνη θα καθιστούσε με τη σειρά της καλλιεργήσιμες τις τεράστιες εκτάσεις ερήμου της Σαχάρας. Σήμερα βέβαια αυτή η θεωρία έχει απορριφθεί, δεδομένου ότι η λίμνη καμιά βροχόπτωση δεν θα προκαλούσε στη Σαχάρα ακριβώς όπως η Ερυθρά θάλασσα δεν μεταβάλλει τις περιοχές γύρω από αυτή σε πράσινα λιβάδια.

Υπάρχουν πολλές παρόμοιες θεωρίες, που συνήθως απαιτούν υπέρογκες δαπάνες για την υλοποίησή τους και πιθανόν να έχουν απρόβλεπτες συνέπειες. (Διάφορες θεωρίες μετατροπής κλίματος: μαύρη σκόνη στους πάγους του νότιου πόλου για να λιώσουν, εκτροπή μεγάλων ποταμών της νότιας Ρωσίας προς βορρά ώστε να θερμανθεί το κλίμα της Σιβηρίας, κλπ). Βέβαια κάποιες θεωρίες από αυτές που σήμερα θεωρούνται ακραίες μπορεί στο μέλλον να γνωρίσουν κάποια εφαρμογή, όπως για παράδειγμα αυτές του μεγάλου φυσικού Nicola Tesla για την τροποποίηση του καιρού μέσω ακτινοβολήσης της ιονόσφαιρας, που ήδη ελέγχονται πειραματικά από την Αμερικανική Κυβέρνηση μέσω του προγράμματος HAARP (High Frequency Active Auroral Research Program), (βλ. Φωτ. 2).



Φωτογραφία 2. Εγκαταστάσεις του ερευνητικού προγράμματος HAARP
(πηγή: <http://www.haarp.alaska.edu>)

Ο άνθρωπος όμως με τα μεγάλα τεχνικά έργα του έχει ήδη μεταβάλλει σε μικρότερη κλίμακα τον καιρό. Στις πόλεις η ρύπανση της ατμόσφαιρας, η αποψίλωση των δασών και η παραγόμενη τεχνητά θερμότητα έχουν αλλάξει αισθητά το κλίμα. Τα μεγάλα αποστραγγιστικά ή αρδευτικά έργα, η κοπή των δασών για τη συστηματική καλλιέργεια των εδαφών τους και τα μεγάλα φράγματα έχουν αλλάξει τις τοπικές συνθήκες των εν λόγω περιοχών. Η συνεχής επέμβαση του ανθρώπου στη φύση σήμερα είναι ίσως πιο έντονη από ποτέ. Η απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου με άγνωστες ακόμη όλες τις συνέπειες που μπορεί να έχει μια τέτοια επέμβαση στη φύση, για την ίδια τη ζωή.



Μετεωρολογία στο διαδίκτυο

Υπάρχουν αναρίθμητες πηγές στο διαδίκτυο που προσφέρουν πληροφορίες για οποιοδήποτε μετεωρολογικό και καιρικό φαινόμενο σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου. Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, η διάδοση των μετεωρολογικών δεδομένων σε συνδυασμό με το ότι όλοι ενδιαφέρονται για τον καιρό δίνει στο θέμα μετεωρολογία-καιρός πολύ υψηλή συχνότητα εμφάνισης στις παγκόσμιες διαδικτυακές στατιστικές. Ο διαδικτυακός ερευνητής θα πρέπει να ξεκινήσει την αναζήτησή του από τις επίσημες μετεωρολογικές υπηρεσίες των χωρών, Αμερικής, Αγγλίας, Αυστραλίας, που εκτός των προγνωστικών που δίνουν παρέχουν και ενδιαφέρον εκπαιδευτικό υλικό. Η NASA και η NOAA διαθέτουν επίσης πολύ ενδιαφέροντες ιστότοπους, χωρίς βέβαια κάποιος να πρέπει να παραβλέψει και τις εκατοντάδες ιστοσελίδες ιδιωτών στις οποίες αναρτώνται από κοντινές φωτογραφίες του πρόσφατου τυφώνα μέχρι η θερμοκρασία της θάλασσας στο νησί του Πάσχα.

Για τον ελληνικό καιρό που σημειωτέον προγνώσεις του παρέχονται και από πολλούς ξένους τουριστικούς ή μη διαδικτυακούς τόπους προτείνονται οι παρακάτω ως οι πιο αξιόπιστοι και ενημερωμένοι:

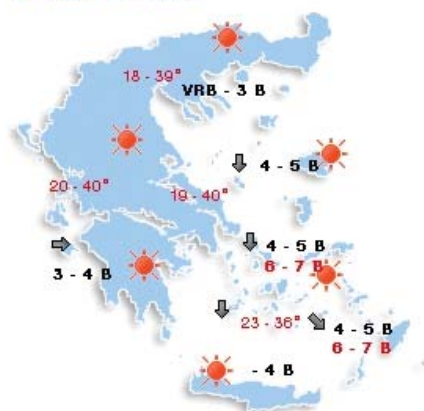
Ο διαδικτυακός τόπος της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας: (<http://www.hnms.gr/hnms/greek/forecast/>) με πολλές πληροφορίες, χάρτες και προγνώσεις αλλά και μια ενδιαφέρουσα ιστορική αναδρομή στην επιστήμη της μετεωρολογίας, ο ιστότοπος του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (http://www.poseidon.ncmr.gr/greek/weather_forecast.html) που παρέχει γραφικά αποτελέσματα αριθμητικού μοντέλου προγνώσεων για μια μεγάλη γκάμα ατμοσφαιρικών παραμέτρων (π.χ. για τα φορτία σκόνης εξ Αφρικής), για την περιοχή μας και ο ιστότοπος του Εθνικού Αστεροσκοπείου (<http://www.meteo.gr/>) με πυκνό δίκτυο σταθμών για όλη την Ελλάδα και ηλεκτρονικό δελτίο επικίνδυνων καιρικών φαινομένων (βλ. Σχ. 53).

Οι παραπάνω ιστότοποι αναφέρονται ενδεικτικά ως σημεία εκκίνησης και ως οι πιο αντιπροσωπευτικοί στον Ελληνικό χώρο. Είναι βέβαιο ότι μια έρευνα σε κάποια διαδικτυακή μηχανή αναζήτησης θα φέρει και άλλες ακόμα πιο ενδιαφέρουσες ιστοσελίδες και σίγουρα κάτι καινούργιο, που αγνοούσαμε, για τον πολύπλοκο μηχανισμό του καιρού.



ΕΘΝΙΚΗ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ
HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE

Πρόγνωση για: 22/08/07



ο καιρός	22/08/07	23/08/07
Τοπικές προγνώσεις	Αττική	Θεσσαλονίκη
Διαβάστε τη γενική πρόγνωση καιρού Ελλάδας	2 ΗΜΕΡΩΝ	3-6 ΗΜΕΡΩΝ

Μετεωρογράμματα

Αττική | Νησιά Ιονίου | Ηπείρος | Μακεδονία | Θράκη
| Βόρειο Αιγαίο | Θεσσαλία | Ανατολική Στερεά | Ελλάδα
και Εύβοια | Πελοπόννησος | Κυκλάδες | Κρήνη
| Δωδεκάνησος | Νησιά Ανατολικού Αιγαίου | Δυτική
Στερεά | Ελλάδα

Πρόγνωση καιρού | Παρών καιρός | Κλιματολογία | Μετεωρολογία | ΕΜΥ | 22/08/2007

Αεροναυτιλία | Ναυτιλία | Γεωργία | Ειδική Πρόσβαση

ΥΠΕΘΑ | ΓΕΑ | English

Κύρια Σελίδα / Πρόγνωση Καιρού / Βόλος

Δέν υπάρχουν έκτακτα δελτία

ΕΥΡΕΣΗ

Επιλέξτε Πόλη

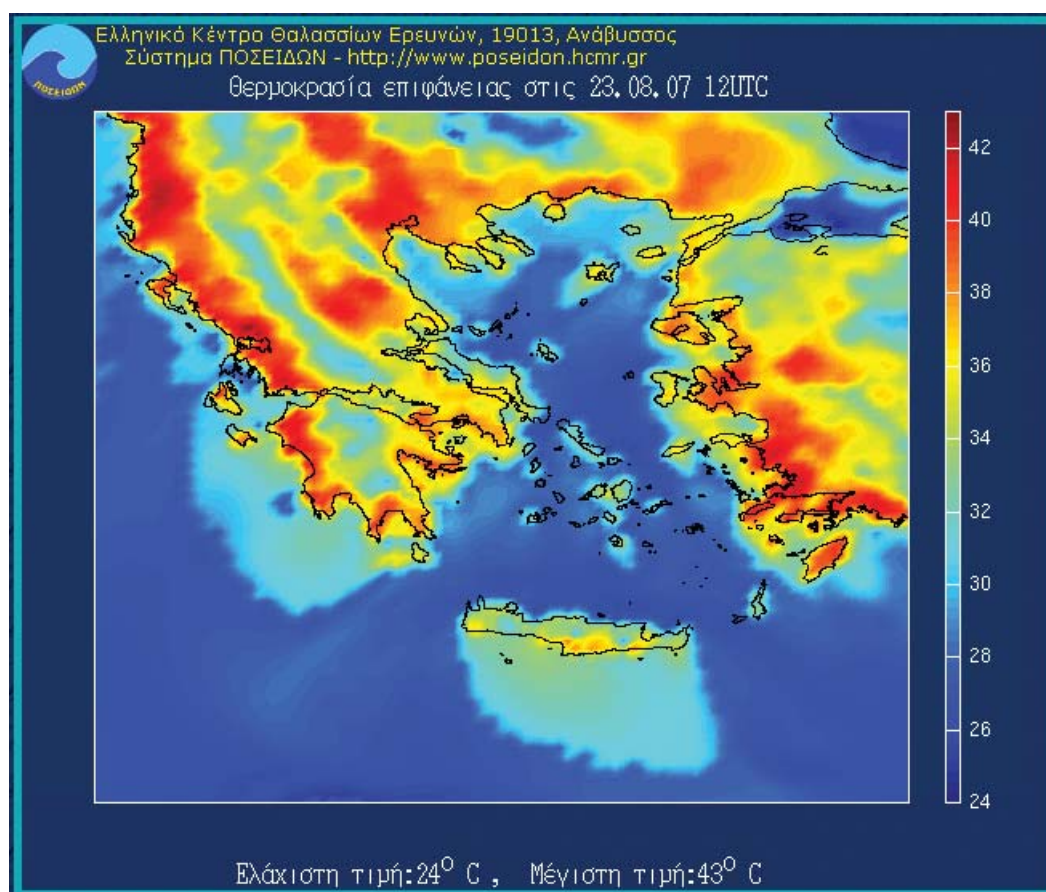
Πρόγνωση Αρχική Σελίδα

Βόλος: Γ. Μήκος (Lon) 22°48'0" / Γ. Πλάτος (Lat) 39°13'1" / Ύψος 15μ.

Βόλος	Καιρός	Θερμοκρ.	Διεύθυνση	Έντ. ανέμων
22/08/07 00:00 UTC		26°C	300°	0κτ
22/08/07 06:00 UTC		26°C	290°	1κτ
22/08/07 12:00 UTC		29°C	95°	8κτ
22/08/07 18:00 UTC		27°C	115°	2κτ
23/08/07 00:00 UTC		27°C	285°	3κτ
23/08/07 06:00 UTC		27°C	280°	4κτ
23/08/07 12:00 UTC		31°C	110°	5κτ
23/08/07 18:00 UTC		29°C	200°	3κτ

Παρών καιρός

Κλιματολογία





Σχήμα 53. Επιλεγμένοι ιστότοποι που αφορούν στον καιρό της χώρας μας.

Βιβλιογραφία

1. Βίγκλας, Σ. Π., Μοντέλα για την πρόγνωση του μετασχηματισμού των αερίων μαζών πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος, Διπλωματική εργασία, Αθήνα, 1993.
2. Δρανδάκη Π., Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια, 2η Έκδοση, Εκδ. «Ο Φοίνιξ» Ε.Π.Ε.
3. Καραπιέρης, Λ. Ν., Ναυτική Μετεωρολογία, Αθήνα, 2005.
4. Κοτίνη-Ζαμπάκα, Σ., Συμβολή στην κατά μήνα μελέτη του κλίματος της Ελλάδας. Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη 1983.
5. Σημειώσεις Σεμιναρίου Μετεωρολογίας, Ε.Π.Π.Α. & Ε.Μ.Υ., Αθήνα, Μάρτιος 1991.
6. Φλόκας, Α. Α., Συμβολή στη μελέτη των μετωπικών συστημάτων στο Μεσογειακό χώρο. Παραρτ. Επετ. Σχολ. Θετ. Επιστ. τομ. 22, αριθμ. 35, Θεσσαλονίκη, 1984.
7. Wallace, M. J. and Hobbs, V. P., Atmospheric Science, An Introductory Survey, Academic Press, 1977.
8. <http://www.noaa.gov>

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΟΥ Κ.Π.Ε. ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑΣ

- Η πηλιορείτισσα γιαγιά θυμάται... βότανα δια πάσαν νόσον
- Τουριστικές διαδρομές στη φύση και την παράδοση του Πηλιορείτικου χωριού
- Μια μέρα στο Μουσείο Λαϊκής Τέχνης και Ιστορίας Πηλίου
- Μια μέρα στο Μουσείο του Θεόφιλου
- Νερό - Οι Κρήνες της Μακρινίτσας
- Ανακαλύπτω τα μυστικά του τόπου μου - Βιοποικιλότητα
- Στα χνάρια των Κενταύρων
- Μην απορρίπτεις τα απορρίμματα
- Βιομηχανική κληρονομιά - Κεραμοποιείο Τσαλαπάτα

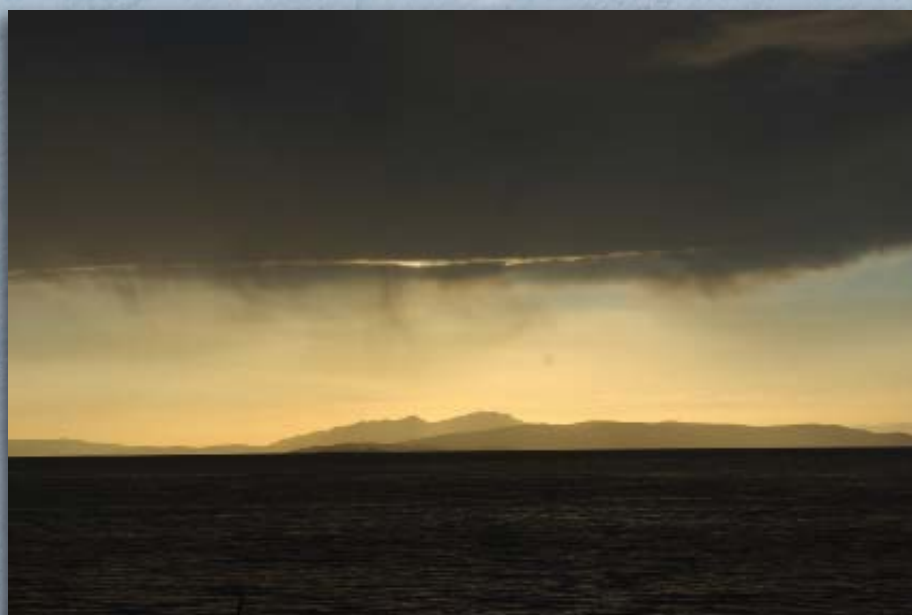
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΤΟΥ Κ.Π.Ε. ΜΑΚΡΙΝΙΤΣΑΣ

1. Κολτσιδόπουλος Ευριπίδης, βιολόγος, Υπεύθυνος του Κέντρου
2. Μακέλη Γραμματή, δασκάλα, Αναπληρώτρια Υπεύθυνη του Κέντρου
3. Βίγκλας Παναγιώτης, καθηγητής πληροφορικής, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου
4. Γκράσος Γεώργιος, καθηγητής αγγλικών, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου
5. Γούλα Μαρία, δασκάλα, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου
6. Παρδαλίδης Θεολόγος, βιολόγος, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου
7. Παπαϊωάννου Άγγελος, γεωπόνος, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου
8. Τσαβέ Πηνελόπη, φιλόλογος, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου
9. Τσιμπλούλης Γεράσιμος, δάσκαλος, μέλος της Π.Ο. του Κέντρου

Στο σχεδιασμό και την υλοποίηση των Προγραμμάτων του Κ.Π.Ε. τα προηγούμενα χρόνια εργάστηκαν και οι:

1. Καπλάνης Ξενοφών, φυσικός
2. Καραδήμας Κωνσταντίνος, δάσκαλος
3. Οικονομίδης Δημήτρης, φυσιογνώστης
4. Παπαδοπούλου Σοφία, φιλόλογος

Γραμματειακή υποστήριξη: Χρυσοχού Έλενα, υπάλληλος Κοινότητας Μακρινίτσας



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Η ΠΑΙΔΕΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΡΥΦΗ
Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ISBN: 978-960-98043-5-6