

1.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Με την ευρεία έννοια του όρου ως **Υδρολογία** (Hydrology) χαρακτηρίζεται η επιστήμη η οποία ασχολείται γενικώς με την μελέτη των υδάτων της γης σε όλες τις μορφές τους. Η μελέτη αυτή αφορά την εμφάνιση, την κυκλοφορία και την διανομή του νερού, τις φυσικές και χημικές ιδιότητές του, καθώς και την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον στην οποία περιλαμβάνεται και η σχέση του με τους ζώντες οργανισμούς. Το πεδίο της Υδρολογίας περιλαμβάνει τον πλήρη κύκλο ζωής του νερού στην Γη [2].

Η **Τεχνική Υδρολογία** (Engineering hydrology), την οποία πραγματεύεται το ανά χείρας σύγγραμμα, αποτελεί τον εφαρμοσμένο εκείνο τομέα του ευρύτερου πεδίου της Υδρολογίας ο οποίος εξετάζει τα προβλήματα του νερού, τα οποία σχετίζονται με την μελέτη, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των Υδραυλικών έργων, ήτοι των τεχνικών εκείνων έργων τα οποία κατασκευάζονται προς τον σκοπό χαλιναγωγήσεως ή χρησιμοποίησεως του νερού για την κάλυψη των ποικίλων αναγκών του ανθρώπου.

1.2 Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

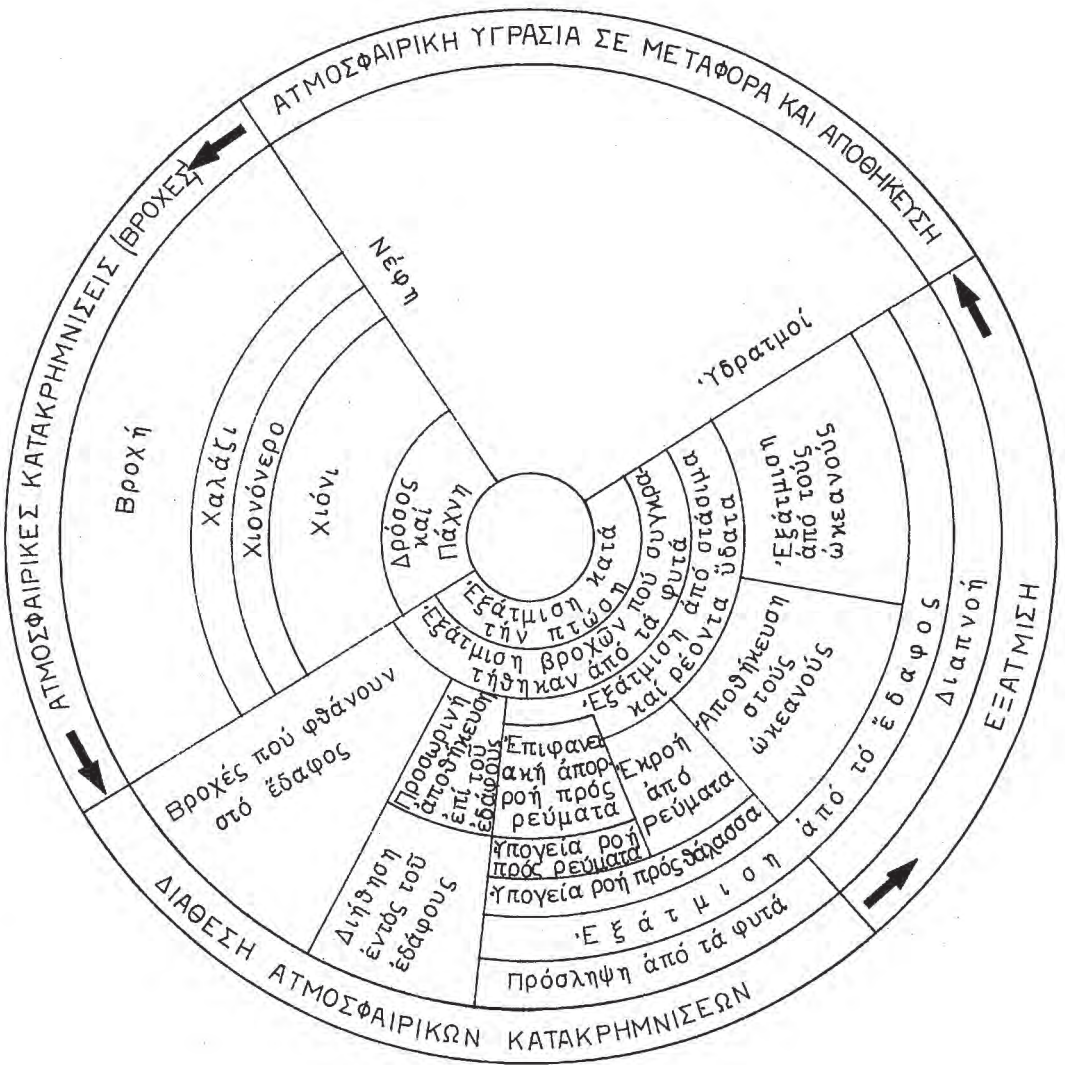
Ο **Υδρολογικός κύκλος** (Hydrologic cycle) αποτελεί μια σειρά διαδικασιών μέσω των οποίων το νερό κυκλοφορεί στην φύση μεταξύ ωκεανών - ατμόσφαιρας - ξηράς - ωκεανών καθ' ον χρόνον τούτο είναι δυνατό να μεταπίπτει και σε άλλες, εκτός της υγρής, καταστάσεις, δηλαδή στην αέρια (υδρατμός) και στην στερεή κατάσταση (χιόνι, χαλάζι, πάγος κλπ.).

Η αρχή του Υδρολογικού κύκλου, καίτοι πρακτικώς δεν υπάρχει, δύναται να τοποθετηθεί, για λόγους απλοποιήσεως και διευκολύνσεως της μελέτης, στην ατμόσφαιρα στην οποία συγκεντρώνονται οι υδρατμοί οι οποίοι προκύπτουν από την εξάτμιση του νερού διαφόρων πηγών όπως είναι οι ωκεανοί, οι λίμνες, οι ποταμοί, το έδαφος, η βλάστηση και αυτές ακόμη οι **ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις** (βροχή, χιόνι, χαλάζι κλπ.) κατά την διάρκεια της πτώσεώς των. Οι υδρατμοί αυτοί, μεταφερόμενοι από τις αέριες μάζες, δύναται, υπό κατάλληλες συνθήκες, να συμπυκνωθούν και να σχηματίσουν νέφη, εν συνεχεία δε με την μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων να επανέλθουν στην επιφάνεια της γης (ξηρά ή θάλασσα).

Από το νερό το οποίο πέφτει στην επιφάνεια της ξηράς ένα μέρος κατακρατείται από την βλάστηση και εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά, ένα άλλο μέρος διηθείται εντός του εδάφους και, τέλος, ένα τρίτο μέρος απορρέει επιφανειακώς προς τα ρεύματα και τους ποταμούς για να απολήξει τελικώς στις λίμνες ή τις θάλασσες ενώ ένα μικρό συνήθως μέρος του απορρέοντος νερού εξατμίζεται κατά την διαδρομή αυτή και επανέρχεται στην ατμόσφαιρα.

Από το νερό το οποίο έχει διηθηθεί στο έδαφος ένα μέρος εξατμίζεται μέσω των πόρων του εδάφους ή διαπνέεται από τα φυτά ενώ το υπόλοιπο, διηθούμενο βαθύτερα, αποθηκεύεται ως **υπόγειο νερό** και αργότερα ευρίσκει διέξοδο προς την επιφάνεια της γης σε χαμηλότερα υψόμετρα για να καταλήξει τελικώς στην θάλασσα.

Από την θάλασσα, το νερό, μέσω της εξατμίσεως, επανέρχεται στην ατμόσφαιρα και έτσι συμπληρώνεται ο Υδρολογικός κύκλος. Στο Σχ. 1.1 παρουσιάζεται κατά ποιοτικό τρόπο ο Υδρολογικός κύκλος σύμφωνα προς τον Horton [1].



Σχ. 1.1 Ποιοτική παράσταση του υδρολογικού κύκλου [κατά Horton].

1.3 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΠΕΔΙΟ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

Αντικείμενο της Υδρολογίας αποτελεί η εξέταση, από επιστημονικής απόψεως, των διαφόρων φάσεων ή διαδικασιών του Υδρολογικού κύκλου. Ιδιαίτερη σημασία ενέχει η εξέταση της, κατά τόπο και χρόνο, μεταβολής της εντάσεως με την οποία λαμβάνουν χώρα οι ως άνω διαδικασίες.

Όπως συνάγεται από τα ανωτέρω, στον Υδρολογικό κύκλο υπεισέρχονται ποικίλες και περίπλοκες διαδικασίες, όπως είναι η εξάτμιση, η δημιουργία της βροχής ή του χιονιού, η διήθηση, η διαπνοή των φυτών, η αποθήκευση και κίνηση του νερού εντός του εδάφους και η απορροή. Όλες οι διαδικασίες αυτές είναι πρωταρχικής σημασίας για την Υδρολογία. Πολλές όμως από τις ανωτέρω διαδικασίες αποτελούν το αντικείμενο διαφόρων άλλων επιστημών, τα πορίσματα των οποίων ανασυνθέτει η Υδρολογία για την επίτευξη του δικού της σκοπού. Ως εκ τούτου, η Υδρολογία αποτελεί δευτερογενή επιστήμη η οποία στηρίζεται ουσιαστικώς στα πορίσματα άλλων βασικών επιστημών όπως είναι η Φυσική, τα Μαθηματικά, η Μετεωρολογία, η Μηχανική των Ρευστών, η Στατιστική, η Γεωλογία και άλλες.

Το πεδίο μελέτης της Υδρολογίας περιλαμβάνει την ατμόσφαιρα (μέχρι ύψους περίπου 15 km), την επιφάνεια και το εσωτερικό της λιθόσφαιρας (μέχρι βάθους περίπου 1 km) και την υδρόσφαιρα (θάλασσες, ωκεανοί). Μέσα στο σύστημα των τριών αυτών χώρων εξελίσσεται ο υδρολογικός κύκλος.

1.4 ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

Οι διάφορες φάσεις του Υδρολογικού κύκλου λαμβάνουν χώρα με διαφορετική εκάστοτε ένταση τόσο από χρόνου σε χρόνο, όσον

και από τόπου σε τόπο. Έτσι η παροχή ενός ποταμού σε μια θέση άλλοτε μεν εγγίζει πολύ υψηλές τιμές (περίπτωση πλημμύρας) και άλλοτε πολύ χαμηλές τοιαύτες (περίπτωση παρατεταμένης ανομβρίας ή ξηρασίας) σε σχέση με την συνήθη παροχή του. Τέτοιες ακραίες τιμές των υδρολογικών φαινομένων έχουν πολύ μεγάλη σημασία για τον Υδρολόγο Μηχανικό δεδομένου ότι τα διάφορα Υδραυλικά έργα μελετώνται για να ανταποκριθούν στον προορισμό τους κατά την περίοδο εμφανίσεως των κατ' εξοχήν δυσμενών ακραίων τιμών.

Δεδομένου, αφ' ετέρου, ότι η ένταση με την οποία εμφανίζεται ένα υδρολογικό φαινόμενο είναι, ούτως ειπείν, τυχαία, είναι απαραίτητο όπως, κατά την μελέτη σημαντικών Υδραυλικών έργων, γνωρίζουμε την πιθανότητα με την οποία είναι δυνατόν να εμφανισθεί μια δεδομένη ακραία τιμή του υπόψη φαινομένου κατά την διάρκεια μιας δεδομένης επίσης χρονικής περιόδου (η οποία συνήθως συμπίπτει με την οικονομική ζωή του Έργου).

Ακραίες τιμές ορισμένης πιθανότητας εμφανίσεως αποτελούν την βάση της οικονομικής αναλύσεως η οποία αποτελεί το τελικό κριτήριο αποδοχής της μελέτης κατασκευής οιασδήποτε σημαντικού Υδραυλικού έργου.

Συνεπώς, η Τεχνική Υδρολογία, η οποία έχει ως κύριο αντικείμενο τον προσδιορισμό των ακραίων τιμών των υδρολογικών φαινομένων καθώς και την πιθανότητα εμφανίσεως των τιμών αυτών, αποτελεί βασικό παράγοντα για την μελέτη οιασδήποτε Υδραυλικού έργου. Μεταξύ δε των κλάδων της Τεχνικής Επιστήμης, οι οποίοι χρησιμοποιούν τα πορίσματα της Τεχνικής Υδρολογίας, περιλαμβάνονται οι **Υδρεύσεις** και **Αποχετεύσεις** των ανθρωπίνων οικισμών και των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οι **Αρδεύσεις** και **Στραγγίσεις** των αγροτικών γαιών, οι **Διευθετήσεις** ποταμών και χειμάρρων και οι **Υδροδυναμικές εγκαταστάσεις** για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

1.5 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

Καίτοι ο άνθρωπος προέβη, πριν από αρκετές χιλιετίες, στην κατασκευή αξιόλογων Υδραυλικών έργων (Αρδευτικά έργα Αιγύπτου, Μεσοποταμίας και Κίνας, φρέατα Περσίας και Αραβίας, φράγματα και υδραγωγεία της ρωμαϊκής περιόδου), οι γνώσεις του περί των υδρολογικών φαινομένων ήταν πενιχρές, σχεδόν ανύπαρκτες ή ακόμη και εσφαλμένες, στηρίζονταν δε ως επί το πλείστον σε φιλοσοφικές θεωρίες. Έτσι, ο Όμηρος (περίπου 1000 π.Χ.) πίστευε στην ύπαρξη ενός μεγάλου υπογείου ρεύματος (ή ωκεανού) το οποίο διαπερνά ολόκληρο το εσωτερικό της Γης και το οποίο ονομάζει **Τάρταρον**. Από αυτόν τροφοδοτούνται όλες οι πηγές, οι ποταμοί και οι θάλασσες.

Κατ' αναλογία, ο Πλάτων (428-347 π.Χ.) περιγράφει τον Τάρταρο ως αποτελούντα έναν υδάτινο πυρήνα στο κέντρο της Γης από τον οποίο λαμβάνουν την αφετηρία των, και στον οποίο επίσης επανέρχονται, όλα τα υγρά ρεύματα με τα οποία πληρούνται όλα τα κοιλάματα της επιφάνειας της Γης (λίμνες, θάλασσες).

Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.), στα **Μετεωρολογικά** του διατύπωσε μια επαρκώς ακριβή θεωρία για τον Υδρολογικό κύκλο. Έτσι, δέχεται κατ' αρχήν ότι το ψύχος μετατρέπει τον αέρα σε νερό και στην συνέχεια ότι μια συνεχής κυκλοφορία μεταξύ νερού και αέρα δημιουργεί νέφη, ομίχλη, βροχή, χαλάζι αλλά και ποταμούς και θάλασσες. Με την επίδραση του ηλίου εξατμίζεται η υγρασία της γης, ο ατμός ανεβαίνοντας χάνει την θερμότητά του, μετατρέπεται σε νερό και πέφτει στην γη ως βροχή. Οι ποταμοί δημιουργούνται εν μέρει από τις βροχοπτώσεις αυτές και εν μέρει από την μεταβολή του αέρα σε νερό η οποία συντελείται εντός μεγάλων σπηλαίων είτε στα υψηλά βουνά ή στο εσωτερικό της γης.

Ο Θεόφραστος (372-287 π.Χ.), μαθητής του Αριστοτέλη και

μετά τον θάνατο του διδασκάλου του Σχολάρχης της Περιπατητικής Σχολής, διασκεύασε και συμπλήρωσε την Μετεωρολογία του Αριστοτέλη. Επί πλέον, με τις ιδέες και τις παρατηρήσεις του, συντέλεσε στην θεμελίωση μιας νέας επιστήμης, της **Υδρολογίας**, η οποία στην εποχή του Αριστοτέλη ήταν κάπως περιορισμένη. Το εκτεταμένο έργο του για τις πηγές, τους ποταμούς και τις θάλασσες αποτέλεσε για την μετέπειτα εποχή το βασικό έργο μελέτης των θεμάτων αυτών. Δυστυχώς από το έργο αυτό του Θεοφράστου σώζονται μόνον αποσπάσματα.

Οι ιδέες του Θεοφράστου για τον Υδρολογικό κύκλο διασώθηκαν από τον Μάρκο Βιτρούβιο (περίπου 1ος αιώνας μ.Χ.). Οι ιδέες αυτές συμφωνούν κατά πολύ με τις σύγχρονες αντιλήψεις.

Έκτοτε, και μέχρι της εποχής της Αναγεννήσεως (περίπου 1450 μ.Χ.), ουδεμία ουσιαστική πρόοδος έγινε στην Υδρολογία.

Κατά την εποχή της Αναγεννήσεως αρχίζει νέα περίοδος ανάπτυξεως για την Υδρολογία η οποία βασίζεται στην **παρατήρηση**. Ο Leonardo da Vinci (1452-1519) και ο B. Palissy (1514-1589) διατύπωσαν, ανεξαρτήτως ο καθένας, ακριβή θεωρία για τον Υδρολογικό κύκλο.

Εν τούτοις, η περίοδος της σύγχρονης Υδρολογίας δύναται να θεωρηθεί ότι αρχίζει κατά τον 17ο αιώνα κατά τον οποίο η γνώση των υδρολογικών φαινομένων άρχισε να στηρίζεται στην **μέτρηση**. Έτσι, ο P. Perrault (1608-1680) μέτρησε την βροχόπτωση και την εξάτμιση στην Λεκάνη απορροής του ποταμού Σηκουάνα, εκτίμησε την παροχή του ποταμού και διαπίστωσε ότι η απορροή ήταν περίπου το ένα έκτο της βροχοπτώσεως. Ο E. Mariotte (1620-1684) υπολόγισε την παροχή του Σηκουάνα στην περιοχή του Παρισιού κατόπιν μετρήσεως της ταχύτητας ροής και της υγρής διατομής. Τέλος, ο αστρονόμος E. Halley (1656-1742), από μετρήσεις τις οποίες διενήργησε σε μικρά ανοικτά δοχεία (εξατμισόμετρα), εκτίμησε την εξάτμιση από την Μεσόγειο θάλασσα.

Από τον 18ο αιώνα αρχίζει η περίοδος της **πειραματικής έρευ-**

νας των υδρολογικών φαινομένων, η οποία, εκ παραλλήλου, επέφερε ανάλογη ανάπτυξη και στην Υδραυλική δεδομένου ότι τα μελετώμενα φαινόμενα ανήκουν βασικώς σ' αυτήν. Έτσι, αναφορικά με την μέτρηση των παροχών, εφευρέθηκαν ο σωλήνας Pitot, το επιστόμιο Borda και ο μυλίσκος Woltman, διατυπώθηκαν οι εξισώσεις της ροής πάνω από Εκχειλιστές, εντός ανοικτών αγωγών και δια μέσου πορωδών σωμάτων καθώς και οι εξισώσεις της παροχής των φρεάτων. Με την παρατήρηση και τις μετρήσεις κατέστη δυνατή η διατύπωση μεγάλου αριθμού εμπειρικών εξισώσεων, η εφαρμογή όμως αυτών για την επίλυση πρακτικών προβλημάτων καθιστούσε αναγκαία την εκλογή των κατάλληλων συντελεστών με βάση την εμπειρία και την κρίση του μελετητή.

Η αδυναμία των εμπειρικών εξισώσεων να δώσουν ικανοποιητικές λύσεις στα προβλήματα της πράξεως διαπιστώθηκε χωρίς αμφιβολία στις αρχές του 20ού αιώνα. Με την ίδρυση ειδικών Υπηρεσιών και επιστημονικών Οργανώσεων, σχετικών με τα υδρολογικά ζητήματα, άρχισε μια προσπάθεια συστηματικότερης συλλογής στοιχείων, μελέτης και έρευνας των υδρολογικών προβλημάτων. Έτσι, από το 1930 άρχισε να εφαρμόζεται η **ορθολογική μέθοδος** (rational analysis) στην μελέτη των υδρολογικών φαινομένων. Από τον Sherman (1932) εισάγεται η έννοια του Μοναδιαίου υδρογραφήματος, από τον Horton (1933) μελετάται επισταμένως η επίδραση της διηθήσεως στην επιφανειακή απορροή, εισάγεται η Στατιστική (1941) στην μελέτη των υδρολογικών φαινομένων και η μαθηματική ανάλυση στην μελέτη των φερτών υλών (1950).

Τέλος, από το 1950 αρχίζει η περίοδος της εφαρμογής **θεωρητικών μεθόδων** στην μελέτη των υδρολογικών φαινομένων. Η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών Υπολογιστών καθιστά δυνατή την επίλυση των πολύπλοκων διαφορικών εξισώσεων οι οποίες προκύπτουν από την εφαρμογή της μαθηματικής αναλύσεως στα μελετώμενα φαινόμενα.

Αφ' ετέρου, η ανάπτυξη πολύπλοκων οργάνων μετρήσεως με μεγάλη ακρίβεια της εντάσεως ή του μεγέθους των διαφόρων υδρολογικών φαινομένων καθιστά δυνατή την συλλογή λεπτομερών στοιχείων και, τοιουτοτρόπως, τον πειραματικό έλεγχο των επιτυγχανομένων θεωρητικών λύσεων. Παραδείγματα τέτοιων θεωρητικών λύσεων αποτελούν η μη γραμμική ανάλυση των υδρολογικών συστημάτων, η μελέτη της υπόγειας ροής θεωρούμενης ως ασταθούς, η εφαρμογή των θεωριών μεταφοράς θερμότητας και ύλης στο φαινόμενο της εξατμίσεως και άλλα.

1.6 ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Horton, R. E. (1931). The Field, Scope and Status of the Science of Hydrology, *Transactions, American Geophysical Union*, 12 : 189 - 202.
2. U. S. A. Federal Council for Science and Technology, Ad Hoc Panel on Hydrology, (1962). *Scientific Hydrology*, Washington, D. C., USA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής καθορίζονται βασικά από τις κλιματικές, γεωγραφικές και γεωλογικές συνθήκες της περιοχής αυτής.

Από τα κλιματικά στοιχεία πρωτεύουσα σημασία έχουν: α) η **ηλιακή ακτινοβολία**, β) οι **βροχοπτώσεις**, ιδιαιτέρως δε η κατά τόπο και χρόνο κατανομή αυτών καθώς και η αναλογία των υπό μορφή χιονιού κατακρημνίσεων και γ) οι **άνεμοι**, η **θερμοκρασία** και η **υγρασία** της ατμόσφαιρας λόγω της σημαντικής επίδρασης την οποία ασκούν τόσο στην δημιουργία των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων όσο και στην περαιτέρω διάθεση αυτών μετά την πτώση των στην επιφάνεια της γης.

Από τις γεωγραφικές συνθήκες πρωτεύουσα σημασία έχει το **ανάγλυφο** της επιφάνειας της ξηράς καθώς και η **βλάστηση** η οποία υπάρχει σ' αυτήν.

Τέλος, από τις γεωλογικές συνθήκες σημασία έχουν η **σύσταση του επιφανειακού στρώματος του εδάφους** και η **σύσταση και η διάταξη των πετρωμάτων** στο ανώτερο στρώμα του στερεού φλοιού της γης.

Στο παρόν Κεφάλαιο θα εξετασθούν εν συντομία τα, από υδρολογικής απόψεως, ενδιαφέροντα στοιχεία της ηλιακής ακτινοβολίας και των ανέμων, καθώς και της θερμοκρασίας και υγρασίας της ατμόσφαιρας. Λόγω της σπουδαιότητάς των, οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις θα εξετασθούν λεπτομερέστερα στο επόμενο Κεφάλαιο.

2.2 ANEMΟΣ

Ως **άνεμος** χαρακτηρίζεται ο ατμοσφαιρικός αέρας ο οποίος ευρίσκεται σε κίνηση με έντονη οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητάς του.

Η κίνηση του αέρα προέρχεται από την ύπαρξη διαφοράς στην ένταση της ατμοσφαιρικής πίεσεως μεταξύ δύο γειτονικών περιοχών. Η διαφορά αυτή της ατμοσφαιρικής πίεσεως οφείλεται στην διαφορετική θερμοκρασία του αέρα στις εν λόγω περιοχές η οποία επηρεάζει αναλόγως την πυκνότητά του. Τέλος, οι διαφορές στην θερμοκρασία του αέρα οφείλονται αφ' ενός στο ανομοιόμορφο και ανομοιογενές της επιφάνειας της γης και αφ' ετέρου στην ανομοιόμορφη κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας σ' αυτήν.

Ο άνεμος χαρακτηρίζεται από την ταχύτητα και την διεύθυνσή του.

Η ταχύτητα εκφράζεται, αναλόγως του μεγέθους της ή της σκοπιμότητας χρήσεώς της, σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο, [m/s], σε χιλιόμετρα ανά ώρα, [km/hr], ή σε κόμβους, [kn], όπου $1 \text{ kn} = 1.85 \text{ km/hr}$. Η μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου γίνεται με τα **Ανεμόμετρα**, τα συνηθέστερα των οποίων φέρουν 3 ή 4 ημισφαιρικά πτερύγια, σε διάταξη τριγώνου ή σταυρού, τα οποία στρέφονται περί κατακόρυφο άξονα.

Παλαιότερα, αλλά σε περιορισμένη κλίμακα ακόμη και σήμερα, χρησιμοποιούνταν για την υποδήλωση της ταχύτητας του ανέμου η **κλίμακα Beaufort** ή **ανεμομετρική κλίμακα**. Αυτή βασίζεται στην φαινόμενη επίδραση του ανέμου σε ορισμένα αντικείμενα στην ξηρά (όπως είναι ο καπνός, τα φύλλα και οι κλάδοι των δένδρων, οι στέγες οικιών και άλλα) ή στην επιφάνεια της θάλασσας (όπως είναι οι προκαλούμενοι σ' αυτήν κυματισμοί). Ο Πίνακας 2.1 παρέχει την κλίμακα Beaufort με την ονομασία των αντιστοιχών κατά την ένταση ανέμων, τις ενδείξεις της επιδράσεως αυτών στην ξηρά και την αντιστοιχία των βαθμών της κλίμακας προς την ταχύτητα του ανέμου εκφρασμένη σε km/hr ή σε κόμβους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

ΚΑΙΜΑΚΑ BEAUFORT ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΕΣ

Αριθμός κλίμακας Beaufort	Όνομασία ανέμου		Ταχύτητα ανέμου		Ενδείξεις της επιδράσεως του ανέμου στην ξηρά
	Διεθνής	Ελληνική	[km/hr]	[kn]	
0	Calm	Νηνεμία	< 1	< 1	Άπνοια. Ο καπνός ανυψώνεται κατακορύφως.
1	Light air	Υποπνέων	1 - 5	1 - 3	Η διεύθυνση του ανέμου δείχνεται από την απόκλιση του ανιχνούμενου καπνού. Ο ανεμοδείκτης παραμένει ακίνητος.
2	Light breeze	Ασθενής	6 - 11	4 - 6	Αισθητός στο πρόσωπο, θρόισμα των φύλλων, κίνηση ανεμοδείκτη.
3	Gentle breeze	Λεπτός	12 - 19	7 - 10	Φύλλα και μικροί κλάδοι σε συνεχή κίνηση. Ξεδιπλώμα μικρής σημαίας.
4	Moderate breeze	Μέτριος	20 - 29	11 - 16	Σηκώνει σκόνη και φύλλα χαρτιού. Κινεί μικρούς κλάδους δένδρων. Κυμάτισμα σημαίας.
5	Fresh breeze	Λαμπρός	30 - 39	17 - 21	Μικρά δένδρα με φύλλα αρχίζουν να λυγίζουν. Σχηματισμός κυματιδίων σε μεσόγεια νερά.
6	Strong breeze	Ισχυρός	40 - 50	22 - 27	Μεγάλοι κλάδοι δένδρων σε κίνηση. Σφύριγμα των τηλεγραφικών συρμάτων. Η ομπρέλλα χρησιμοποιείται με δυσκολία.
7	Near gale	Σφοδρός	51 - 61	28 - 33	Κινεί ολόκληρα δένδρα. Το βράδισμα ανιθέτως προς τον άνεμο γίνεται με δυσκολία.
8	Gale	Θυελλώδης	62 - 74	34 - 40	Σπάζει κλαδιά δένδρων. Παρεμποδίζει το βράδισμα.
9	Strong gale	Θυελλα	75 - 87	41 - 47	Ελαφρές ζημιές στις οικοδομές.
10	Storm	Ισχυρή θυελλα	88 - 102	48 - 55	Ξεριζώνει δένδρα και προκαλεί σημαντικές ζημιές στις οικοδομές.
11	Violent storm	Σφοδρή θυελλα	103 - 116	56 - 63	Προκαλεί εκτεταμένες ζημιές.
12	Hurricane	Τυφώνας	≥ 117	≥ 64	Εξαιρετικά σοβαρές καταστροφές.

Η διεύθυνση του ανέμου καθορίζεται από το σημείο του ορίζοντα από το οποίο προέρχεται ο άνεμος. Για τον σκοπό αυτόν ο ορίζοντας διαιρείται σε 16 τομείς των 22.5° ο καθένας με ονομασία όπως Β, ΒΒΑ, ΒΑ, ΑΒΑ, Α κλπ. Με αφετηρία τον Βορρά, το κέντρο κάθε τομέα μετατοπίζεται σε σχέση με το κέντρο του προηγούμενου τομέα κατά 22.5° . Το Σχ. 2.1 δείχνει ένα τυπικό **ανεμολόγιο**, ήτοι ένα ακτινωτό διάγραμμα, χρησιμοποιούμενο παλαιότερα στους ναυτικούς χάρτες, το οποίο δείχνει τις διευθύνσεις και την ονομασία των ανέμων.

Η δημιουργία των ανέμων οφείλεται είτε στα γενικότερα αίτια αναταραχής της ατμόσφαιρας, για τα οποία θα γίνει λόγος κατωτέρω, ή σε τοπικά αίτια με τα οποία προκαλούνται οι **τοπικοί άνεμοι**. Έτσι, η θαλάσσια και η απόγειος αύρα και οι αύρες των ορέων και των κοιλάδων προκύπτουν ως αποτέλεσμα της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ γειτονικών περιοχών κατά την διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Η διεύθυνση των τοπικών ανέμων επηρεάζεται σημαντικά από το ανάγλυφο της ξηράς.

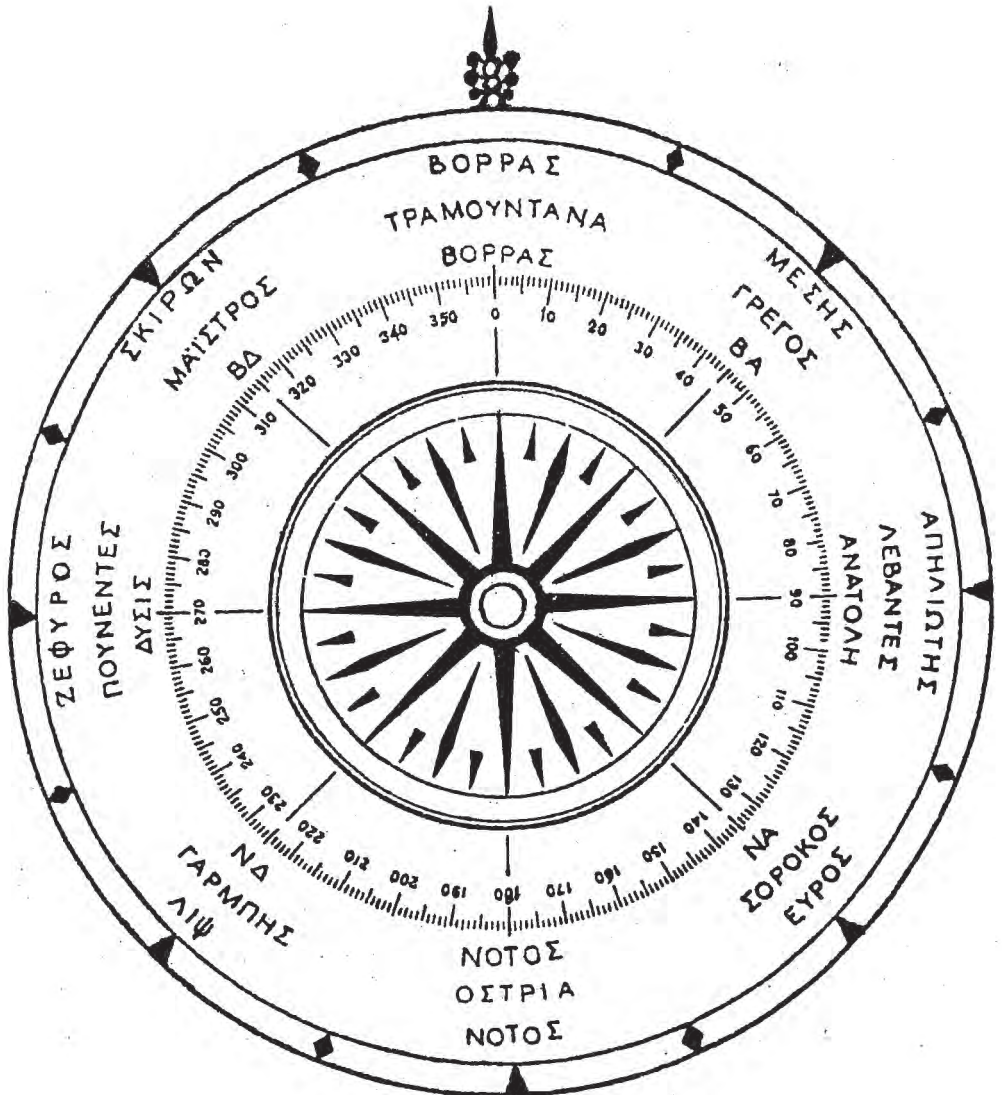
Η ταχύτητα του ανέμου στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι μειωμένη λόγω των αντιστάσεων τις οποίες προβάλλουν η επιφάνεια της γης, τα δένδρα και τα διάφορα άλλα εμπόδια. Δημιουργούνται έτσι τριβές, η επίδραση των οποίων φθάνει μέχρις ύψους 600 m περίπου. Αποτέλεσμα αυτών είναι η δημιουργία ενός (οριακού) **στρώματος τριβών** εντός του οποίου η κατανομή της ταχύτητας του ανέμου κατά την κατακόρυφο ακολουθεί τον λογαριθμικό νόμο

$$\frac{\bar{v}}{v_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \quad (z \geq z_0) \quad (2.1)$$

ή τον εκθετικό νόμο

$$\frac{\bar{v}}{v_1} = \left(\frac{z}{z_1} \right)^m \quad (2.2)$$

όπου \bar{v} = η μέση ταχύτητα του ανέμου στο ύψος z υπεράνω της



Σχ. 2.1 Ανεμολόγιο.

Οι οκτώ κύριες διευθύνσεις του ορίζοντα (εσωτερικός κύκλος) και οι ονομασίες των αντίστοιχων ανέμων: αρχαία ελληνική (εξωτερικός κύκλος) και λαϊκή ναυτική (μεσαίος κύκλος).

επιφάνειας του εδάφους, $\kappa = \eta$ σταθερά του Von Karman ίση περίπου προς 0.40, $z_0 =$ το **ύψος τραχύτητας** το οποίο αποτελεί μέτρο της τραχύτητας της επιφάνειας και προφανώς είναι το ύψος στο οποίο η ταχύτητα μηδενίζεται, $u_* = \sqrt{\tau / \rho}$ είναι η **ταχύτητα τριβής**, $\tau = \eta$ διατμητική τάση, $\rho = \eta$ πυκνότητα του αέρα, $m =$ μία σταθερά με τιμή λαμβανόμενη ίση προς 1/7 και $u_1 = \eta$ ταχύτητα στο ύψος z_1 .

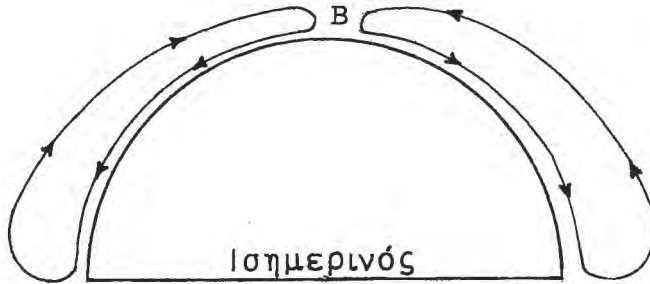
2.3 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας του συστήματος γη - ατμόσφαιρα και καθορίζει τον καιρό και το κλίμα των διαφόρων περιοχών της γης σε συνδυασμό με την φύση και το ανάγλυφο της επιφάνειάς της. Έτσι, ενώ για μια επαρκώς μεγάλη χρονική περίοδο υφίσταται ένα ισοζύγιο μεταξύ της προσλαμβανόμενης από το σύστημα και της αποβαλλόμενης από αυτό ενέργειας, αντιθέτως για δεδομένη χρονική στιγμή και θέση το ισοζύγιο αυτό σπανίως πραγματοποιείται. Η ανεπάρκεια αυτή του ισοζυγίου ενέργειας αποτελεί την κύρια αιτία των καιρικών μεταβολών.

2.4 ΓΕΝΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

Εάν η Γη ήταν μια ακίνητη σφαίρα, η κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα θα οφείλονταν μόνο στις τυχόν υπάρχουσες θερμοκρασιακές διαφορές. Ως συνέπεια της μεγαλύτερης ποσότητας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις περί τον Ισημερινό περιοχές ο εκεί αέρας θερμαίνεται περισσότερο, γίνεται ελαφρότερος και τείνει να ανέλθει. Τον ανερχόμενο αέρα τείνει να αναπληρώσει αέρας προερχόμενος από μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Αποκαθίσταται, έτσι, μια απλή κυκλοφορία όπως φαίνεται στο Σχ. 2.2.

Ως συνέπεια της περιστροφικής κινήσεως της Γης, στις αέριες

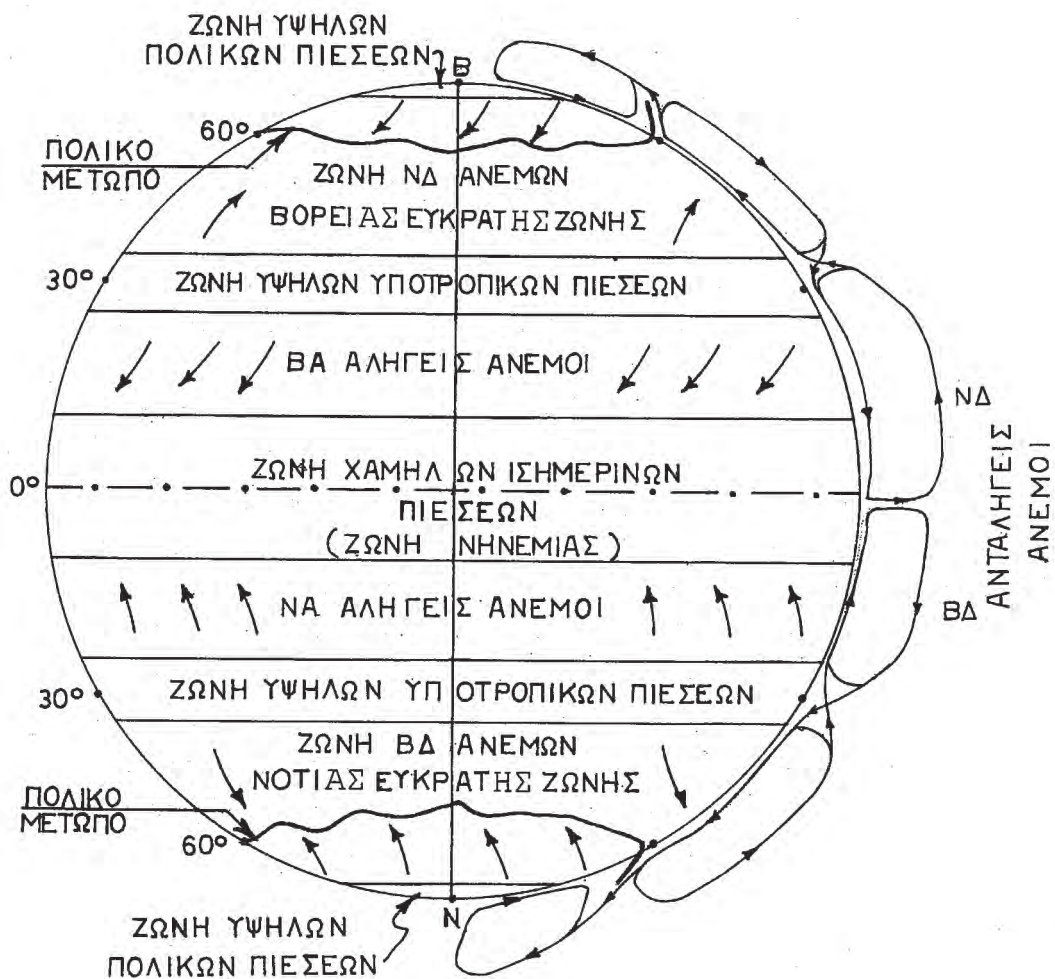


Σχ. 2.2 Απλή θερμοκρασιακή κυκλοφορία σε μη περιστρεφόμενη Γη.

μάζες επενεργεί η καλούμενη **δύναμη Coriolis**. Αυτή έχει πάντοτε διεύθυνση κάθετο προς την διεύθυνση κινήσεως και φορά προς τα δεξιά αυτής στο Β. ημισφαίριο και προς τα αριστερά της στο Ν. ημισφαίριο. Με την επίδραση της δυνάμεως Coriolis και άλλων μη ακόμη γνωστών αιτιών, η ατμοσφαιρική κυκλοφορία για την περίπτωση ομαλής και ομοιόμορφης επιφάνειας της Γης διαμορφώνεται όπως δείχνεται στο Σχ. 2.3.

Ο θερμός αέρας της περί την Ισημερινή ζώνη περιοχής, ανερχόμενος λόγω της μικρότερης πυκνότητάς του, τρέπεται προς τους πόλους στο ύψος της τροπόσφαιρας δημιουργώντας έτσι τους **ανταληγείς ανέμους**. Ο αέρας που κατευθύνεται προς τον Β. πόλο εκτρέπεται προς τα δεξιά του, λόγω της δυνάμεως Coriolis, και λαμβάνει έτσι κατεύθυνση από ΝΔ προς ΒΑ. Στην περιοχή του 30ού παραλλήλου, ως αποτέλεσμα επαρκούς ψύξεως, ο αέρας των ανταληγών ανέμων κατέρχεται προς την επιφάνεια της Γης με συνέπεια την δημιουργία στην περιοχή αυτή μιας ζώνης υψηλών υποτροπικών πιέσεων.

Μέρος του κατερχόμενου αέρα κατευθύνεται προς Νότο υπό την μορφή των ΒΑ **αληγών ανέμων**, κλείοντας έτσι το περί τον ισημερινό κύκλωμα. Το προς Βορρά εκτρεπόμενο ρεύμα του κατερχόμενου αέρα αποτελεί τους ΝΔ **ανέμους της εύκρατης ζώνης**.



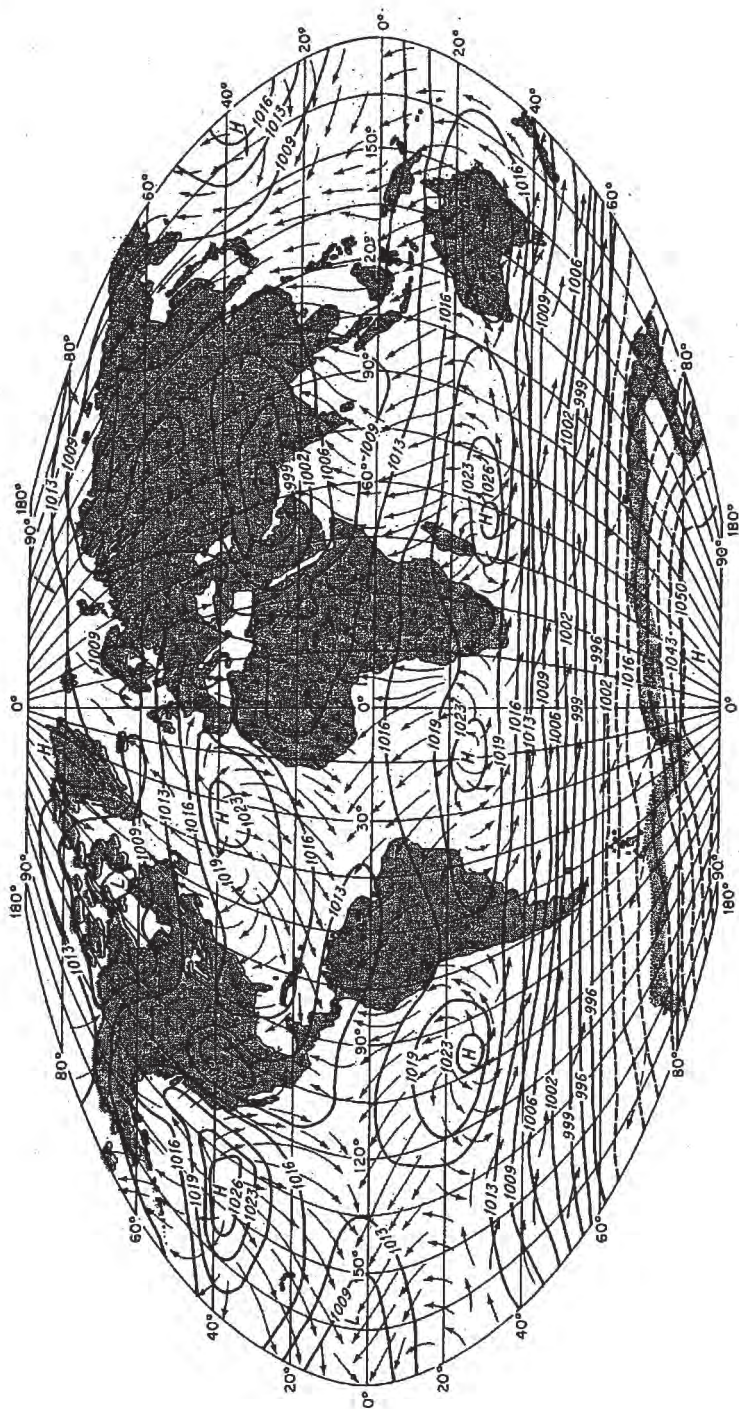
Σχ. 2.3 Σχηματική παράσταση ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας σε Γη με ομαλή και ομοιόμορφη επιφάνεια.

Στην περί τον 60ό παράλληλο περιοχή οι άνεμοι αυτοί συναντούν τον από την βόρεια πολική ζώνη των υψηλών πιέσεων προερχόμενο και προς ΝΔ κατευθυνόμενο ψυχρότερο πολικό αέρα και δημιουργούν το καλούμενο **πολικό μέτωπο**. Στην περιοχή αυτή δημιουργείται μια δεύτερη ζώνη χαμηλών πιέσεων η οποία χαρακτηρίζεται από ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις σημαντικού ύψους όπως συμβαίνει και με την περί τον Ισημερινό ζώνη. Αντιθέτως, οι ζώνες των υψηλών υποτροπικών και πολικών πιέσεων χαρακτηρίζονται από μικρά ύψη ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων.

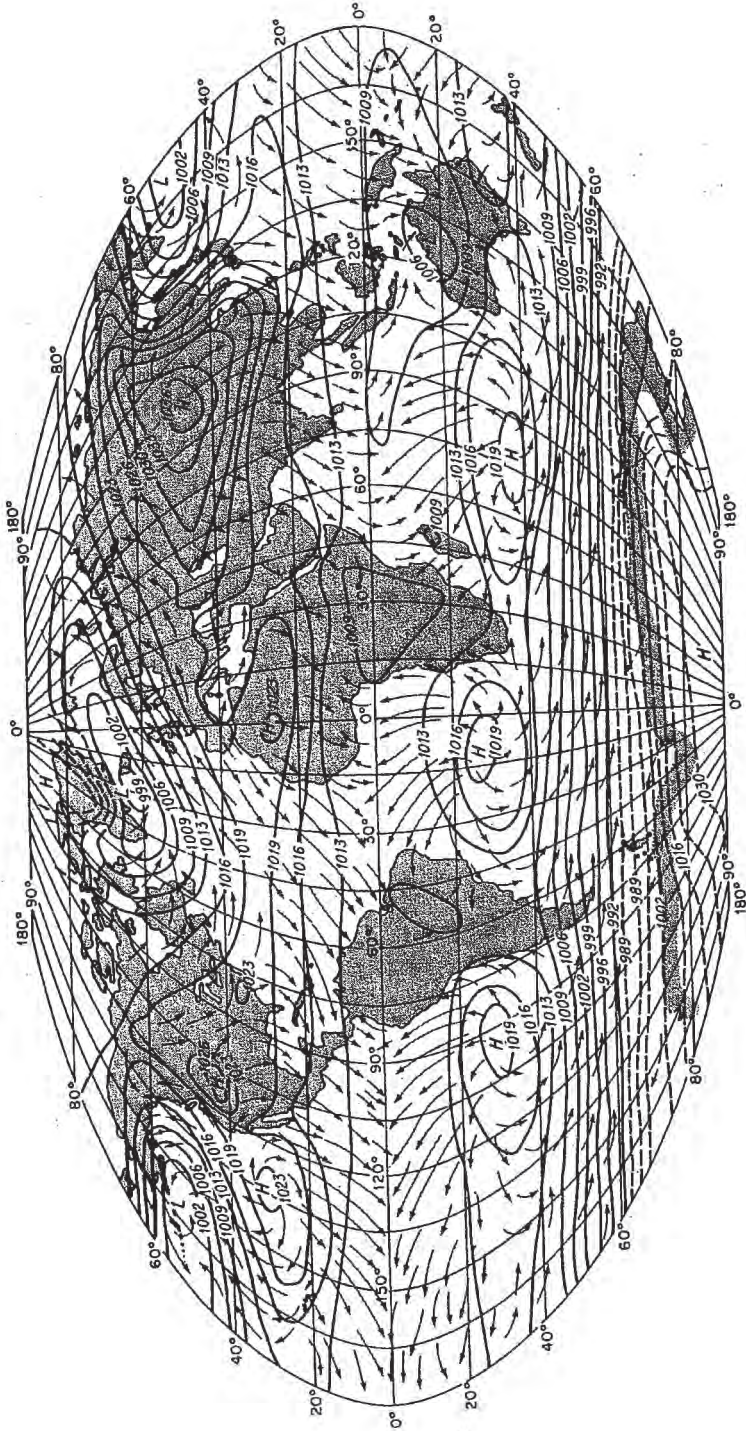
Ανάλογος είναι η ατμοσφαιρική κυκλοφορία και στο Ν. ημισφαίριο με μόνη διαφορά στην διεύθυνση των ανέμων η οποία προκαλείται από την επίδραση της δυνάμεως Coriolis.

Έτσι, τελικώς, σε κάθε ημισφαίριο διακρίνουμε τρία κυκλώματα κυκλοφορίας του ατμοσφαιρικού αέρα με δύο ζώνες υψηλών πιέσεων και μια ζώνη χαμηλών πιέσεων (στην περιοχή του πολικού μετώπου) πέρα από τη ζώνη των χαμηλών πιέσεων του Ισημερινού.

Η ως άνω τυπική διανομή των ζωνών χαμηλών και υψηλών πιέσεων και των ανέμων οι οποίοι δημιουργούνται υφίσταται σημαντικές τροποποιήσεις λόγω της επιδράσεως της ανομοιογένειας της επιφάνειας της Γης και του ανάγλυφου αυτής. Έτσι, οι διαφορές μεταξύ εδάφους και νερού ως προς την εδική θερμότητα, την ανακλαστικότητα και τις ιδιότητες μίξεως καθώς και η παρεμπόδιση της κινήσεως του αέρα από τα υψηλά όρη, προκαλούν σημαντικές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ της ξηράς και των μεγάλων υδάτινων μαζών. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω προκύπτει ότι κατά την διάρκεια του χειμώνα υπάρχει η τάση συγκεντρώσεως μαζών ψυχρού αέρα υπεράνω των ηπείρων και μαζών θερμότερου αέρα υπεράνω των ωκεανών. Το αντίστροφο παρατηρείται κατά την διάρκεια του θέρους. Τοιουτοτρόπως, η συνέχεια των ζωνών υψηλών και χαμηλών πιέσεων διακόπτεται και εμφανίζονται μεμονωμένα κέντρα χαμηλών και υψηλών πιέσεων, περίπου κυκλικής μορφής, τα οποία ονομάζονται, αντιστοίχως, **κυκλώνες** και **αντικυκλώνες** (Σχ. 2.4).



Σχ. 2.4α Διανομή της μέσης μηνιαίας ατμοσφαιρικής πίεσεως ανηγμένης στην επιφάνεια της θάλασσας, [mb]. Μήνας Ιούλιος.



Σχ. 2.4β Διανομή της μέσης μηνιαίας ατμοσφαιρικής πίεσως ανηγμένης στην επιφάνεια της θάλασσας, [mb]. Μήνας Ιανουάριος.




2.5 ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΚΑΙΡΟΥ

Ως **αέρια μάζα** χαρακτηρίζεται μια πελωρίων διαστάσεων μάζα αέρα της οποίας οι φυσικές ιδιότητες (κυρίως η θερμοκρασία και η υγρασία) είναι κατά το μάλλον ή ήττον ομοιόμορφες κατά την οριζόντια κατεύθυνση, οι μεταβολές όμως αυτών είναι απότομες στα όρια μεταξύ γειτονικών μαζών. Οι φυσικές ιδιότητες των αερίων μαζών αντανακλούν το κλίμα των γεωγραφικών περιοχών στις οποίες σχηματίστηκαν. Τέτοιες περιοχές, καλούμενες πηγές των αερίων μαζών, είναι για το Β. ημισφαίριο: οι αρκτικές περιοχές, οι υπο-πολικές ηπειρωτικές περιοχές (μεταξύ 50°-70° Β. γεωγραφικού πλάτους) και οι τροπικές θαλάσσιες και ηπειρωτικές ζώνες των υψηλών πιέσεων.

Μια αέρια μάζα μετακινούμενη έξω από την περιοχή σχηματισμού της χαρακτηρίζεται ως **θερμή** ή **ψυχρή** αναλόγως του εάν είναι θερμότερη ή ψυχρότερη της επιφάνειας υπεράνω της οποίας κινείται.

Ως **μέτωπο** χαρακτηρίζεται η τομή με το έδαφος της μετωπικής επιφάνειας, δηλαδή της μεταβατικής ζώνης μεταξύ δύο γειτονικών, αλλά διαφορετικών ως προς τα χαρακτηριστικά των, αερίων μαζών οι οποίες είναι συγκλίνουσες, ήτοι η μία κινείται προς την άλλη προκαλώντας την εκτόπισή της. Η ύπαρξη αμφοτέρων των δύο ως άνω όρων, ήτοι της διαφορετικότητας των χαρακτηριστικών των αερίων μαζών και της συγκλίσεως αυτών, αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την δημιουργία ενός μετώπου.

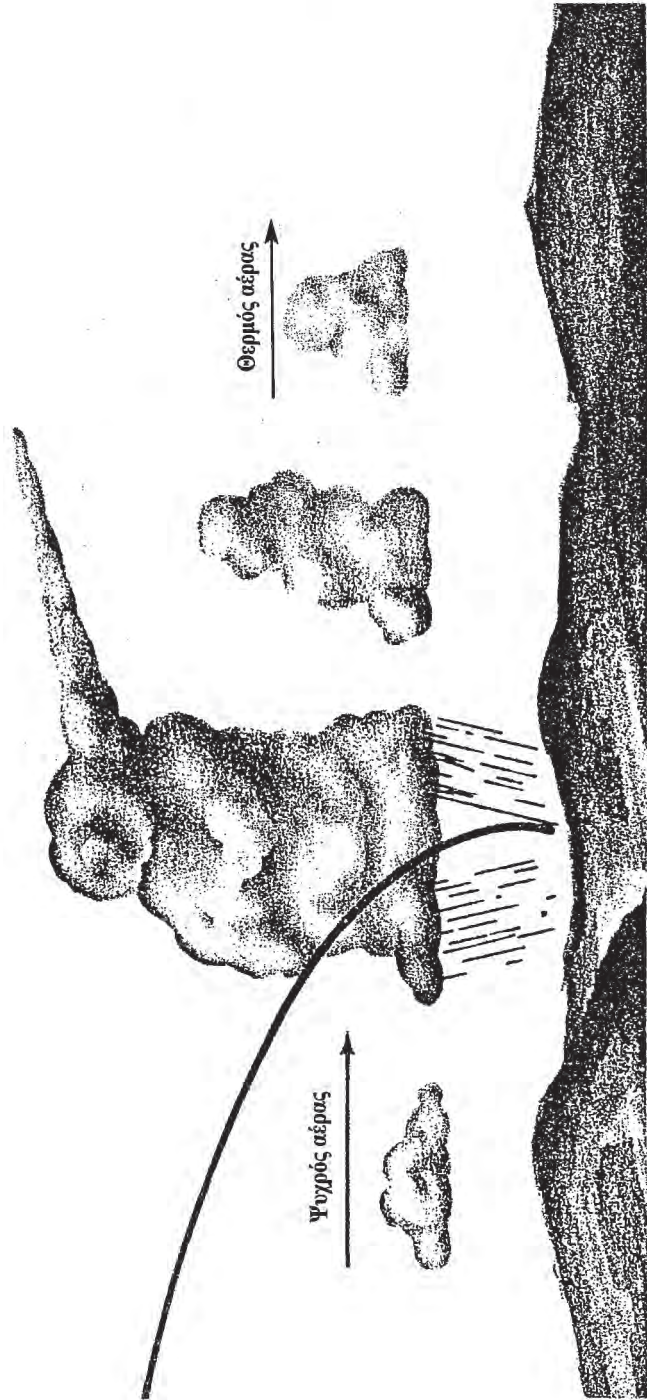
Γενικώς, ο θερμότερος αέρας έχει την τάση να ανέρχεται υπεράνω του ψυχρότερου αέρα ο οποίος έτσι σχηματίζει μια σφήνα κάτω από τον πρώτο. Υπό συνθήκες συνθήκες η κλίση της μεταβατικής ζώνης μεταξύ δύο γειτονικών αερίων μαζών είναι της τάξεως του 1:100. Λόγω της ανοδικής κινήσεως του θερμότερου αέρα, αυτός ψύχεται λόγω εκτονώσεως με αποτέλεσμα να σχηματισθούν νέφη και να προκληθεί βροχή.

Τα μέτωπα διακρίνονται αναλόγως με την μετακίνησή των. Έτσι, **ψυχρό μέτωπο** (cold front, παριστώμενο ως ) ονομάζεται εκείνο στο οποίο ο ψυχρός αέρας αντικαθιστά τον θερμότερο αέρα, ενώ στο **θερμό μέτωπο** (warm front, παριστώμενο ως ) συμβαίνει το αντίθετο. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο ψυχρότερος αέρας, επειδή κινείται ταχύτερα, αντικαθιστά πλήρως τον θερμότερο αέρα πλησίον της επιφάνειας του εδάφους οπότε η διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ των δύο αερίων μαζών, θεωρητικώς δε και το μέτωπο, μεταφέρεται ψηλότερα στην ατμόσφαιρα. Προκύπτει έτσι το καλούμενο **αφανές, ανώτερο ή συνεσφιγμένο μέτωπο** (occluded front, παριστώμενο ως ) .

Τα Σχ. 2.5, 2.6 και 2.7 παριστάνουν σε κατακόρυφη τομή τις συνθήκες οι οποίες υφίστανται κατά την εμφάνιση, αντιστοίχως, ενός ψυχρού, ενός θερμού ή ενός συνεσφιγμένου μετώπου. Επί πλέον, στα Σχήματα αυτά παριστάνονται ενδεικτικώς τα κυριότερα καιρικά φαινόμενα, τα οποία συνοδεύουν της εμφάνιση των ως άνω μετώπων, όπως θα εξηγηθεί στην σχετική με τον σχηματισμό των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων παράγραφο του Κεφαλαίου 3.

Ο **κυκλώνας** ή **ύφεση** είναι μια μεγάλης εκτάσεως κατά το μάλλον ή ήττον κυκλική περιοχή με χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση, η οποία βαίνει αυξανόμενη από το κέντρο προς την περιφέρεια. Ως εκ τούτου, ο αέρας τείνει να κινηθεί από την περιφέρεια προς το κέντρο, λόγω όμως της δυνάμεως Coriolis αποκτά στροβιλοειδή κίνηση κατά φορά αντίθετο της κινήσεως των δεικτών του ωρολογίου (αριστερόστροφα) για το Β. ημισφαίριο. Ως συνέπεια της ανοδικής κινήσεως του αέρα, η οποία υπό τις συνθήκες αυτές αποτελεί την μοναδική διέξοδο, οι κυκλώνες συνοδεύονται από έντονες νεφώσεις και βροχόπτωση.

Οι κυκλώνες οι οποίοι εμφανίζονται στα μικρά γεωγραφικά πλάτη καλούνται **τροπικοί κυκλώνες** και ενίοτε εξελίσσονται σε **τυφώνες** (typhoon, hurricane) ήτοι σε ένα πολύ ισχυρό κυκλώνα με μικρή σχετικώς διάμετρο (150-500 km), ραγδαίες βροχοπτώσεις και καταστρεπτικούς ανέμους.



Σχ. 2.5 Κατάσταση δημιουργίας ψυχρού μετώπου σε κατακόρυφη τομή.