

## 1. Εισαγωγή

### 1.1. Ιστορική ανασκόπηση

Η Γη περιβάλλεται από παντού από στρώμα αέρα το οποίο ονομάζεται ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα αποτελεί ένα σώμα με τη Γη και μετέχει σ'όλες τις κινήσεις της. Μέσα στην ατμόσφαιρα γίνονται πολλά φυσικά φαινόμενα τα οποία ονομάζονται μετεωρολογικά φαινόμενα και ο κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με τα φαινόμενα αυτά ονομάζεται Μετεωρολογία.

Ασφαλώς τα πρώτα φυσικά φαινόμενα που εντυπωσίασαν και κίνησαν την προσοχή και το ενδιαφέρον των ανθρώπων είναι τα αστρονομικά και τα μετεωρολογικά, αλλά για χιλιάδες χρόνια οι παρατηρήσεις των φαινομένων αυτών ήταν μεμωνομένες και τυχαίες, δεν καταγράφονταν και ξεχνιόνταν.

Στην αρχαία Ελληνική θρησκεία, τα μετεωρολογικά φαινόμενα βρίσκονται κάτω από την κυρίαρχη θέληση των θεών ή ακόμα είναι τα ίδια θεοί. Στους παλαιότερους συγγραφείς όπως π.χ στον Όμηρο (9ος π.Χ. αιώνας) τα φαινόμενα αυτά είναι εκδηλώσεις της θέλησης των θεών. Η πρώτη επιστημονική κίνηση

για παρατήρηση και εξήγηση διάφορων φαινομένων της ατμόσφαιρας έγινε τον 5ο π.Χ. αιώνα στην Ελλάδα όπου μετά από συστηματική παρακολούθηση των στοιχείων του καιρού οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι και αστρονόμοι μπόρεσαν να ερμηνεύσουν διάφορα από τα μετεωρολογικά φαινόμενα και τότε έγινε η πρώτη στοιχειώδης πρόγνωση καιρού με τη σύνταξη ημερολογίων που είναι γνωστά σαν "παραπήγματα" και την καθημερινή τους έκθεση στην "Αγορά" της πόλεως. Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) στο σύγγραμμά του "περί μετεώρων" που αποτελείται από 4 βιβλία περιλαμβάνει το σύνολο σχεδόν των γνωστών σήμερα μετεωρολογικών φαινομένων.

Από την εποχή εκείνη μέχρι την επινοήση του θερμόμετρου (1585), του βροχόμετρου (1639), του βαρόμετρου (1643) και μιά ουσιαστική πρόοδος δε σημειώθηκε στην επιστήμη της Μετεωρολογίας. Η ανακάλυψη των οργάνων αυτών αποτέλεσε ένα σημαντικό σταθμό στην επιστήμη αυτή και την ακολούθησε η κατασκευή και άλλων οργάνων όπως του υγρόμετρου, του ανεμόμετρου (1667) και άλλων. Οι πρώτοι συνοπτικοί χάρτες καιρού έγιναν από το Γερμανό μετεωρολόγο Brandes (1820) και αυτό ήταν ένας σημαντικός σταθμός στην ιστορία της θεωρητικής και εφαρμοσμένης Μετεωρολογίας.

Η νεώτερη Μετεωρολογία έχει την αρχή της στις ζημιές που έπαθε ο γαλλικός στόλος τη 14η Νοεμβρίου 1854 μπροστά στη

Σεβαστούπολη κατά τον Κριμαϊκό πόλεμο, από μιά σφοδρή κακοκαιρία. Τότε μετά από ερώτημα που τέθηκε από το Υπουργείο Στρατιωτικών της Γαλλίας ο διευθυντής του Αστεροσκοπείου των Παρισίων Le Verrier αφού συγκέντρωσε παρατηρήσεις από περισσότερους των 200 μετεωρολογικών σταθμών της Ευρώπης διαπίστωσε ότι η κακοκαιρία προερχόταν από τον Ατλαντικό ωκεανό και είχε φτάσει στον Εύξεινο Πόντο αφού πέρασε ολόκληρη την Εύρωπη. Μιά διαπίστωση που έκανε ο Le Verrier ήταν ότι η πρόοδος της Μετεωρολογίας και ιδιαίτερα της πρόγνωσης του καιρού εξαρτάτο από τον αριθμό των σύγχρονων παρατηρήσεων των διάφορων στοιχείων του καιρού σε όσο το δυνατό περισσότερους τόπους και την άμεση αποστολή τους σε ειδικά μετεωρολογικά κέντρα. Έτσι ο Le Verrier υπήρξε ο θεμελιωτής των δικτύων των μετεωρολογικών Σταθμών και των μετεωρολογικών Υπηρεσιών. Μετά από λίγους μήνες ιδρύθηκε στο Αστεροσκοπείο των Παρισίων Μετεωρολογική Υπηρεσία και συγχρόνως ιδρύθηκαν αντίστοιχες υπηρεσίες και σε άλλες χώρες όπως στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, στην Αγγλία, στην Ολλανδία. Οι όροι της συνεργασίας μεταξύ των παραπάνω μετεωρολογικών υπηρεσιών καθορίστηκαν στα διεθνή συνέδρια της Βιέννης (1873), της Ρώμης (1879), του Μόναχου (1891) και του Παρισιού (1896). Το 1878 ιδρύθηκε ο Διεθνής Μετεωρολογικός Οργανισμός ο οποίος το 1950 μετονομάστηκε σε Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (World Meteorological

Organisation W.M.O.).

Στο τέλος του 19ου και στις αρχές του 20ου αιώνα για να μελετήσουν τις συνθήκες της ελεύθερης ατμόσφαιρας σε διάφορα ύψη ύψωναν αερόστατα, μετεωρολογικούς αετούς και βολιδαερόστατα. Στις αρχές του 20ου αιώνα σημειώνεται ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα, η ανακάλυψη της στρατόσφαιρας από τον Teisserence de Bort. Η ανακάλυψη από τον Molchanoff (U.S.S.R) το 1927 των ραδιοβολίδων (radiosondes) αποτέλεσε πραγματική επανάσταση στο σύστημα μετρήσεων της ανώτερης ατμόσφαιρας. Το όργανο αυτό το βελτίωσαν ο Bureau (Γαλλία) και ο Väisälä (Φινλανδία) για να καταλήξει σε ένα όργανο που μπορεί να αντιμετωπίσει όλες τις καιρικές συνθήκες και το οποίο δίνει την πίεση, τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα.

Στην πρόοδο της Μετεωρολογίας συνέβαλε πολύ ο πρώτος παγκόσμιος πόλεμος και ιδίως η χρησιμοποίηση των αεροπλάνων και των ασφυξιογόνων αερίων. Στη διάρκεια του μεσοπολέμου αναπτύχθηκαν οι θεωρίες της Νορβηγικής Σχολής (για τις ατμοσφαιρικές διαταράξεις, για τη δημιουργία και εξέλιξη των υφέσεων και για τις μετωπικές επιφάνειες) διατυπώθηκε η θεωρία των αερίων μαζών και του σχηματισμού της βροχής, πραγματοποιούνται ιονοσφαιρικές μητρήσεις και εμφανίζονται θεωρητικές έρευνες πάνω σέ προβλήματα της μηχανικής των συστημάτων πίεσεως και της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας.

Ο δεύτερος Παγκόσμιος πόλεμος υπήρξε μιά περίοδος μεγάλης προόδου για τη Μετεωρολογία. Από τότε σημειώθηκε μεγάλη εξέλιξη με τη χρήση των πυραύλων, του radar, των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των δορυφόρων. Τεράστια ήταν η συμβολή στην πρόοδο της Μετεωρολογίας των παρατηρήσεων και των πειραμάτων που έγιναν κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Γεωφυσικού Έτους (1.7.57-31.12.58) που αποτελεί τη μεγαλύτερη μέχρι σήμερα επιστημονική εκστρατεία στην ιστορία της ανθρωπότητας. Μεταξύ των αποτελεσμάτων από τις έρευνες αυτές μπορούμε να αναφέρουμε την ανακάλυψη των ζωνών Van Allen, τη διαπίστωση της έκτασης και των λειτουργιών της μαγνητόσφαιρας, της ιονόσφαιρας και της ανώτατης ατμόσφαιρας.

Στις 4.1.1960 τέθηκε σε τροχιά ο πρώτος μετεωρολογικός δορυφόρος TIROS 1 (Η.Π.Α.) και από τότε εκτοξεύτηκαν τόσο από τους Αμερικανούς όσο και από τους Ρώσους (σειρά COSMOS) πλήθος μετεωρολογικών δορυφόρων. Οι δορυφόροι αυτοί μας στέλνουν κάθε μέρα πολλές φωτογραφίες της γήινης επιφάνειας και των νεφικών συστημάτων που καλύπτουν ορισμένες περιοχές της και το υλικό αυτό είναι εξαιρετικά πολύτιμο στην καθημερινή υπηρεσία του καιρού.

Σήμερα η Μετεωρολογία αναπτύσσεται με πολύ γρήγορο ρυθμό και η ανάπτυξη των μεθόδων της φυσικής έρευνας και των μαθηματικών εφαρμογών θα βοηθήσουν πάρα πολύ στη μεγαλύτερη πρό-

οδο της Μετεωρολογίας και στη λύση ενός μεγάλου αριθμού προβλημάτων που απασχολούν αυτούς που ασχολούνται με την επιστήμη του καιρού και του κλίματος, που και τα δύο αποτελούν ρυθμιστικό και αρκετές φορές καθοριστικό παράγοντα στη ζωή των ανθρώπων.

## 1.2. Σκοπός της Μετεωρολογίας

Στην ατμόσφαιρα της Γης γίνονται ένα πλήθος μηχανικών και θερμοδυναμικών λειτουργιών κατά τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε άλλες μορφές ενέργειας. Μιά συνεχής εναλλαγή θερμότητας και υγρασίας παρατηρείται ανάμεσα στις διάφορες περιοχές της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα τις μεταβολές της πίεσης και της θερμοκρασίας, τη δημιουργία ανέμων, το σχηματισμό νεφών και άλλων φαινομένων.

Οι σκοποί της Μετεωρολογίας μετά από όλα αυτά είναι:

1. Η απόκτηση ακριβών δεδομένων που χαρακτηρίζουν τα διάφορα φαινόμενα που γίνονται μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα και η περιγραφή τους ποσοτικά και ποιοτικά.
2. Η ανάλυση των δεδομένων αυτών και η ερμηνεία των φαινομένων και η διατύπωση νόμων που να διέπουν τις μεταβολές αυτές.

3. Με βάση τους νόμους αυτούς να αναπτυχθούν μέθοδοι για την ακριβή πρόγνωση των εξελίξεων των ατμοσφαιρικών λειτουργιών.
4. Η ειμετάλλευση των νόμων αυτών για τον έλεγχο κατά το δυνατό, των δυνάμεων που υπεισέρχονται και ρυθμίζουν τα φαινόμενα και τις διάφορες καταστάσεις της ατμόσφαιρας.

### 1.3. Κλάδος της Μετεωρολογίας

Οι σπουδαιότεροι κλάδοι της Μετεωρολογίας που δημιουργήθηκαν μέχρι σήμερα είναι:

1. Η "Δυναμική Μετεωρολογία" με κύριο σκοπό τη δημιουργία, με τη βοήθεια της θερμοδυναμικής υδροδυναμικής και αεροδυναμικής, θεωρητικών προτύπων των τροποσφαιρικών διεργασιών και την υποβολή τους σε πειραματικό έλεγχο. Η Δυναμική Μετεωρολογία αναφέρεται συχνά σαν "Θεωρητική Μετεωρολογία".
2. Η "Φυσική Μετεωρολογία" που ασχολείται κυρίως με τη χημική σύσταση και φυσική δομή της ατμόσφαιρας, με τους νόμους της ακτινοβολίας, με τα θερμοδυναμικά, ηλεκτρικά, οπτικά και ακουστικά φαινόμενα της ατμόσφαιρας καθώς και με τη δημιουργία των νεφών και των υδροαποβλημάτων. Υποδιαιρέσεις της Φυσικής Μετεωρολογίας είναι η "Φυσική των νεφών",





πους καιρού, τα βαρομετρικά συστήματα κ.α.

9. Η "Μεσομετεωρολογία" που εξετάζει τις διαταράξεις μικρότερης εκτάσεως από εκείνες που ελέγχει η "Μακρομετεωρολογία" και μεγαλύτερες από εκείνες για τις οποίες ενδιαφέρεται η "Μικρομετεωρολογία" όπως π.χ. είναι οι τροπικοί κυκλώνες, οι καταιγίδες, οι σίφωνες κ.α.

#### 1.4. Εφαρμοσμένη Μετεωρολογία

Η ατμόσφαιρα είναι το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζούν και κινούνται οι άνθρωποι και τα ζώα και αναπτύσσονται τα δέντρα και τα φυτά. Γι' αυτό ο καιρός αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα για μεγάλο αριθμό ανθρώπινων δραστηριοτήτων και επηρεάζει επίσης σημαντικά τόσο το ζωϊκό όσο και το φυτικό βασίλειο. Έτσι δημιουργήθηκαν ειδικοί κλάδοι "Εφαρμοσμένης Μετεωρολογίας" που ο καθένας τους εξυπηρετεί ένα ορισμένο τομέα της ζωής.

Σάν τέτοιους κλάδους μπορούμε να αναφέρουμε:

1. Τη "Γεωργική Μετεωρολογία" που ασχολείται με την εξέταση των προβλημάτων του αγρότη και του γεωργού από πλευράς καιρού.
2. Την "Αεροναυτική Μετεωρολογία" που εξετάζει τις ατμοσφαιρικές καταστάσεις που έχουν σημασία για την αεροπλοΐα και

τη ναυσιπλοΐα όπως την ορατότητα, νέφωση, ομίχλη, ανέμους, κατάσταση εδάφους κ.α.

3. Τη "Μετεωρολογία των μεταφορών" που εξετάζει τις συνθήκες εκείνες που επηρεάζουν σημαντικά τις θαλάσσιες και τις χερσαίες μεταφορές, όπως οι θύελλες, οι τροπικοί κυκλώνες, οι ομίχλες, οι βροχές, ο παγετός κ.α.
4. Τη "Μετεωροπαθολογία" που εξετάζει την επίδραση του καιρού και ιδιαίτερα των μεγάλων μεταβολών του στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς και την επίδραση του καιρού στην εκδήλωση και εξέλιξη διάφορων ασθενειών.
5. Την "Υδρομετεωρολογία". Ο κλάδος αυτός της Μετεωρολογίας μελετά την επίδραση διάφορων φαινομένων όπως η βροχή και η εξάτμιση σε διάφορα έργα όπως υδρολογικά, αρδευτικά, γεγυροβελτιωτικά κ.α.
6. Τη "Μετεωρολογία των Οικοδομών" αυτή εξετάζει τις συνθήκες φωτισμού, αερισμού, θερμάνσεως και κλιματιστικών εγκαταστάσεων κ.λ.π. των οικοδομών.
7. Τη "Ραδιομετεωρολογία" που τη δημιουργία της επέβαλε η μεγάλη ανάπτυξη των ραδιοτηλεπικοινωνιών και η επίδραση πάνω σ'αυτές των διάφορων μετεωρολογικών φαινομένων.
8. Τη "Δορυφορική Μετεωρολογία" η οποία ασχολείται με τη συλλογή-ταξινόμηση-ανάλυση και ερμηνεία των πληροφοριών που στέλνουν καθημερινά οι μετεωρολογικοί δορυφόροι.

9. Τη "Μετεωρολογία του Διαστήματος" που είναι κλάδος που διαμορφώνεται τώρα και εξετάζει τις σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ των λειτουργιών που συμβαίνουν στον Ήλιο και στην ατμόσφαιρα της Γης, το πρόβλημα της αρχής και της εξέλιξης της γήινης ατμόσφαιρας και άλλα θέματα που αναφέρονται στο κοσμικό διάστημα που είναι κοντά στη Γη.

#### 1.5. Σχέση της Μετεωρολογίας με άλλες επιστήμες

Η Μετεωρολογία είναι κλάδος των φυσικών επιστημών και συνδέεται στενά με τα Μαθηματικά, τη Φυσική και τη Χημεία, τις αρχές, τους νόμους και τις μεθόδους των οποίων χρησιμοποιεί και εφαρμόζει. Στενός σύνδεσμος υπάρχει μεταξύ "Μετεωρολογίας" και "Φυσικής Γεωγραφίας", "Αστρονομίας", "Αστροφυσικής", "Ωκεανογραφίας", "Φυσικής Χημείας", "Γεωδαισίας", "Υδρολογίας" και άλλων επιστημών.

#### 1.6. Καιρός και κλίμα

Ο καιρός και το κλίμα είναι οι δύο ρυθμιστικοί παράγοντες του συνόλου της ζωής ύλης πάνω στη Γη. Φυτά, ζώα και

άνθρωποι υφίστανται τη συνεχή επίδρασή τους. Κάτω από την επίδραση των καιρικών συνθηκών που επικράτησαν στο παρελθόν και μέχρι αυτές που επικρατούν σήμερα έχει διαμορφωθεί η μορφή της επιφάνειας του πλανήτη μας. Δηλαδή ο καιρός επιδρά ακόμα και στη μη ζώσα υλη.

"Καιρός" είναι η κατάσταση της ατμόσφαιρας, πάνω από μια περιοχή όπως αυτή χαρακτηρίζεται από τις τιμές των διάφορων μετεωρολογικών στοιχείων που αναφέρονται σε μια περιορισμένη χρονική περίοδο.

"Κλίμα" είναι το σύνολο των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών που προκύπτουν από τη συνεχή διαδοχή ανόμοιων καιρικών καταστάσεων σ' ένα τόπο.

Τον καιρό εξετάζει η "Μετεωρολογία" ενώ το κλίμα η "Κλιματολογία". Όπως στη Μετεωρολογία έτσι και στην Κλιματολογία δημιουργήθηκαν διάφοροι κλάδοι μεταξύ των οποίων σπουδαιότεροι είναι: Η Γενική, Φυσική, Δυναμική, Συνοπτική, Περιγραφική, Αεροναυτική, Γεωργική και Ιατρική Κλιματολογία, η Βιοκλιματολογία, Υδροκλιματολογία, Παλαιοκλιματολογία, Κλιματολογία της ελεύθερης ατμόσφαιρας, Ραδιοκλιματολογία και η Μακρο-Μεσο-Μικροκλιματολογία.

### 1.7. Σχέση της Μετεωρολογίας και των εργασιών του τοπογράφου Μηχανικού.

Το φυσικό περιβάλλον των γεωδαιτικών μετρήσεων είναι η ατμόσφαιρα της Γης και επειδή μέσα στην ατμόσφαιρα συμβαίνουν τα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα, είναι φυσικό τα φαινόμενα αυτά να επηρεάζουν τις μετρήσεις και γενικά τις εργασίες του Τοπογράφου Μηχανικού. Οι περισσότερες μετρήσεις της Γεωδαισίας είναι μετρήσεις γεωμετρικών μεγεθών π.χ. μηκών και γωνιών. Τα μεγέθη αυτά είναι στοιχεία γεωμετρικών σχημάτων που όταν επιλυθούν δίνουν τις θέσεις των σημείων της γήινης επιφάνειας. Τα σχήματα αυτά ορίζονται με πλευρές από οπτικές ακτίνες. Οι οπτικές ακτίνες αν για την επίλυση των σχημάτων θεωρούνται σαν ευθείες γραμμές στην πραγματικότητα όμως έφ'όσον διέρχονται από την ατμόσφαιρα παθαίνουν αλλοιώσεις που είναι:

1) Κάμψη και απόκλιση από την ευθύγραμμη διάδοση, 2) μεταβολή στην ταχύτητα διαδόσεως, 3) απώλεια της ισχύος της ακτινοβολίας. Οι αλλοιώσεις αυτές εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την πίεση.

Στις εργασίες υπαίθρου Ανωτέρας Γεωδαισίας που περιλαμβάνουν την ίδρυση Τριγωνομετρικών Δικτύων και μετρήσεις γεωμετρικών μεγεθών (γωνιών και πλευρών) η επίδραση των μετεωρολογικών συνθηκών στην ορατότητα και στην ακρίβεια των αναγωγών εί-

ναι πολύ έντονη και παίζει μεγάλο ρόλο τόσο στο μέγεθος των πλευρών του δικτύου, όσο και στην ακρίβεια των μετρήσεων των γωνιών (ιδιαίτερα των κατακόρυφων) και των πλευρών με τα σύγχρονα ηλεκτρονικά όργανα μετρήσεως των αποστάσεων. Όλες οι μετρήσεις με ηλεκτρονικά όργανα μετρήσεως των αποστάσεων E.D.M. (Electronic Distance Measurement) επηρεάζονται από τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Τέλος στην αναγνώριση που προηγείται κάθε άλλης τοπογραφικής-γεωδαιτικής εργασίας εκτός των άλλων απαραίτητων εργασιών που γίνονται παίρνουμε και πληροφορίες σχετικές με τον καιρό (βροχή, σύννεφα, αέρα κ.λπ.) της περιοχής των μετρήσεων για την καλύτερη οργάνωση των γεωδαιτικών εργασιών που θα ακολουθήσουν.

## 2. Η Ατμόσφαιρα

### 2.1. Η εξέλιξη της γήινης ατμόσφαιρας

Σύμφωνα με τις κοσμογονικές θεωρίες που επικρατούν σήμερα η Γη δημιουργήθηκε μαζί με τα άλλα μέλη του ηλιακού μας συστήματος και μαζί με τη Γη σχηματίστηκε και η ατμόσφαιρά της, γι' αυτό και η ιστορία της ατμόσφαιρας ταυτίζεται με την ιστορία της Γης.

Στα πρώτα στάδιά της η Γη ήταν εξαιρετικά θερμή και περιβαλλόταν από θερμά αέρια που αποτελούσαν μια μάζα πυκνή και μεγάλου πάχους. Το μεγαλύτερο μέρος των αερίων αυτών διέφυγε στο κοσμικό διάστημα λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της σχετικά μικρής μάζας της Γης. Λόγω αποβολής ποσού θερμότητας με την ακτινοβολία προς το ψυχρό κοσμικό διάστημα η Γη και η ατμόσφαιρά της ψύχονται προοδευτικά και άρχισε να σχηματίζεται ο φλοιός της και στην ατμόσφαιρά της λόγω της ψύξης και διάφορων χημικών διεργασιών άρχισαν να εμφανίζονται οι υδρατμοί, το άζωτο και το διοξείδιο του άνθρακα. Καθώς συνεχιζόταν η προοδευτική ψύξη, η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας έφτασε σε επίπεδα που έκα-

ναν δυνατή τη συνύπαρξη των υδρατμών και των υδροσταγονιδίων, και το σχηματισμό των πρώτων νεφών, τα οποία με το πέρασμα του χρόνου γίνονταν πυκνότερα και χαμηλότερα. Στο στάδιο αυτό άρχισαν οι πρώτες σταγόνες της βροχής να πέφτουν στην επιφάνεια της Γης για να εξατμιστούν όμως αμέσως, εξαιτίας της μεγάλης θερμοκρασίας που επικρατούσε πάνω στη Γη. Όταν όμως η θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης κατέβηκε αρκετά τότε άρχισαν συνεχείς κατακλυσμαίες βροχές που σχημάτισαν έτσι χειμάρρους και ποταμούς που διάβρωσαν τις ηπείρους και σχημάτισαν τις πρώτες λίμνες, θάλασσες και ωκεανούς. Στην περίοδο αυτή μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα εξαφανίστηκε από την ατμόσφαιρα είτε γιατί διαλύθηκε στα νερά των ωκεανών, είτε επειδή πήρε μέρος στο σχηματισμό ασβεστολιθικών πετρωμάτων, είτε με άλλες διεργασίες. Κατά το στάδιο αυτό η ατμόσφαιρα της Γης περιέχει τα αέρια εκείνα που επέτρεψαν αργότερα τη δημιουργία και την ανάπτυξη της ζωής, δηλαδή το μεθάνιο, αμμωνία, υδρογόνο, υδρατμούς και άλλα. Αργότερα το πυκνό και σκοτεινό στρώμα των νεφών άρχισε να παρουσιάζει ρωγμές και το φώς του Ήλιου έφτασε για πρώτη φορά στην επιφάνεια της Γης. Ζώα και φυτά δεν εμφανίζονται ακόμη. Η Γη περνά μια θυελλώδη εποχή με κατακλυσμαίες βροχές, εκρήξεις ηφαιστείων, καταιγίδες και άλλα φαινόμενα που θεμελίωσαν τις βάσεις για την ανάπτυξη της ζωής στη Γη.



Όσον αφορά το οξυγόνο και τον εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας μ'αυτό υπάρχουν πολλές θεωρίες από τις οποίες επικρατέστερες είναι δύο. Σύμφωνα με την πρώτη, ένα μέρος των υδρατμών έφτασε σε ύψη πάνω από 60 χιλιόμετρα όπου διασπάστηκε από την ισχυρή υπεριώδη ακτινοβολία σε ατομικό οξυγόνο και υδρογόνο. Τα άτομα όμως του υδρογόνου που είναι πολύ ελαφριά και ευκίνητα διέφυγαν κατά το μεγαλύτερο μέρος τους στο κοσμικό διάστημα, ενώ το οξυγόνο σαν βαρύτερο κρατήθηκε στην ατμόσφαιρα από την ελκτική δύναμη της Γης. Κατά τη δεύτερη θεωρία το μεγαλύτερο μέρος του οξυγόνου μπήκε στην ατμόσφαιρα από τα πρωτόγονα φυτά τα οποία ενώ μπορούσαν να αναπτυχθούν χωρίς οξυγόνο απέδιδαν οξυγόνο με διάφορες φωτοχημικές διεργασίες.

Η συνέχιση της πτώσης της θερμοκρασίας της Γης είχε σαν συνέπεια το σχηματισμό παγετώνων και την άφθονη χιονόπτωση.

Ο άνθρωπος εμφανίζεται κατά τη νεώτατη γεωλογική εποχή της Γης την τεταρτογενή και μπορούμε να πούμε ότι από την εποχή αυτή και μετά η ατμόσφαιρα της Γης πήρε σύνθεση ανάλογη με τη σημερινή.

## 2.2. Ορισμός και μέθοδοι υπολογισμού του ύψους της ατμόσφαιρας

Ατμόσφαιρα είναι το αεριώδες περίβλημα της Γης, που συγ-

κρατούμενο από τη δύναμη της βαρύτητας αποτελεί ένα σώμα με τη Γη και συμμετέχει σε όλες τις κινήσεις της Γης.

Το ύψος μέχρι το οποίο φτάνει η ατμόσφαιρα της Γης δέν είναι γνωστό και ούτε εύκολο να υπολογιστεί, γιατί τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι τόσο αραιά ώστε δέν μπορεί να καθοριστεί σαφές όριο μεταξύ της ατμόσφαιρας και του ενδοπλανητικού διαστήματος. Δηλαδή η ατμόσφαιρα της Γης αναμιγνύεται βαθμιαία με το ενδοπλανητικό διάστημα το οποίο δέν είναι απολύτως κενό. Μπορούμε έτσι να πούμε ότι η ατμόσφαιρα της Γης είναι μιά τοπική πύκνωση της ενδοπλανητικής ατμόσφαιρας.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς για τον υπολογισμό του ύψους της ατμόσφαιρας της Γης βασίζονται στον υπολογισμό του ύψους στο οποίο γίνονται τα διάφορα φαινόμενα, η δημιουργία των οποίων απαιτεί την ύπαρξη ατμοσφαιρικής ύλης.

Τα ψηλότερα νέφη, οι θύσανοι, έχουν μέγιστο ύψος σχηματισμού περίπου 10 με 12 χιλιομέτρα και σε ορισμένες περιπτώσεις 15 χιλιομέτρα. Σέ μεγάλα γεωγραφικά πλάτη γίνονται στό χώρο της Στρατόσφαιρας συμπυκνώσεις ιοντισμένης ύλης. Οι συμπυκνώσεις αυτές περιέχουν και ίχνη ύδατος γύρω στα 20 με 25 χιλιομέτρα και ονομάζονται "μαρμαρώδη νέφη", ενώ οι συμπυκνώσεις που δημιουργούνται στα ύψη των 80 μέχρι 85 χιλιομέτρων αποτελούνται μόνο από φορτισμένα σωματίδια και ονομάζονται "φωτεινά νέφη".

Πρίν από τήν ανατολή του Ἁλίου ὅπως και μετά τη δύση του, τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και η επιφάνεια του εδάφους φωτίζονται για μικρό χρονικό διάστημα λόγω της διάχυσης του φωτός του Ἁλίου από την ὕλη των ανώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό σαν αστρονομικό λυκαυγές ή λυκόφως και παύει όταν ο Ἁλιος βρεθεί  $18^\circ$  κάτω από τον ορίζοντα. Με τριγωνομετρικές μεθόδους βρίσκεται ότι το ὕψος του τελικού στρώματος που προκαλεί διάχυση είναι 79,5 χιλιομέτρα.

Οι διάπτοντες και οι μετεωρίτες που είναι κομμάτια αστρικής ὕλης μπαίνουν πολλές φορές μέσα στην ατμόσφαιρα της Γης με μεγάλη ταχύτητα, από 20 μέχρι 80 χιλιομέτρα το δευτερόλεπτο, συναντούν τόση ὕλη ὥστε από την αναπτυσσόμενη ισχυρή τριβή πυρακτούνται και φωτοβολούν. Τα ανώτατα ὄρια στα οποία γίνονται ορατοί οι μετεωρίτες είναι μεταξύ 200 και 300 χιλιομέτρων.

Η πυράκτωση των διαστημοπλοίων, που καθώς επιστρέφουν στη Γη μπαίνουν στην ατμόσφαιρά της και η διακοπή της τηλεπικοινωνίας μ'αυτά, λόγω της δημιουργίας στρώματος ιοντισμένων σωματιδίων γύρω από αυτά, αποδεικνύουν την ὕπαρξη ατμοσφαιρικής ὕλης σέ ὕψη από 200 μέχρι 350 χιλιομέτρα.

Από παρατηρήσεις του πολικού σέλαος που είναι φαινόμενο ηλεκτρομαγνητικής φύσης και οφείλεται στη σωματιδιακή ακτινοβο-

λία του Ήλιου, προέκυψε ότι τμήματά του φθάνουν μερικές φορές σε ύψη πάνω από 1000 χιλιόμετρα, γεγονός που μαρτυρεί ότι η γήινη ατμόσφαιρα φτάνει και στο ύψος αυτό.

Από θεωρητικής πλευράς σαν ανώτατο όριο της ατμόσφαιρας μπορεί να θεωρηθεί το ύψος στο οποίο τα μόρια της ατμόσφαιρας μετέχουν στην περιστροφική κίνηση της Γης και η βαρύτητα εξακολουθεί να είναι μεγαλύτερη από τη φυγόκεντρη δύναμη και την τάση διαφυγής των αερίων. Με θεωρητικούς υπολογισμούς βρίσκεται ότι το ύψος αυτό είναι περίπου 28000 χιλιόμετρα πάνω από τους πόλους και 42000 χιλιόμετρα πάνω από τον ισημερινό.

Υπολογισμοί έδειξαν ότι το 50% της συνολικής μάζας της ατμόσφαιρας περιλαμβάνεται σε ένα στρώμα που φτάνει μέχρι ύψους 5 χιλιομ. από την επιφάνεια του εδάφους, τα 75% σε στρώμα ύψους 10 χιλιομέτρων, τα 95% μέσα σέ στρώμα ύψους 20 χιλιομέτρων από την επιφάνεια της Γης. Από μετεωρολογικής καθαρά πλευράς το στρώμα της ατμόσφαιρας που ασκεί επίδραση, στα κατώτερα στρώματα είναι αυτό που ορίζεται από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι ύψους 20-25 χιλιομέτρων.

### 2.3. Φυσική διαίρεση της ατμόσφαιρας

Η μελέτη της ελεύθερης ατμόσφαιρας άρχισε από τις αρχές του περασμένου αιώνα με τα επανδρωμένα αερόστατα και τους μετεωρολογικούς αετούς, τα ύψη όμως στα οποία έφταναν με τα μέσα αυτά ήταν μέχρι 10 χιλιομέτρα το πολύ. Μεγαλύτερη υπήρξε η συμβολή στη μελέτη της γήινης ατμόσφαιρας των βολιδαεροστάτων που χρησιμοποιήθηκαν στις αρχές του αιώνα μας και έφτασαν στο ύψος των 35 χιλιομέτρων.

Με βάση τις μελέτες που έγιναν καταλήξαμε σήμερα στο διαχωρισμό της ατμόσφαιρας σε στρώματα τα οποία καθορίστηκαν στη σημερινή τους μορφή από τον W.M.O. το 1962 και βασίστηκαν κυρίως στις μέσες μεταβολές της θερμοκρασίας με το ύψος στην ατμόσφαιρα. Τα στρώματα αυτά είναι τα παρακάτω:

Η "Τροπόσφαιρα", αυτή εκτείνεται μέχρι ύψος 7 ως 8 χιλιομέτρα πάνω από τους πόλους, 11 ως 12 χιλιομέτρα πάνω από τις εύκρατες περιοχές και 16 ως 19 χιλιομέτρα πάνω από τις ισημερινές περιοχές. Το στρώμα αυτό λέγεται στρώμα μεταβολών. Το κατώτερο στρώμα της τροπόσφαιρας μέχρι το ύψος των 2 χιλιομέτρων λέγεται "στρώμα τριβής" γιατί εκεί τα αποτελέσματα της τριβής που αναπτύσσεται λόγω των ανωμαλιών της επιφάνειας της Γης επηρεάζουν σημαντικά την ατμοσφαιρική κυκλοφορία.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της τροπόσφαιρας είναι:

α) Μιά σχεδόν ομοιόμορφη ελάττωση της θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος . β) Αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με το ύψος μέχρις ενός ορισμένου ορίου με μέγιστο που σημειώνεται στα ανώτερα στρώματα της τροπόσφαιρας. γ) Σημαντική περιεκτικότητα σε υδατμούς ιδιαίτερα στα κατώτερα στρώματα. δ) Κατακόρυφες κινήσεις του αέρα και ε) Συνεχής εναλλαγή ατμοσφαιρικών φαινομένων. Η τροπόσφαιρα από καθαρά μετεωρολογική πλευρά είναι το σπουδαιότερο μέρος της γήινης ατμόσφαιρας και περιλαμβάνει τα 3/4 της μάζας της και σχεδόν όλη την ποσότητα των υδατμών της ατμόσφαιρας. Μέσα στην τροπόσφαιρα δημιουργούνται όλες σχεδόν οι ατμοσφαιρικές διαταράξεις, οι αλλαγές του καιρού και όλα σχεδόν τα μετεωρολογικά φαινόμενα και γίνονται μεγάλες εναλλαγές θερμότητας μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και των περιοχών που είναι πάνω από αυτή. Είδαμε πως η ελάττωση της θερμοκρασίας με το ύψος αποτελεί ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της τροπόσφαιρας και ανέρχεται κατά μέσο όρο σε  $0,65^{\circ}\text{C}$  ανά 100 μέτρα και ονομάζεται "κατακόρυφη θερμοβαθμίδα". Η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα μεταβάλλεται με το ύψος και ανάλογα με την τιμή που παρουσιάζει μπορεί να διαιρεθεί η τροπόσφαιρα σε 4 περιοχές: α) Την κατώτερη τροπόσφαιρα που εκτείνεται από το έδαφος μέχρις ύψους 1-1,5 χιλιόμετρα και στην οποία η τιμή της θερμοβαθμίδας κυμαίνεται από  $0,3^{\circ}\text{C}$  ως  $0,4^{\circ}\text{C}$  ανά 100 μέ-

τρα. β) Τη μεσαία τροπόσφαιρα μεταξύ 1.5 και 5-6 χιλιομέτρα και τιμές θερμοβαθμίδας από  $0,5^{\circ}\text{C}$  ως  $0,6^{\circ}\text{C}$  ανά 100 μέτρα.

γ) Την ανώτερη τροπόσφαιρα μεταξύ 6 και 8-9 χιλιομέτρα, στην οποία η τιμή της θερμοβαθμίδας ανέρχεται σε  $0,5^{\circ}\text{C} - 0,6^{\circ}\text{C}$ .

δ) Την ανώτατη τροπόσφαιρα ή περιοχή της τροποπαύσεως σε ύψη 9-12 χιλιομέτρα στην οποία η θερμοβαθμίδα ελαττώνεται σε  $0,5^{\circ} - 0,2^{\circ}\text{C}$  ανά 100 μέτρα.

Η "τροπόπαυση είναι μιά μεταβατική ζώνη ανάμεσα στην τροπόσφαιρα και στη στρατόσφαιρα. Η τροπόσφαιρα συναντιέται σε ύψη 17-18 χιλιομέτρα πάνω από τις ισημερινές περιοχές, 11-12 χιλιομέτρα πάνω από τις εύκρατες περιοχές και σε ύψη 7-8 χιλιομέτρα πάνω από τους πόλους. Γενικά δηλαδή η τροπόπαυση παρουσιάζει μια κλίση από τον ισημερινό προς τους πόλους χωρίς όμως αυτή να είναι συνεχής. Σε πλάτη  $30^{\circ} - 40^{\circ}$  παρουσιάζεται μια διακοπή σε όλη τη διάρκεια του έτους και έτσι μπορεί να διακριθεί σε τροπική και πολική. Η τροπική τροπόπαυση φτάνει πολλές φορές μέχρι πλάτους  $45^{\circ}$  οπότε βρίσκεται πάνω από την πολική σε μήκος  $5^{\circ}$  ως  $10^{\circ}$ . Δηλαδή στα πλάτη των  $35^{\circ}$  με  $45^{\circ}$  βρίσκονται δύο τροποπαύσεις η μιά πάνω από την άλλη και σε κατακόρυφη απόσταση μεταξύ τους 2.5-5 χιλιομέτρα η οποία αυξάνεται το χειμώνα και ελαττώνεται το καλοκαίρι. Στα πλάτη αυτά όπου οι δύο τροποπαύσεις βρίσκονται η μιά πάνω από την άλλη, οι άνεμοι της ανώτερης τροπόσφαιρας έχουν τη μεγαλύτερη ταχύτητα.

Το ύψος της τροπόπαυσης παρουσιάζει εποχική μεταβολή και είναι μεγαλύτερο κατά το τέλος του καλοκαιριού και στις αρχές του φθινοπώρου και μικρότερο στο τέλος του χειμώνα και στις αρχές της άνοιξης. Οι θερμοκρασίες της τροπόπαυσης φτάνουν τους  $-70^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $-80^{\circ}\text{C}$  πάνω από τις ισημερινές περιοχές και  $-55^{\circ}\text{C}$  μέχρι  $-60^{\circ}\text{C}$  πάνω από τα μέσα πλάτη, δηλαδή το ψυχρότερο τμήμα της ανώτερης τροπόσφαιρας βρίσκεται πάνω από τις θερμότερες περιοχές της επιφάνειας της Γης.

Η "στρατόσφαιρα" είναι το στρώμα που βρίσκεται πάνω από την τροπόσφαιρα και χωρίζεται από αυτή με την τροπόπαυση. Μέσα στο στρώμα αυτό από την τροπόπαυση μέχρι τη στάθμη των 35 χιλιομέτρων η θερμοκρασία δεν παρουσιάζει ουσιώδη μεταβολή με το ύψος, και πάνω από το ύψος αυτό και μέχρι του ύψους των 50-55 χιλιομέτρων η θερμοκρασία αυξάνει και φτάνει τους  $15^{\circ}\text{C}$  περίπου. Η αύξηση της θερμοκρασίας με το ύψος στο τμήμα αυτό βρέθηκε με μετρήσεις που έγιναν με πυραύλους κυρίως και οφείλεται στην απορρόφηση μεγάλου μέρους της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας από το όζον του οποίου η μεγαλύτερη συγκέντρωση παρουσιάζεται στα 20-40 χιλιόμετρα. Το τμήμα της στρατόσφαιρας από την τροπόπαυση μέχρι τα 35 χιλιόμετρα ονομάζεται "κάτωτερη στρατόσφαιρα" και από τα 35 μέχρι τα 50-55 χιλιόμετρα "άνωτερη στρατόσφαιρα". Χαρακτηριστικό γνώρισμα της κάτωτερης στρατόσφαιρας είναι η μεγάλη ξηρασία της. Στην κάτωτερη στρατόσφαιρα η οποία χαρα-