



Στο εξώφυλλο του 10ου τεύχους δημοσιεύτηκε η φωτογραφία του Ηλία Καλογήρου από την παραλία του Αγίου Ηλία της Ηλείας. Στο βάθος φαίνεται η Ζάκυνθος. Τα σύννεφα από πάνω της έχουν την ίδια βάση (σχεδόν οριζόντια). Γιατί; Πώς δημιουργείται ένα νέφος;

Η κ. Μαρία Μπίρμπα, Δρ. Φυσικής της ατμόσφαιρας μας έστειλε την παρακάτω απάντηση.

Πώς δημιουργείται ένα νέφος:

Όταν αέρια μάζα ανέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα, η κίνησή της συνήθως είναι γρήγορη οπότε δεν προλαβαίνει να ανταλλάξει σημαντικά ποσά θερμότητας με τον περιβάλλοντα αέρα. Έτσι, η μεταβολή στις θερμοδυναμικές της μεταβλητές θεωρείται με πολύ καλή προσέγγιση αδιαβατική. Επειδή η ατμοσφαιρική πίεση ελαττώνεται με το ύψος, τα μόρια του ανερχόμενου αέρα, προερχόμενα από περιοχές υψηλότερης πίεσης, ωθούνται προς τα έξω προκαλώντας τη διαστολή της αέριας μάζας, άρα και την ψύξη της (νόμος Poisson για την αντιστρεπτή αδιαβατική μεταβολή) με έναν ρυθμό που ονομάζεται ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα.

Όταν η θερμοκρασία T της αέριας μάζας ελαττωθεί τόσο ώστε να εξισωθεί με τη θερμοκρασία δρόσου T_d που αντιστοιχεί στην πραγματική τάση ατμών του ανερχόμενου αέρα, τότε επέρχεται κορεσμός και πραγματοποιείται συμπύκνωση δημιουργώντας νέφος. Κατά τη διαδικασία αυτή, η ατμοσφαιρική υγρασία συμπυκνώνεται επάνω σε υδρόφιλα σωματίδια (π.χ. σε σκόνη, καπνό, σωματίδια από ηφαιστειακές εκρήξεις κλπ) σχηματίζοντας νεφο-σταγόνες.

Νέφος cumulus

Πώς πραγματοποιείται όμως η αρχική κίνηση της αέριας μάζας προς τα επάνω;

Οι βασικότεροι μηχανισμοί είναι: α) η επιφανειακή θέρμανση του εδάφους ή της θάλασσας από τον ήλιο, η συνεπαγόμενη θέρμανση του εφαπτόμενου αέρα, η ελάττωση της πυκνότητάς του άρα η άνοδός του, β) ανοδική κίνηση λόγω τοπογραφικών εμποδίων (π.χ. όταν αέρας συναντά βουνό, εξαναγκάζεται από αυτό να ανυψωθεί), γ) η σύγκλιση του αέρα προς στο κέντρο ενός χαμηλού

βαρομετρικού συστήματος, και δ) η αναγκαστική ανύψωση αέρα μπροστά από τα μέτωπα (είτε θερμά είτε ψυχρά) που καταφτάνουν σε μία περιοχή.

Οι παραπάνω αιτίες προκαλούν ένα θερμό πακέτο αέρα να ανέλθει. Το κατά πόσο όμως αυτή η αέρια μάζα θα συνεχίσει να ανέρχεται, εξαρτάται από την ευστάθεια της ατμόσφαιρας. Συγκεκριμένα, μία αέρια μάζα θεωρείται ευσταθής όταν, έπειτα από την αρχική ανύψωσή της, τείνει να επιστρέψει στην αρχική της θέση. Αυτό συμβαίνει όταν η αέρια μάζα είναι ψυχρότερη από την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα. Όταν, αντιθέτως, ο αέρας είναι ασταθής, έπειτα από μία έστω και μικρή αρχική ώθηση προς τα επάνω, ανέρχεται ακόμα περισσότερο και εντονότερα. Αυτό παρατηρείται όταν ο αέρας είναι θερμότερος του περιβάλλοντός του αέρα, άρα ελαφρύτερος κι έτσι ευνοούνται τα ανοδικά ρεύματα αέρα.

Όταν λοιπόν θερμή, ασταθής αέρια μάζα αναγκάζεται να ανυψωθεί, συνεχίζει την ανύψωσή της, διαστέλλεται, ψύχεται αδιαβατικά και, όταν φτάνει στον κορεσμό, συμπυκνώνεται και δημιουργεί νέφη που ονομάζονται cumuli (σωρείτες) λόγω του σχήματός τους.

Ίδια βάση των νεφών

Πολύ συχνά κατά τη διάρκεια ενός θερμού, υγρού, καλοκαιρινού απογεύματος ο ουρανός είναι γεμάτος από νέφη cumulus. Οι βάσεις τους είναι όλες σχεδόν στο ίδιο ύψος επάνω από το έδαφος, ενώ οι κορυφές τους εκτείνονται μόλις λίγα km ψηλότερα. Η ανάπτυξη αυτών των νεφών εξαρτάται κυρίως από i) την ατμοσφαιρική ευστάθεια, και ii) το ποσόν υγρασίας που περιέχουν τα νέφη.

Για να κατανοήσουμε το φαινόμενο, ας παρακολουθήσουμε μία θερμή, ανερχόμενη μάζα αέρα η οποία στη συνέχεια θα δημιουργήσει ένα νέφος cumulus. Για να ανέλθει η αέρια μάζα, πρέπει το στρώμα της ατμόσφαιρας μέσα στο οποίο θα κινηθεί να είναι ασταθές. Έτσι, θα συνεχίσει να ανέρχεται όσο εξακολουθεί να είναι θερμότερη του αέρα που την περιβάλλει. Ας θυμηθούμε όμως ότι ταυτόχρονα ψύχεται αδιαβατικά, οπότε όταν η θερμοκρασία της γίνει ίση με την θερμοκρασία δρόσου (τότε η σχετική υγρασία θα γίνει 100%), ξεκινάει η συμπύκνωση και ο σχηματισμός του νέφους. Το ύψος που πραγματοποιείται αυτή η διαδικασία ονομάζεται επίπεδο συμπύκνωσης και αποτελεί τη βάση του σχηματιζόμενου νέφους. Επάνω από αυτό το επίπεδο ο αέρας είναι πλέον κορεσμένος, αλλά καθώς συνεχίζει να ανέρχεται ψύχεται με πιο αργό ρυθμό γιατί απελευθερώνεται λανθάνουσα θερμότητα μέσα στο νέφος λόγω της πραγματοποιούμενης συμπύκνωσης. Αυτός ο ρυθμός ονομάζεται υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα.

Όταν ο ανερχόμενος αέρας μέσα στο νέφος αποκτήσει θερμοκρασία ίση με του περιβάλλοντος, τότε γίνεται ευσταθής, και πολύ γρήγορα σταματάει η ανοδική του κίνηση και οριοθετεί την κορυφή του νέφους. Εάν η εξίσωση γίνει γρήγορα, τότε σχηματίζεται το νέφος cumulus humilis που έχει μικρή κατακόρυφη ανάπτυξη. Έτσι, όπως βλέπουμε και στις φωτογραφίες, σε έναν απογευματινό ουρανό γεμάτο από cumulus humilis, οι βάσεις τους - το προαναφερόμενο επίπεδο συμπύκνωσης - είναι

σχεδόν στο ίδιο ύψος. Η παρουσία αυτών των νεφών μαρτυρά καλοκαιρία για τη συγκεκριμένη περιοχή γιατί δηλώνουν περιορισμένη ατμοσφαιρική αστάθεια.

Συμπληρωματικά να αναφέρουμε ότι το νέφος cumulus congestus έχει μεγαλύτερη κατακόρυφη ανάπτυξη από το cumulus humilis φανερώνοντας μεγαλύτερο διάστημα ατμοσφαιρικής αστάθειας, ενώ το cumulonimbus (σωρειτομελανίας) που αναπτύσσεται αρκετά km επάνω από τη βάση του και πολλές φορές εισχωρεί ακόμα και μέσα στην στρατόσφαιρα, φανερώνει ακόμα ισχυρότερη αστάθεια – ακόμα και μεγαλύτερη των 4km – και συνοδεύεται με ραγδαία επιδείνωση του καιρού.

Βιβλιογραφία

Ahrens, C. D. (2009). *An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, 9th Edition*, Brooks/Cole, σελ. 92-105 και σελ. 145-165.