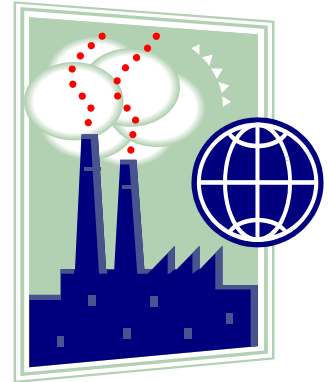


Μηχανική Περιβάλλοντος

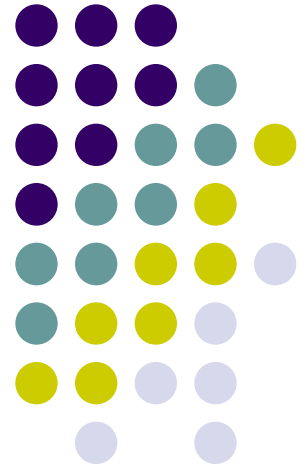
Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

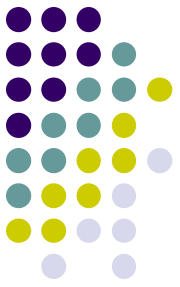


Η Φυσική της Ατμόσφαιρας, Μετεωρολογία

(Κατανόηση της τύχης των ρύπων στην ατμόσφαιρα)



Ενότητες Παρουσίασης



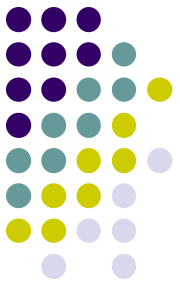
- **Ενότητα 1**

**Η Φυσική της Ατμόσφαιρας, Μετεωρολογία
(Κατανόηση της τύχης των ρύπων στην ατμόσφαιρα)**

- **Ενότητα 2**

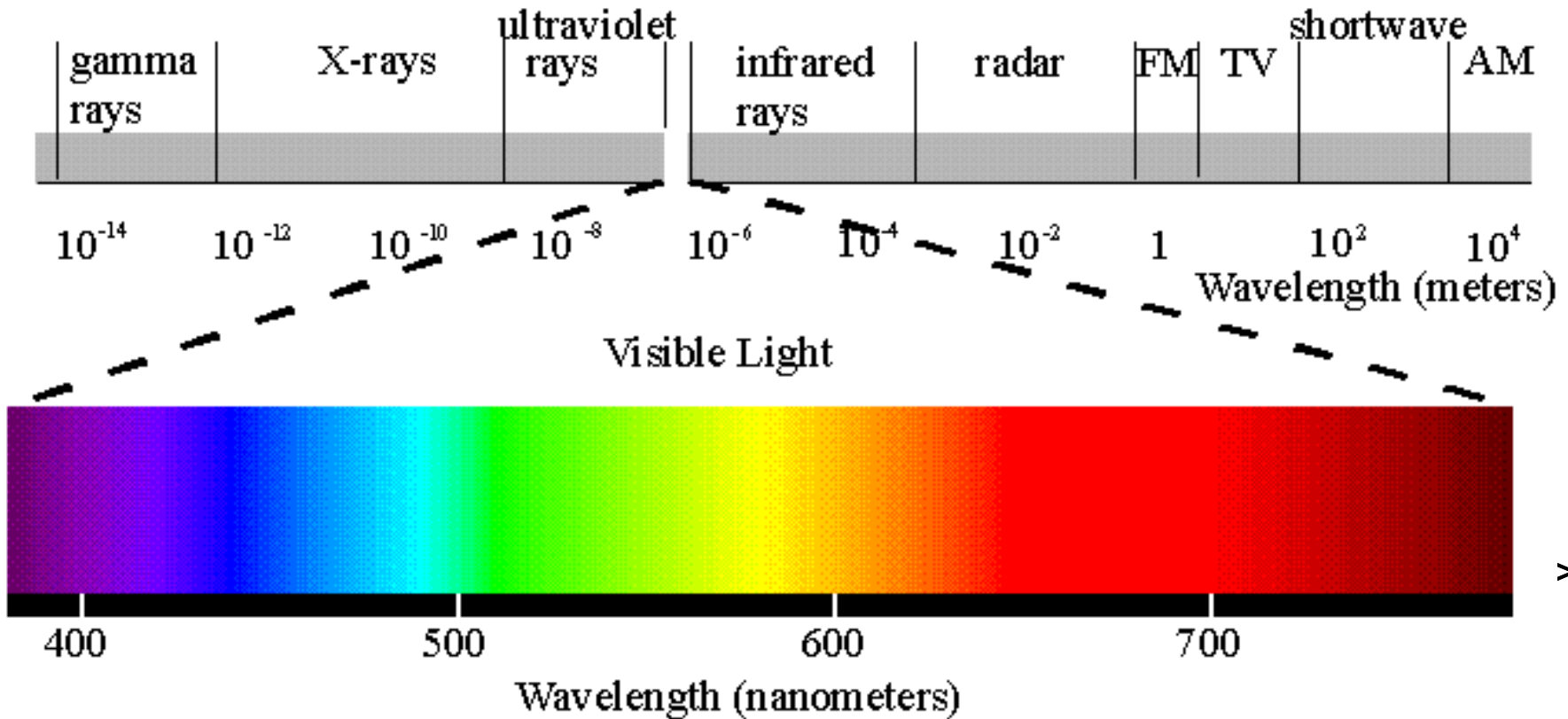
Τεχνολογίες καταστροφής αερίων ρύπων

Ήλιος - Ατμόσφαιρα



- Ήλιος (2×10^{30} Kg, $r = 700.000$ Km, $H_2: 70\%$, $He: 28\%$, απόσταση $150.000.000$ Km από τη
- Γη (5×10^{18} Kg, $r = 6.370$ Km,)
- Ακτινοβολούμενη ενέργεια (ηλεκτρομαγνητικό φάσμα)
- Θέρμανση από τον Ήλιο + περιστροφή της γης → πιέσεις στην ατμόσφαιρα → ατμοσφαιρικές κινήσεις
(90% κάτω από τα 12 Km, 99% κάτω από τα 30 Km)

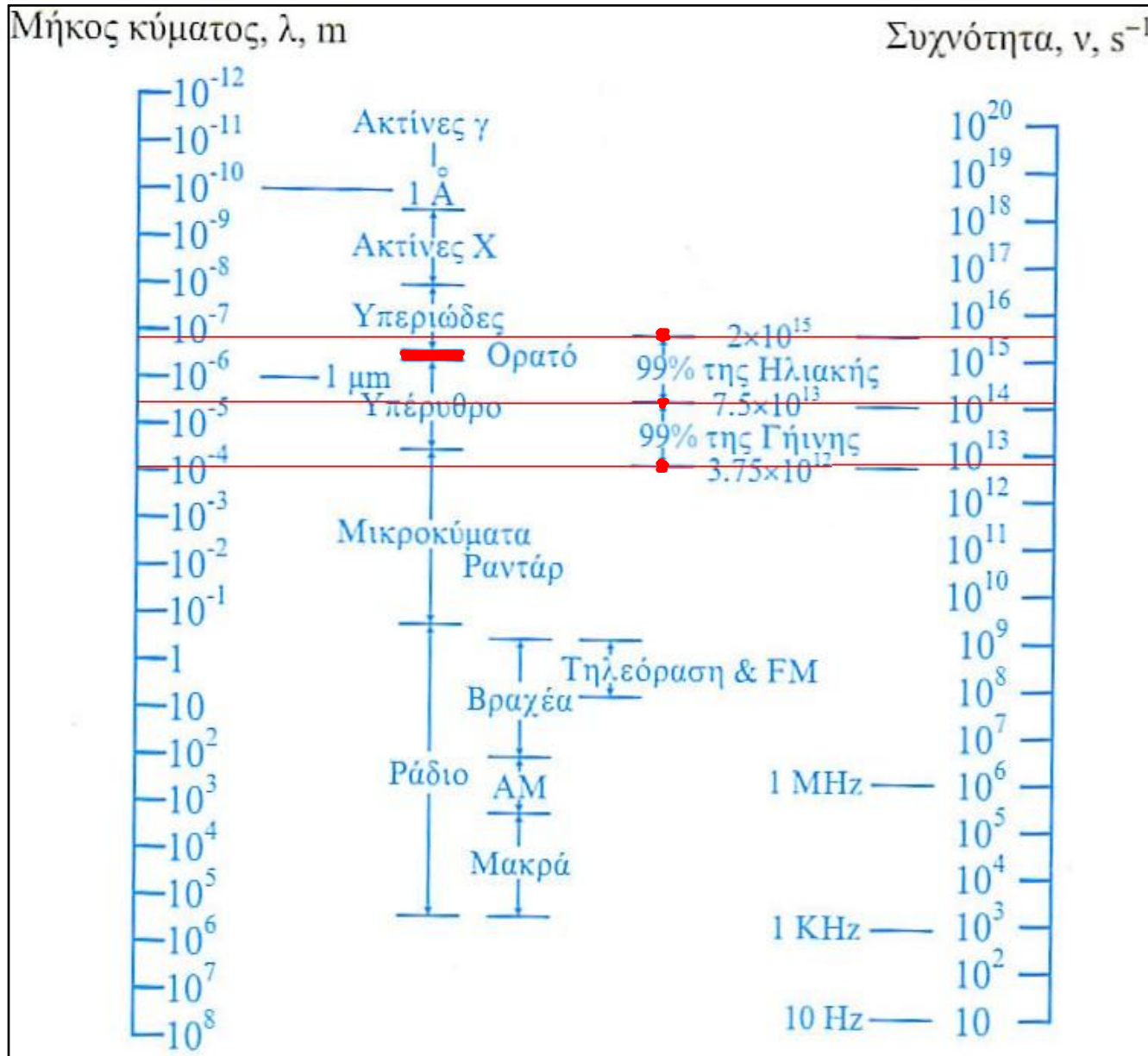
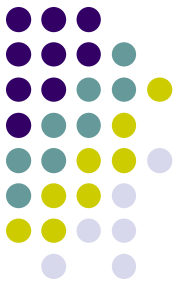
Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



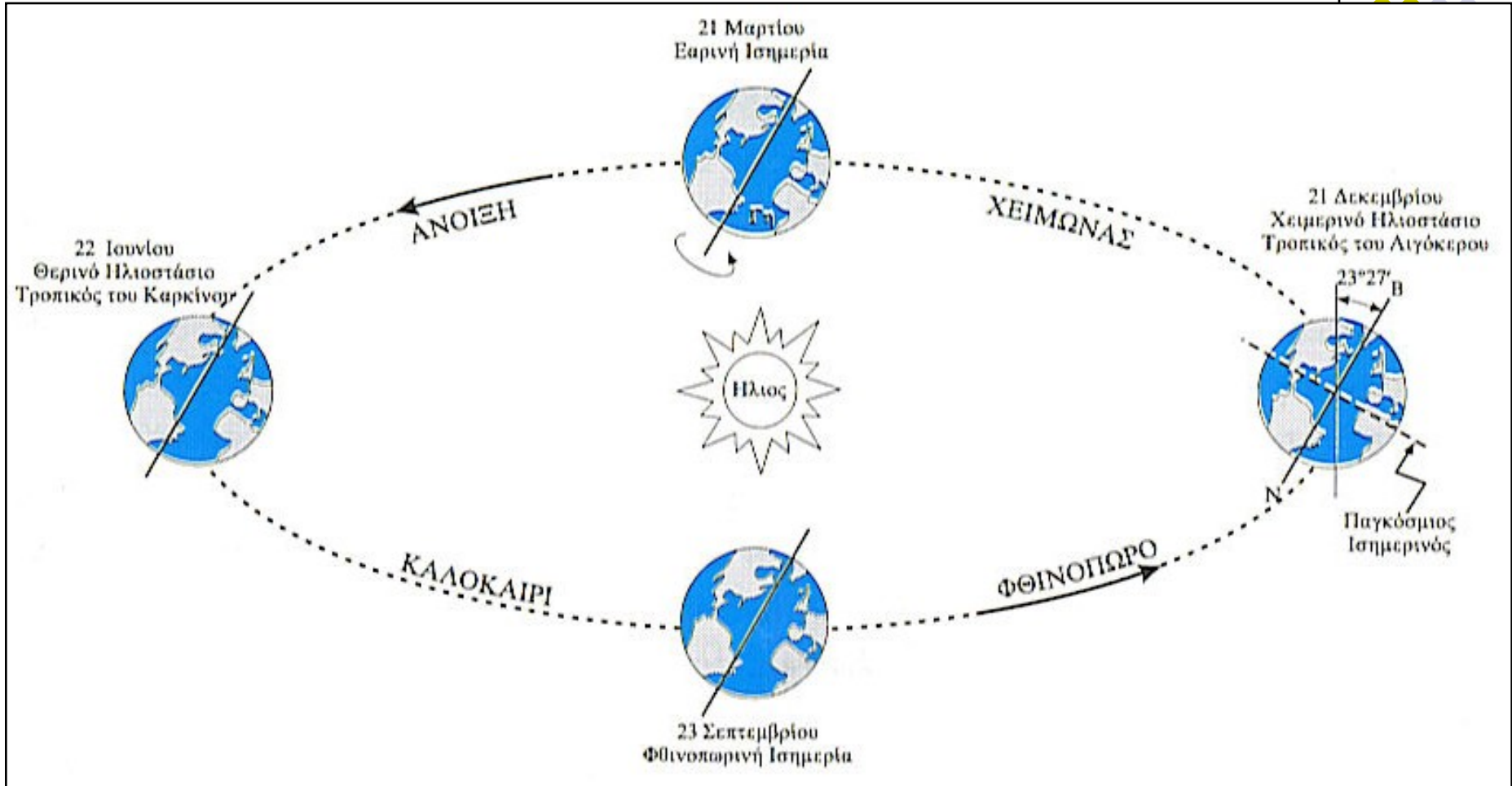
[Table of Contents](#)

[Visual Stimulus](#)

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Περιφορά της Γης



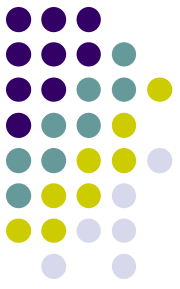
Ηλιακή ακτινοβολία



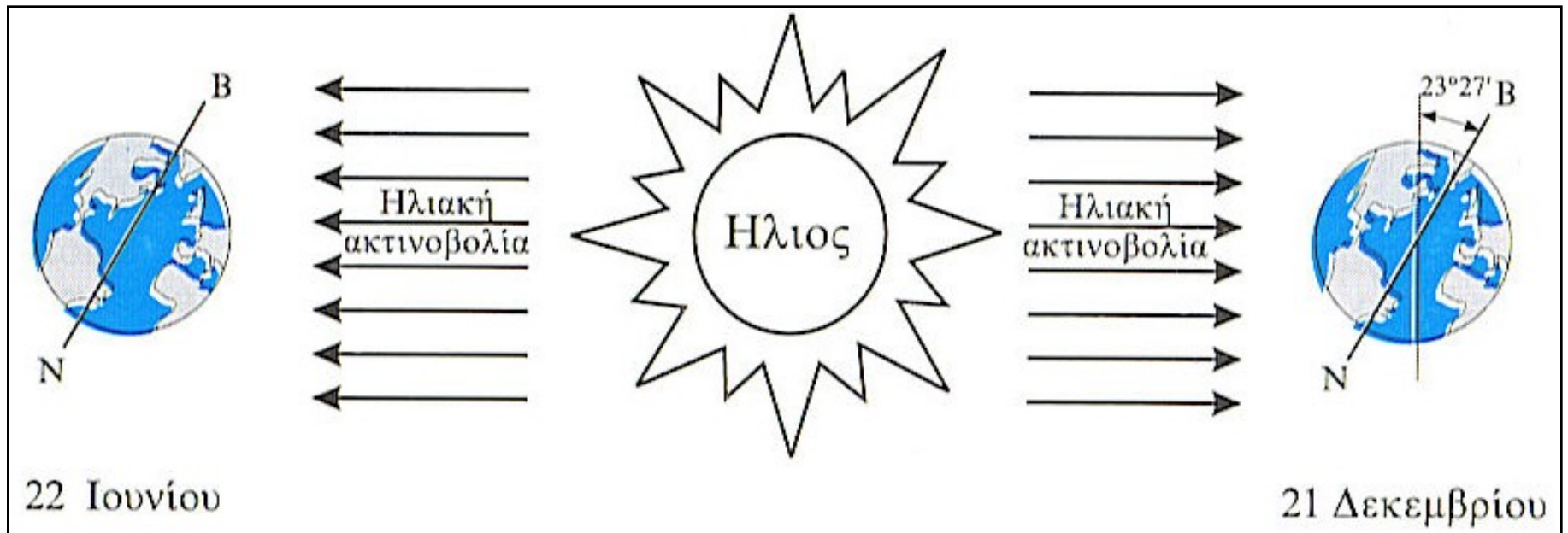
- Ήλιος (μέλαν σώμα με θερμοκρασία 5000 K)
- Ηλιακή σταθερά = 1400 W/m^2 (σε επιφάνεια κάθετα τοποθετημένη στην ακτινοβολία του Ήλιου) / $4\pi R^2 = 340 \text{ W/m}^2$ (η μέση ενέργεια που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας)
- 80-85% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της Γης (σε συνθήκες καθαρού ουρανού)
- 50% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας φτάνει στην επιφάνεια της Γης (σε συνθήκες μέτριας συννεφιάς)

Λευκαύγεια (Albedo):

Το κλάσμα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που ανακλάται

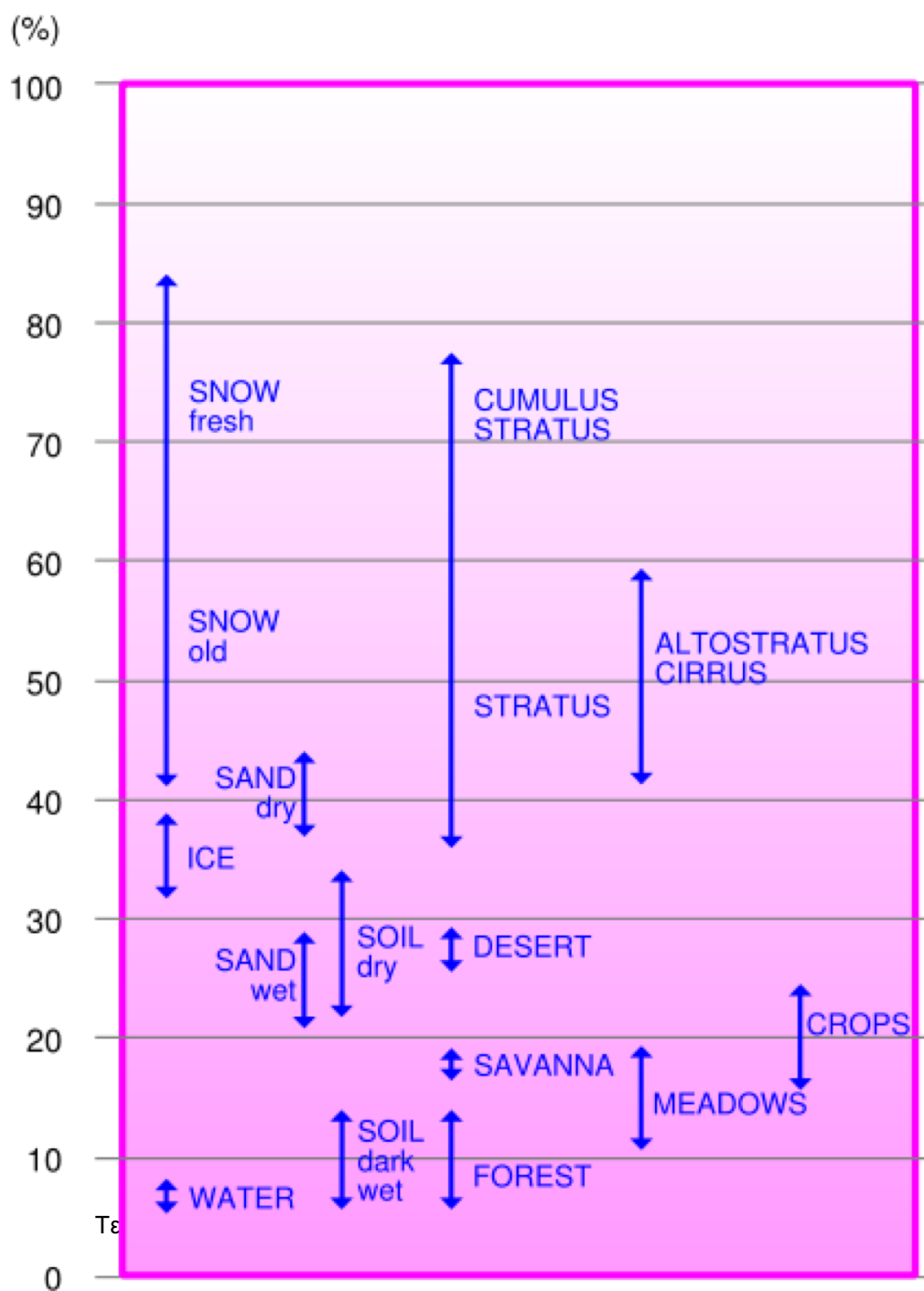


- Μέση λευκάγεια όλης της γήινης επιφάνειας = 0,35

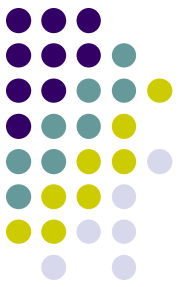


Προσανατολισμός της Γης ως προς την ηλιακή ακτινοβολία στις δυο ακραίες περιπτώσεις της περιφοράς της

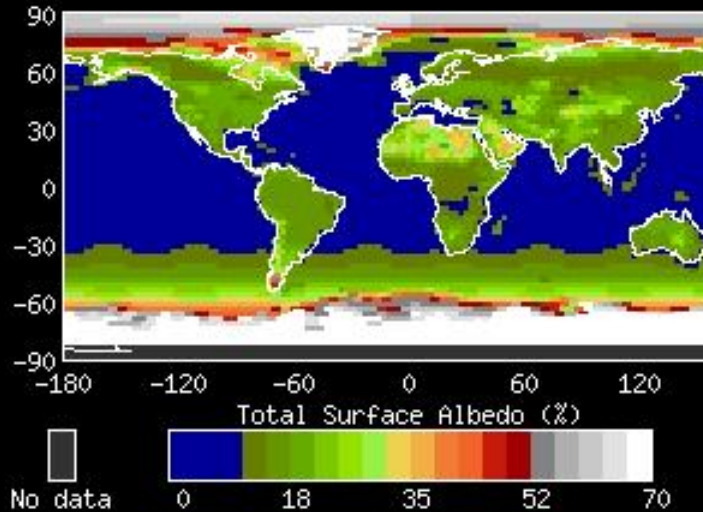
Λευκαύγεια



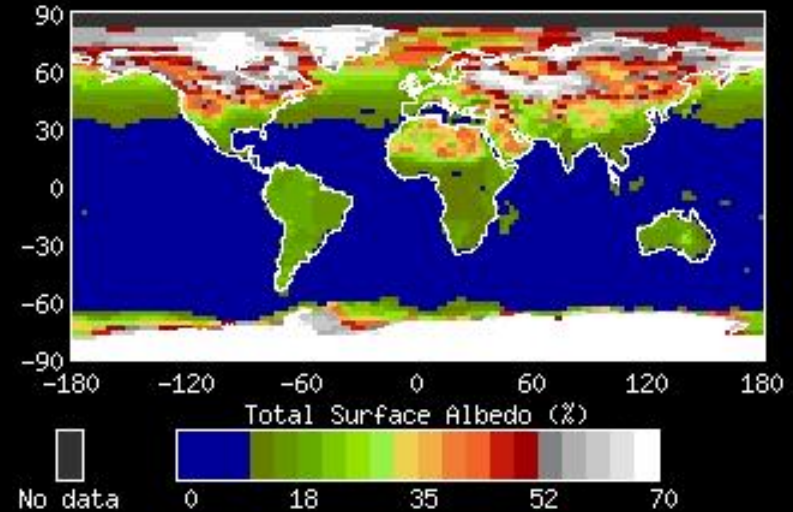
Λευκαύγεια



ISCCP-D1 1992 Mean JJA



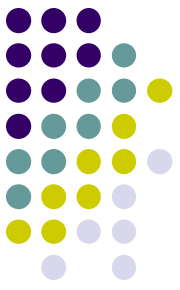
ISCCP-D1 1992 Mean DJF



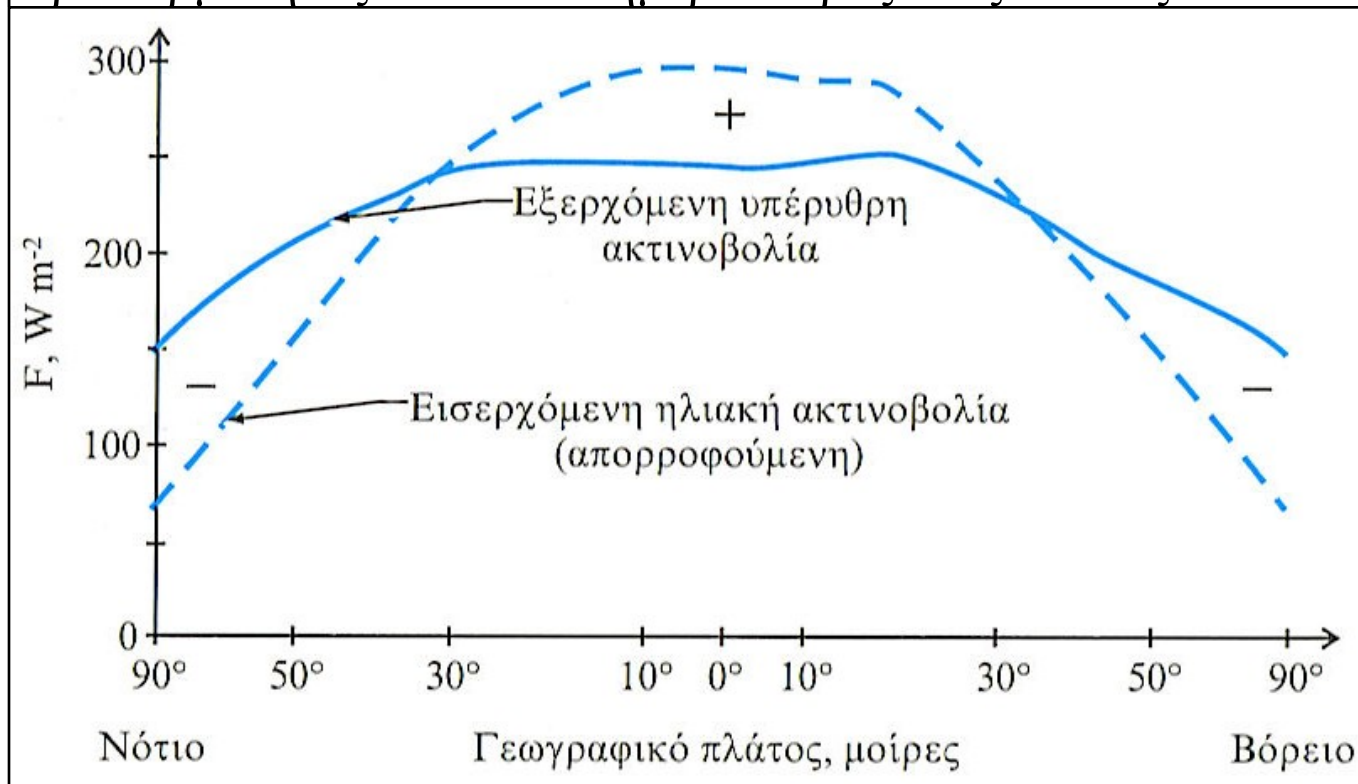
Σχήμα: Λευκαύγεια το καλοκαίρι (αριστερά) και το χειμώνα (δεξιά).

Πηγή: NASA-ISCCP

Ενεργειακό Ισοζύγιο

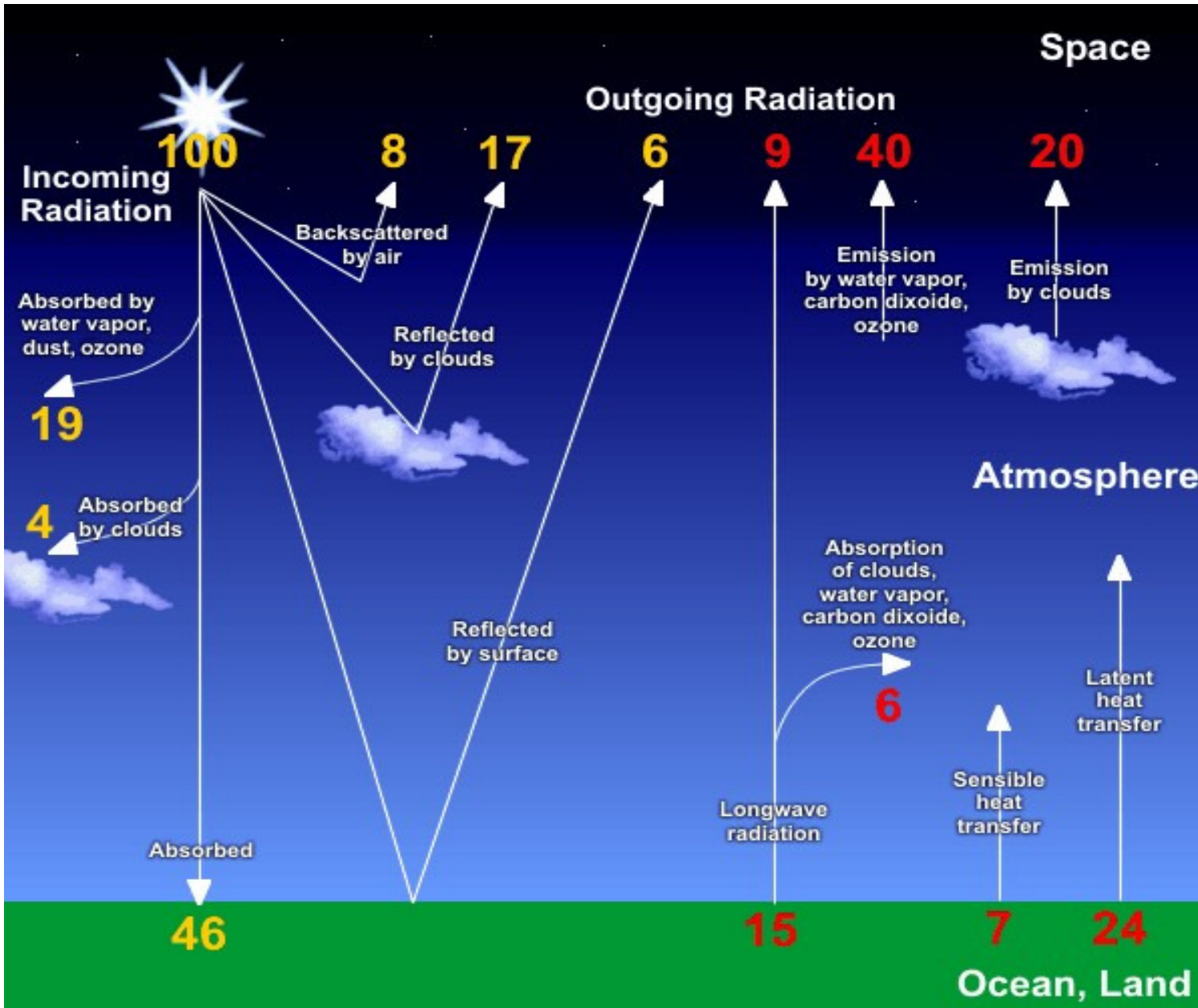
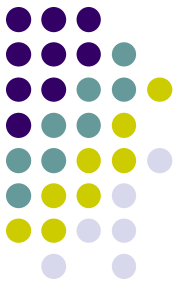


- Μόνιμη καθαρή απώλεια θερμότητας κοντά στους πόλους
- Μεταφορά θερμότητας από τον Ισημερινό προς τους πόλους

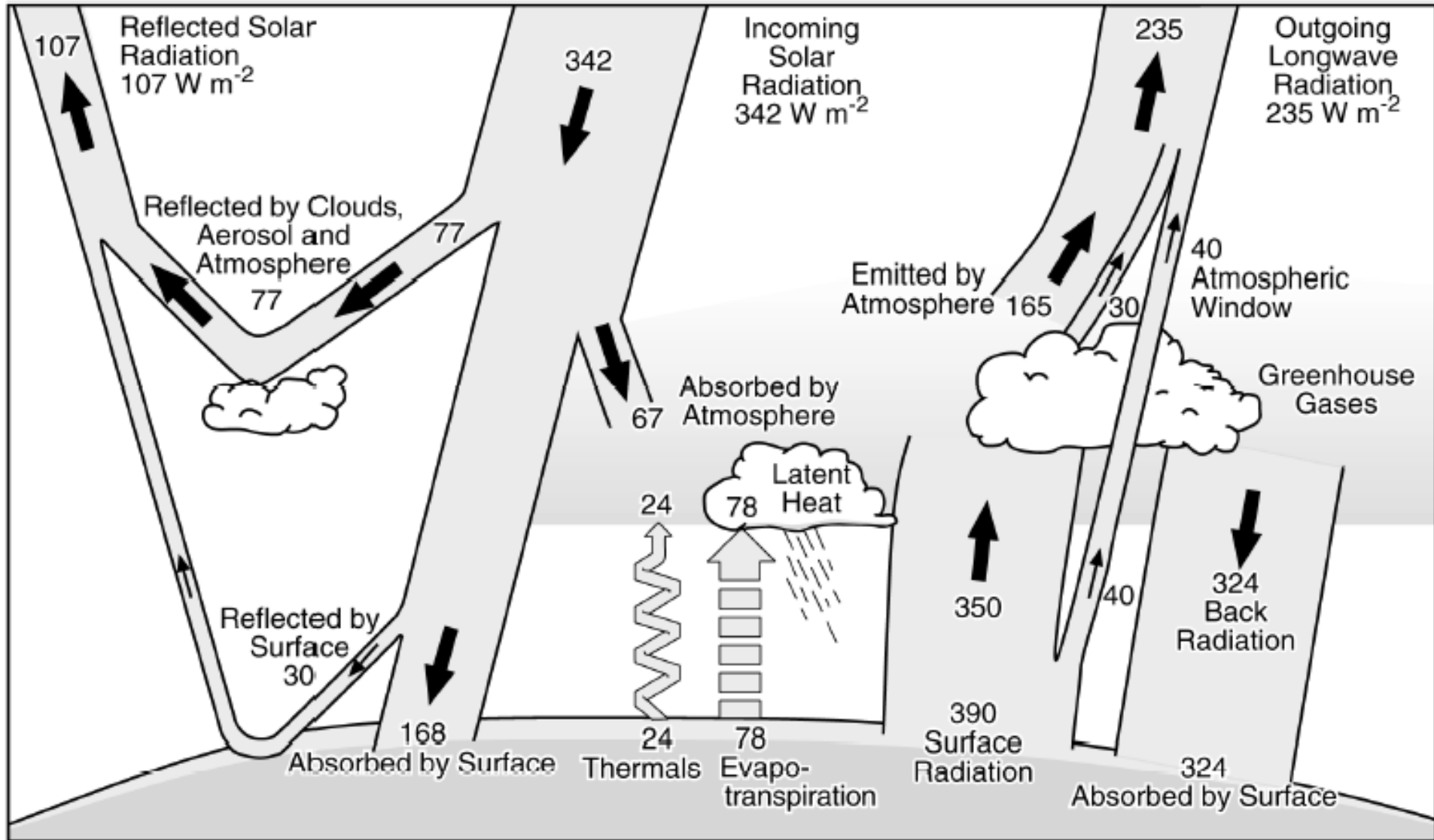


Μέση ετήσια ακτινοβολία (in-out) της Γης ανά γεωγραφικό πλάτος

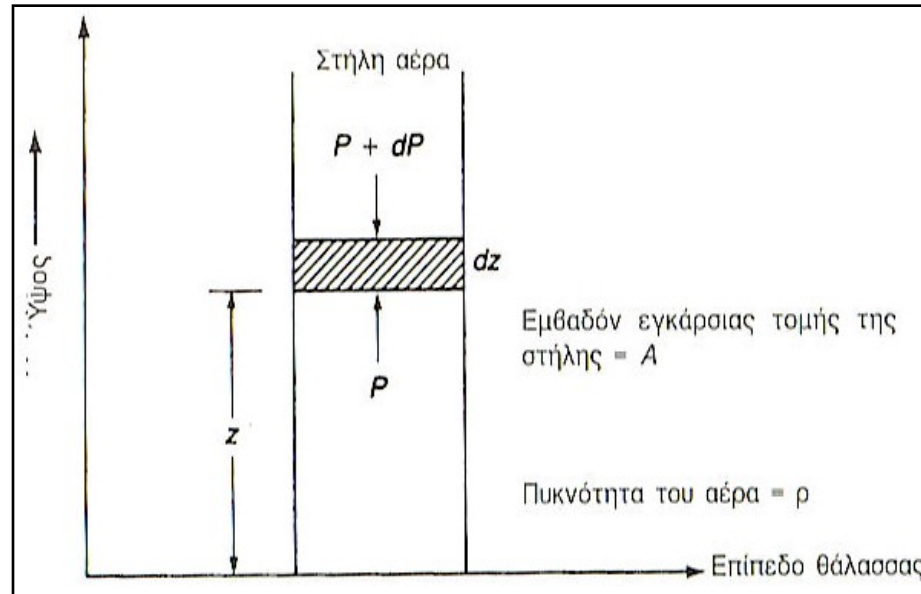
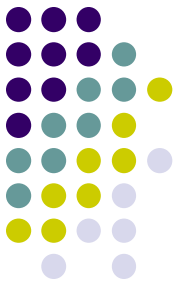
Ενεργειακό Ισοζύγιο (σε εκατοστιαία βάση)



Ενεργειακό Ισοζύγιο (σε W/m^2)

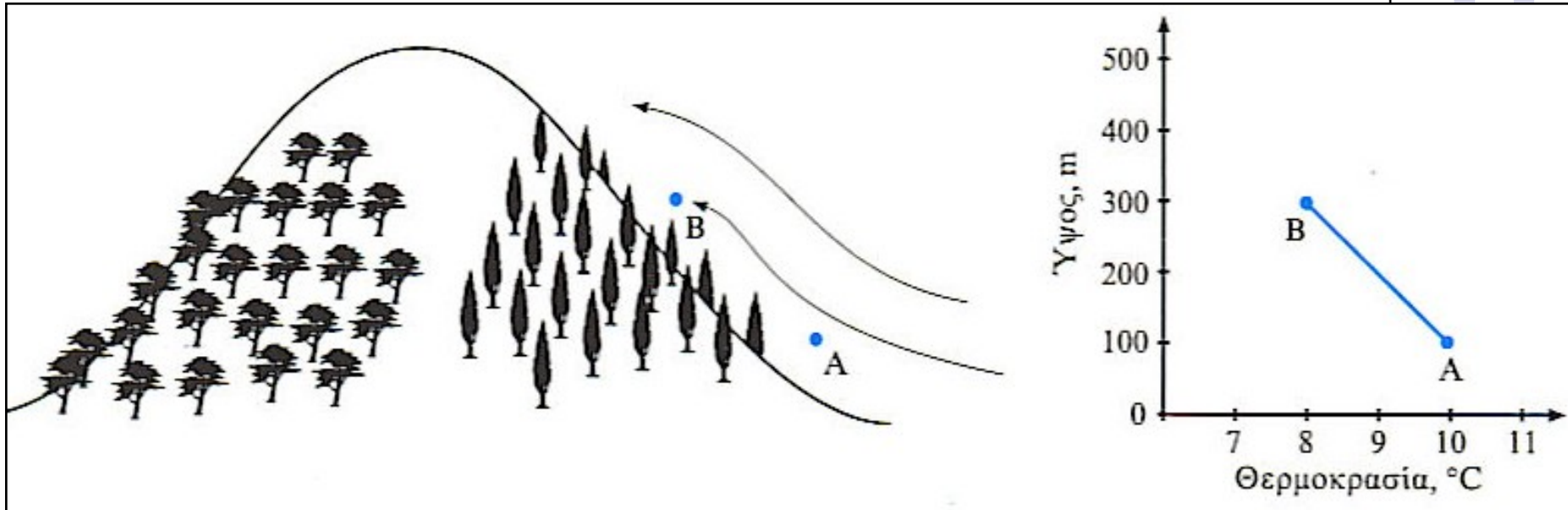
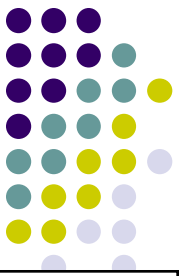


Σταθερή και ασταθής ατμόσφαιρα

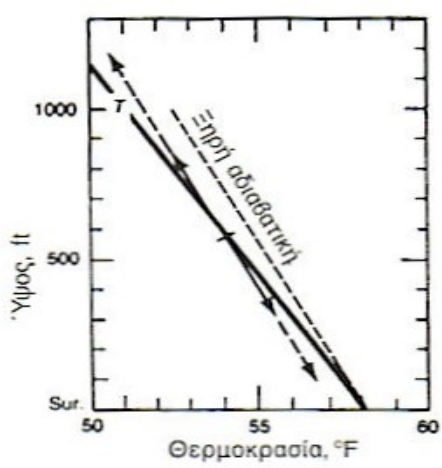


- $PA - (P+dP)A - \rho gAdz = 0 \rightarrow dP = - \rho g dz$
- 1ος Νόμος Θερμ/κής: $dH = C_p dT - VdP$ ($dH=0$, αδιαβατικές συνθήκες) $\rightarrow C_p dT = VdP$
- Για $V \cdot \rho = 1$ (μονάδα μάζας) $\rightarrow -dT/dz = g/C_p = \gamma_d$ (ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα, $^{\circ}\text{K}/\text{m}$)
- $\gamma_d = 0,0098 \text{ }^{\circ}\text{K}/\text{m}$ ($9,8 \text{ }^{\circ}\text{K}/\text{Km}$)
- Αέρας κορεσμένος σε υδρατμούς, $\gamma_s = 0,0055 \text{ }^{\circ}\text{K}/\text{m}$ ($5,5 \text{ }^{\circ}\text{K}/\text{Km}$)
- Πραγματική ατμοσφαιρική θερμοβαθμίδα, $\gamma_r = 0,0065 \text{ }^{\circ}\text{K}/\text{m}$ ($6,5 \text{ }^{\circ}\text{K}/\text{Km}$)

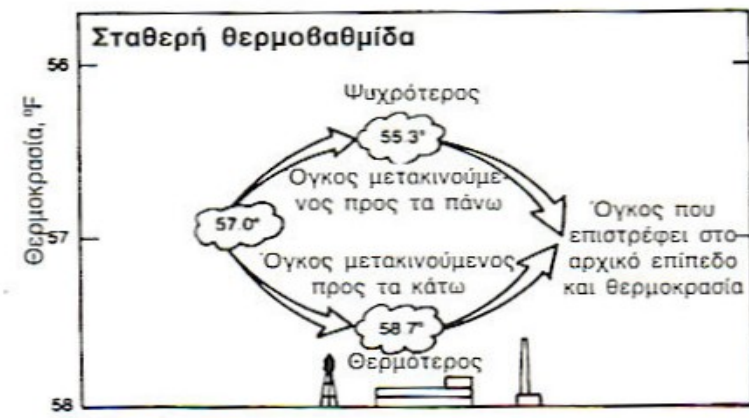
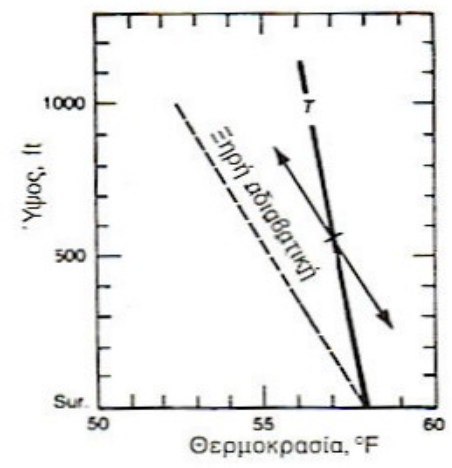
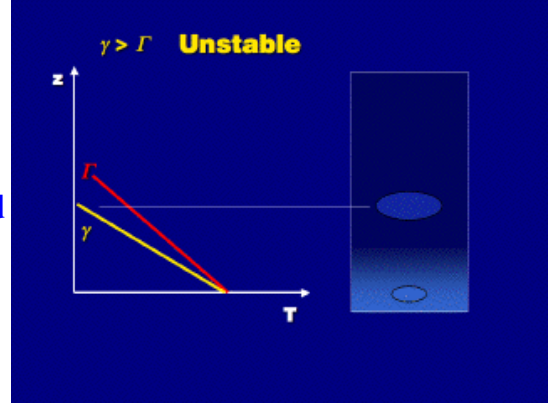
Προσδιορισμός της σταθερότητας



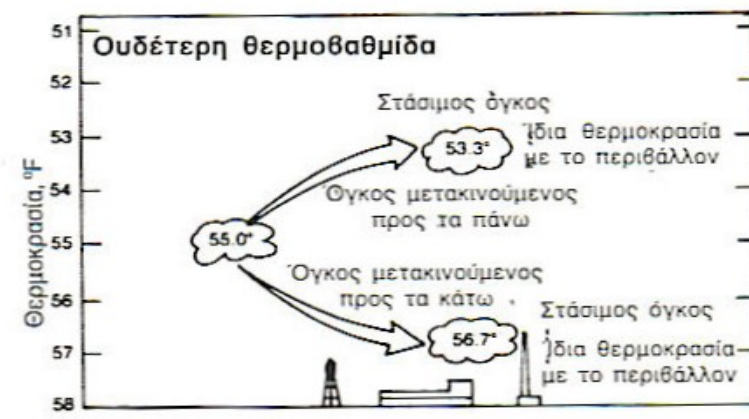
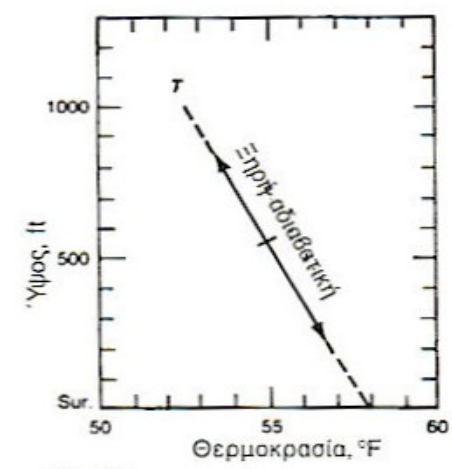
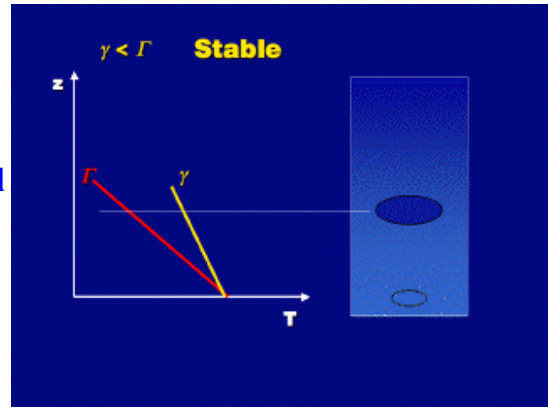
Σχήμα. Ψύξη ανερχόμενης αέριας μάζας. Ξηρός αέρας αναγκάζεται να ανέλθει 200 μέτρα κατά μήκος μιας κορυφογραμμής και έτσι ψύχεται αδιαβατικά κατά $2\text{ }^{\circ}\text{C}$



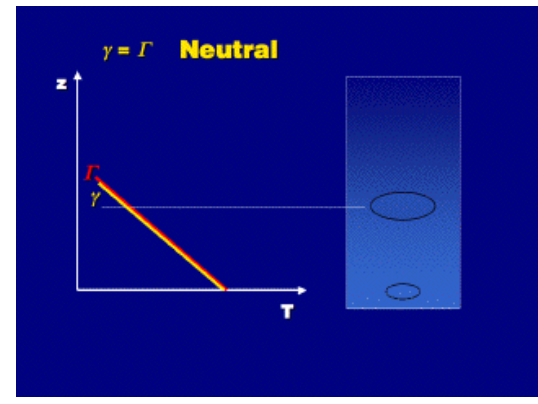
$\gamma > \gamma_d$



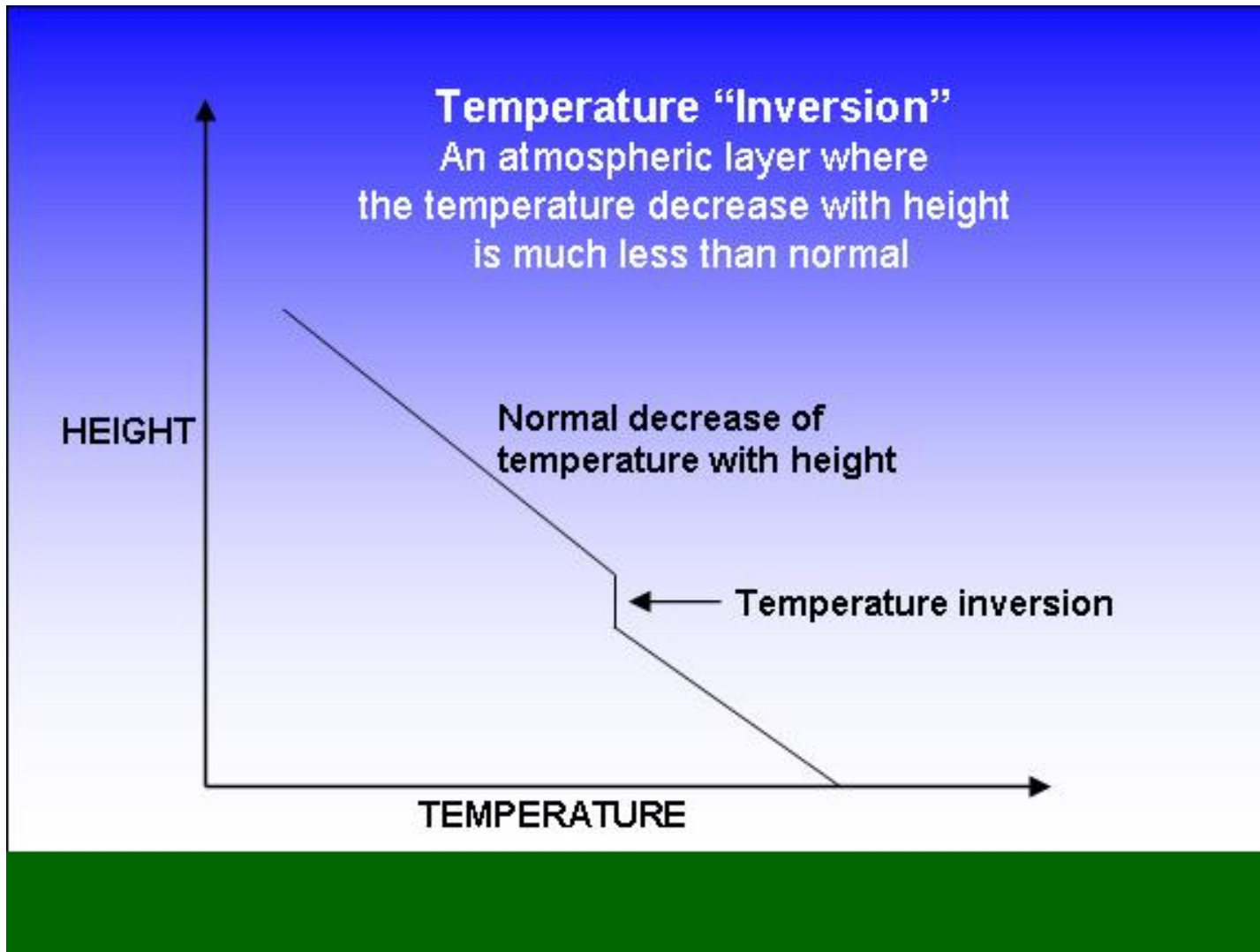
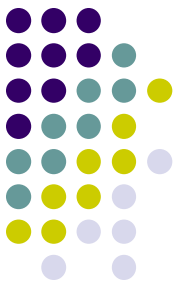
$\gamma < \gamma_d$



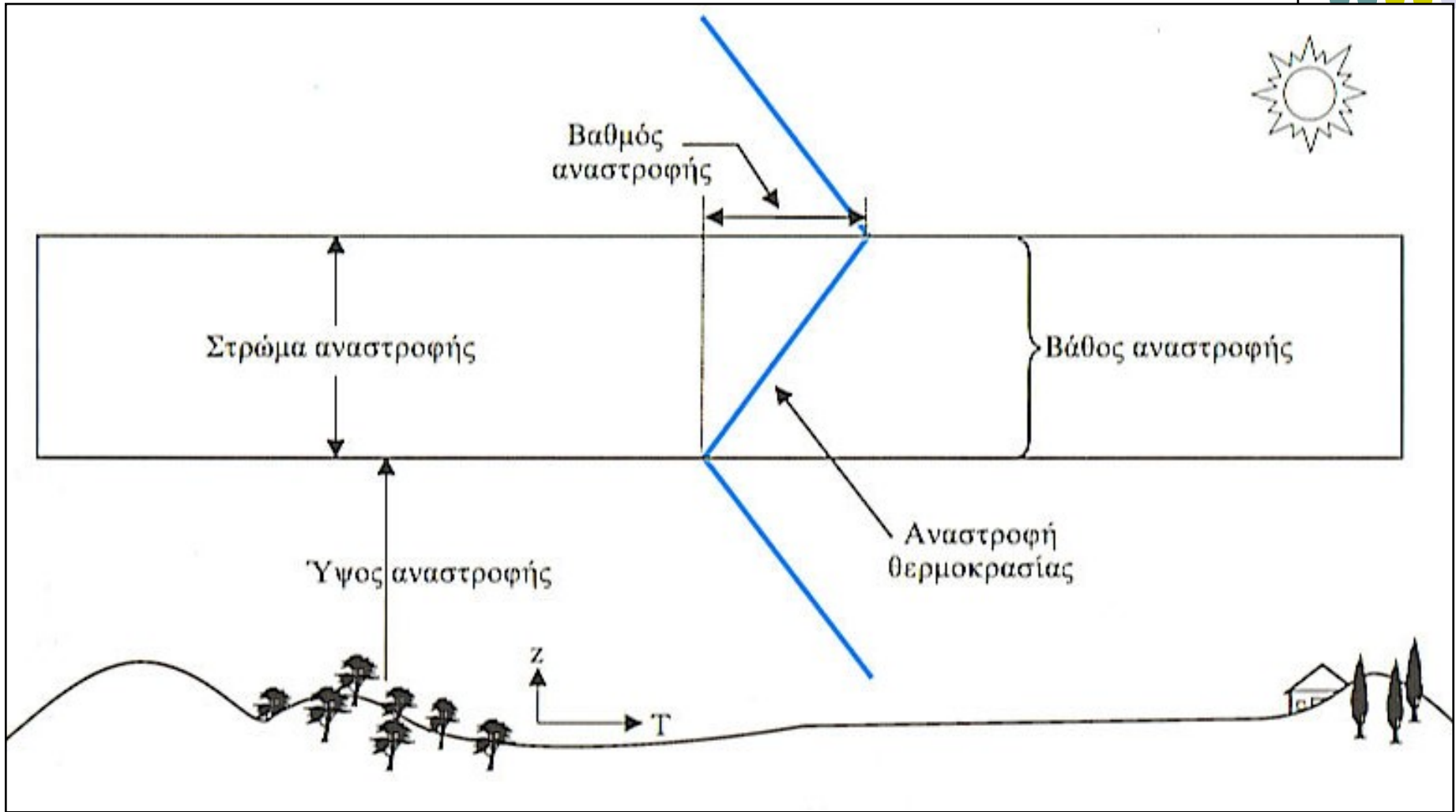
$\gamma = \gamma_d$



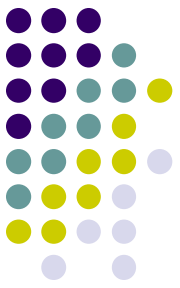
Τι είναι αναστροφή θερμοκρασίας



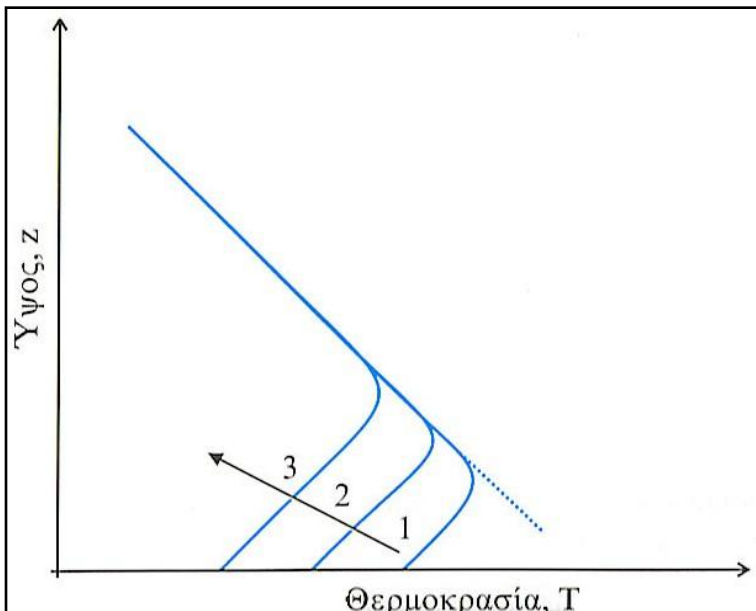
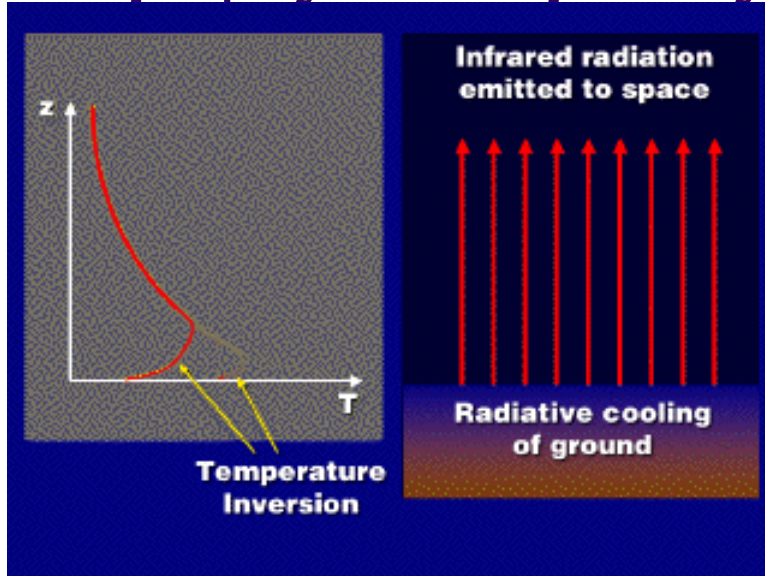
Αναστροφές θερμοκρασίας ($\gamma = -\Delta T/\Delta z < 0$)



Σχήμα. Σχηματική αναπαράσταση αναστροφής θερμοκρασίας.

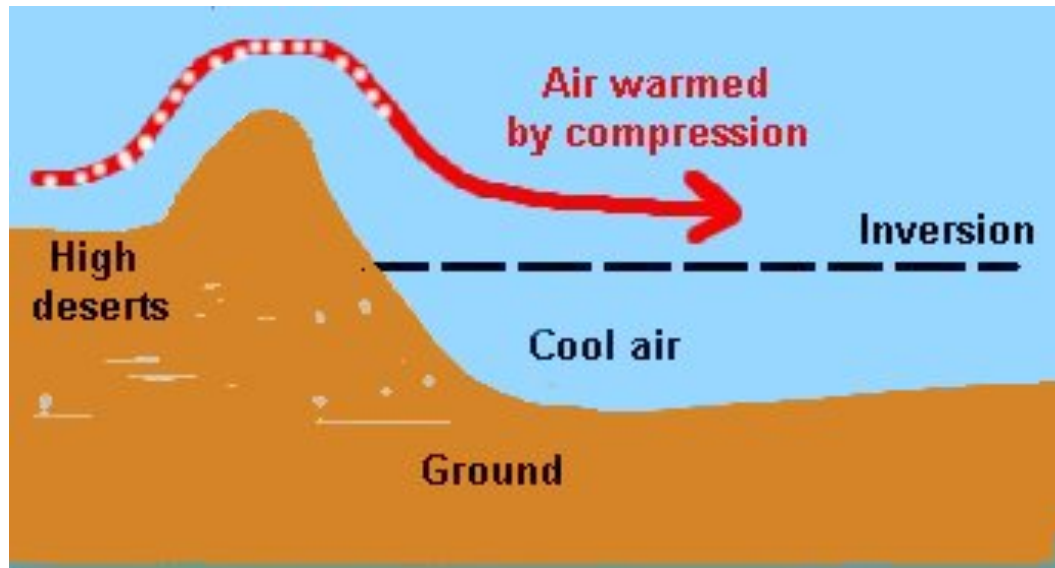
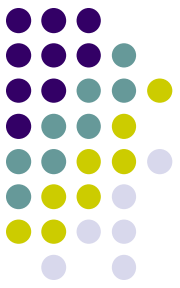


Αναστροφές ακτινοβολίας (radiation inversions)



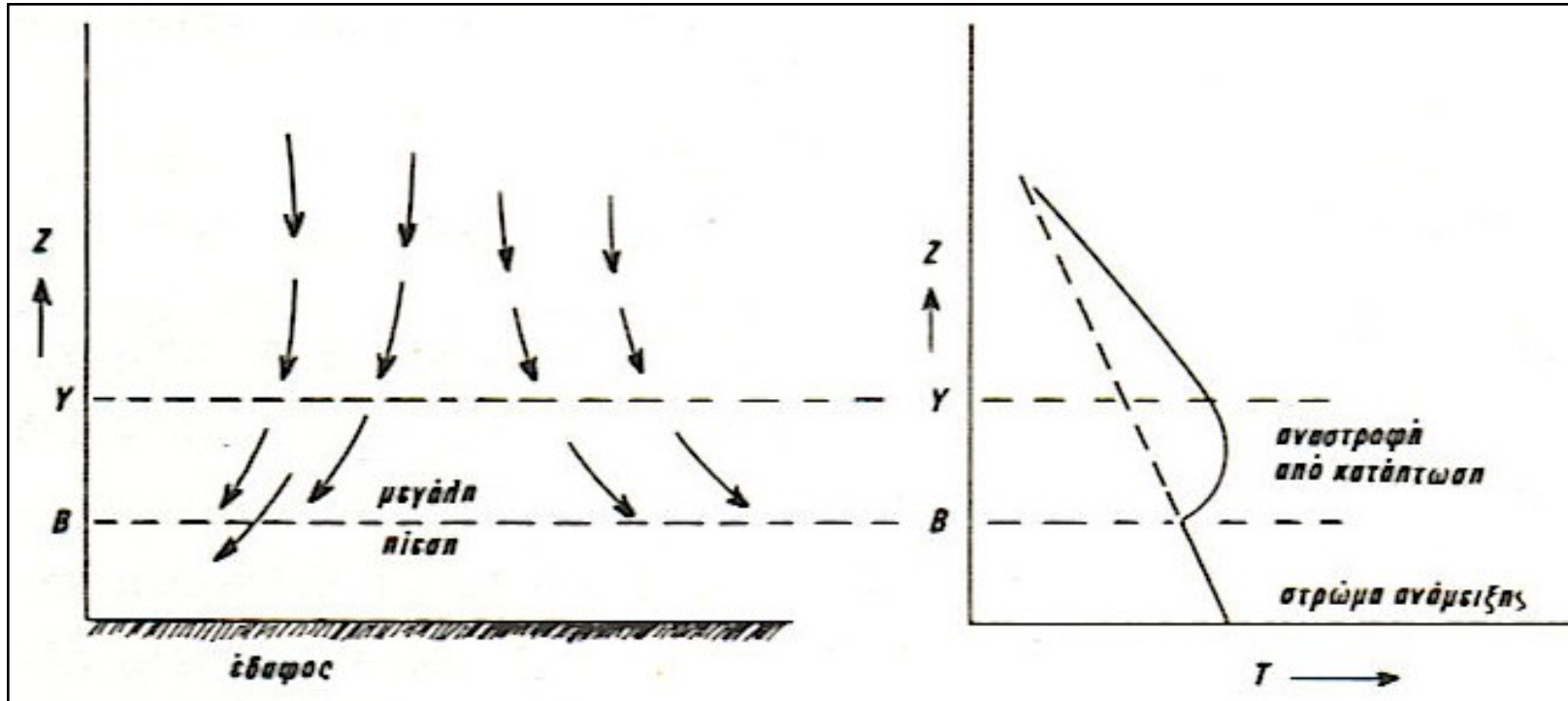
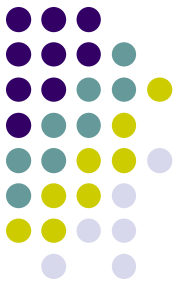
- Πλέον συνηθισμένες αναστροφές
- Σχηματίζονται σε επαφή με την επιφάνεια της γης όταν αυτή ψύχεται ισχυρά λόγω έντονης ακτινοβολίας της.
- Τα αέρια στρώματα σε επαφή με τη γη ψύχονται περισσότερο των υπερκειμένων και έτσι η θερμοκρασία αυξάνει με το ύψος
- νύκτα, χειμώνας, ασθενείς άνεμοι, έλλειψη νέφωσης, ευνοϊκοί παράγοντες (συχνό φαινόμενο στις ερήμους)
- Πάχος στρώματος αναστροφής από 10-15 m, μέχρι 200-300 m (στη Σιβηρία φτάνει ~3 Km)

Αναστροφές κατάπτωσης (subsidence inversions)



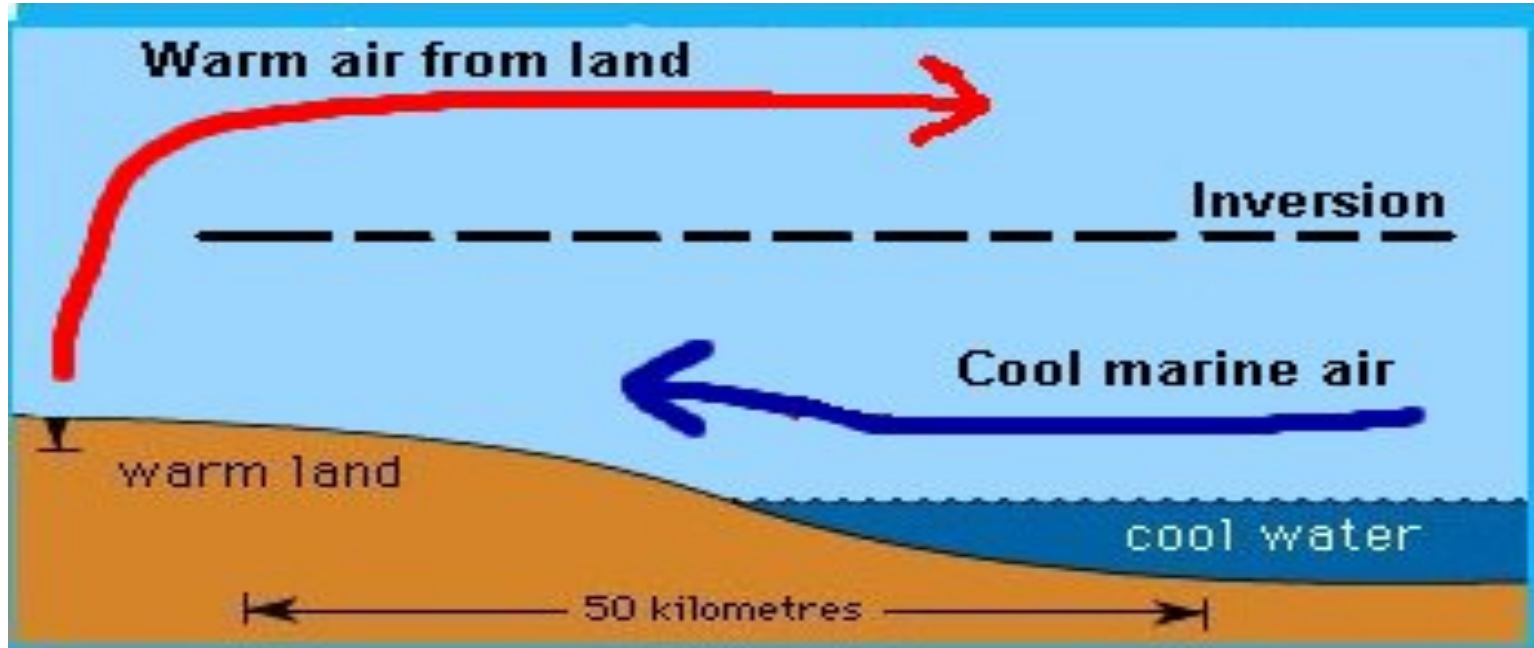
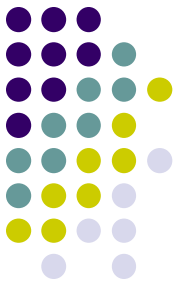
- Σημαντικές από τη σκοπιά του ελέγχου των ρύπων γιατί μπορούν να επηρεάσουν περιοχές ευρείας έκτασης για αρκετές ημέρες.
- Συνδέεται με τα μεγαλύτερα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Αντικυκλωνικές αναστροφές (high-pressure inversions)

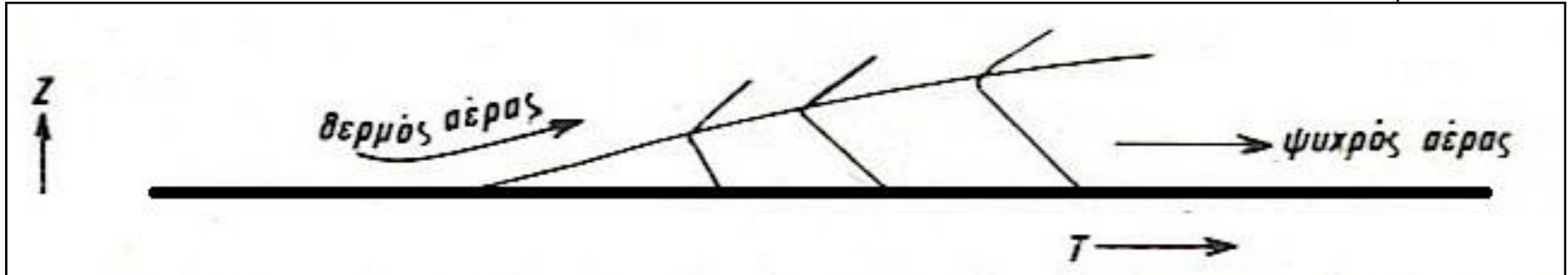


- Σε αντικυκλωνικό σύστημα (ατμοσφαιρική πίεση αυξάνει προς το κέντρο του) ευνοείται η κατακόρυφη κίνηση (κατάπτωση) του αέρα με μικρή ταχύτητα προς το έδαφος (0,01 m/s ή 1 Km/μέρα).
- Η κατάπτωση του αέρα θα τον θερμάνει σύμφωνα με την υφιστάμενη ατμοσφαιρική θερμοβαθμίδα.

Θαλάσσιες αναστροφές (Marine inversions)

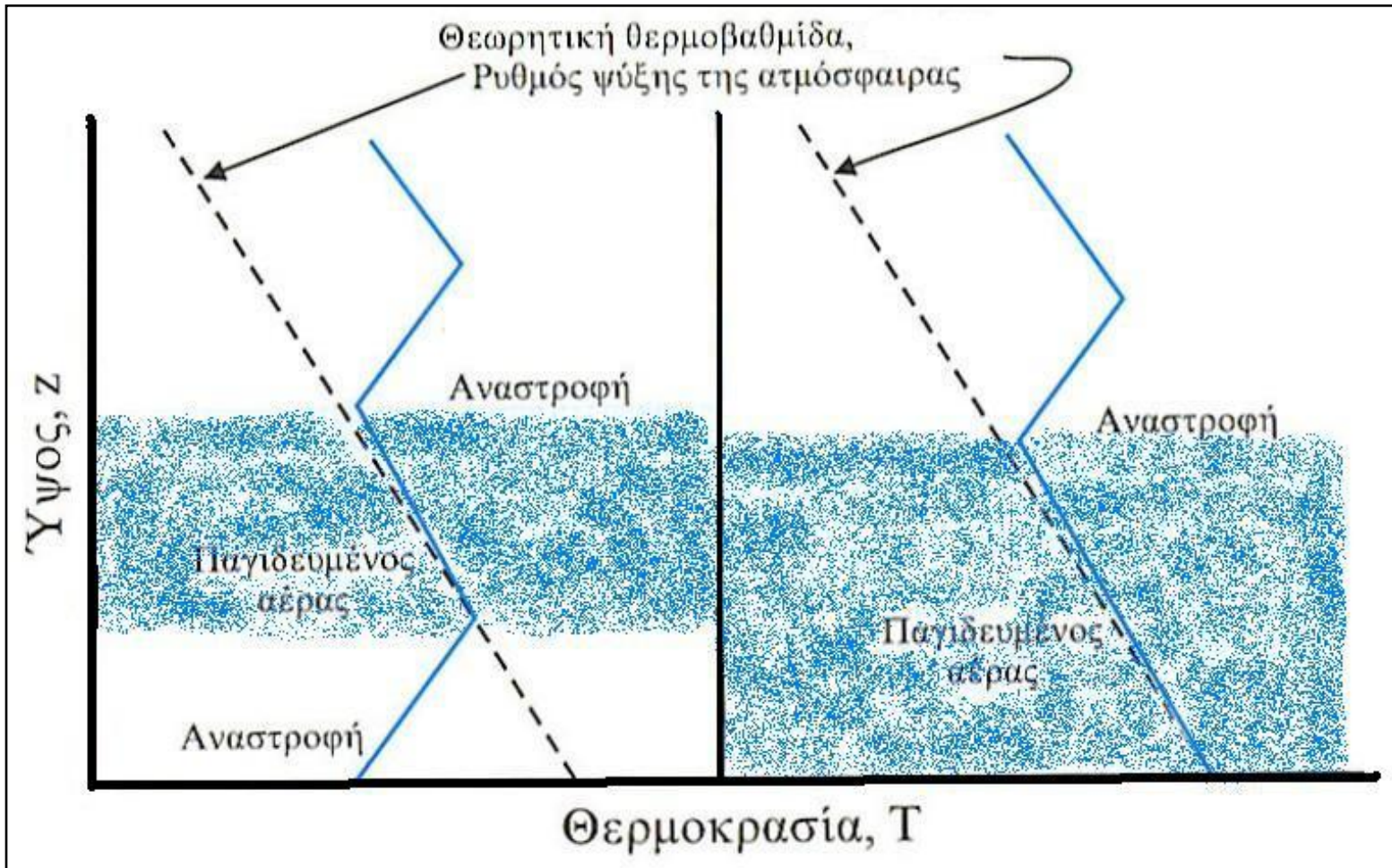
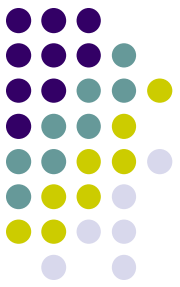


Μετωπικές αναστροφές (frontal inversions)



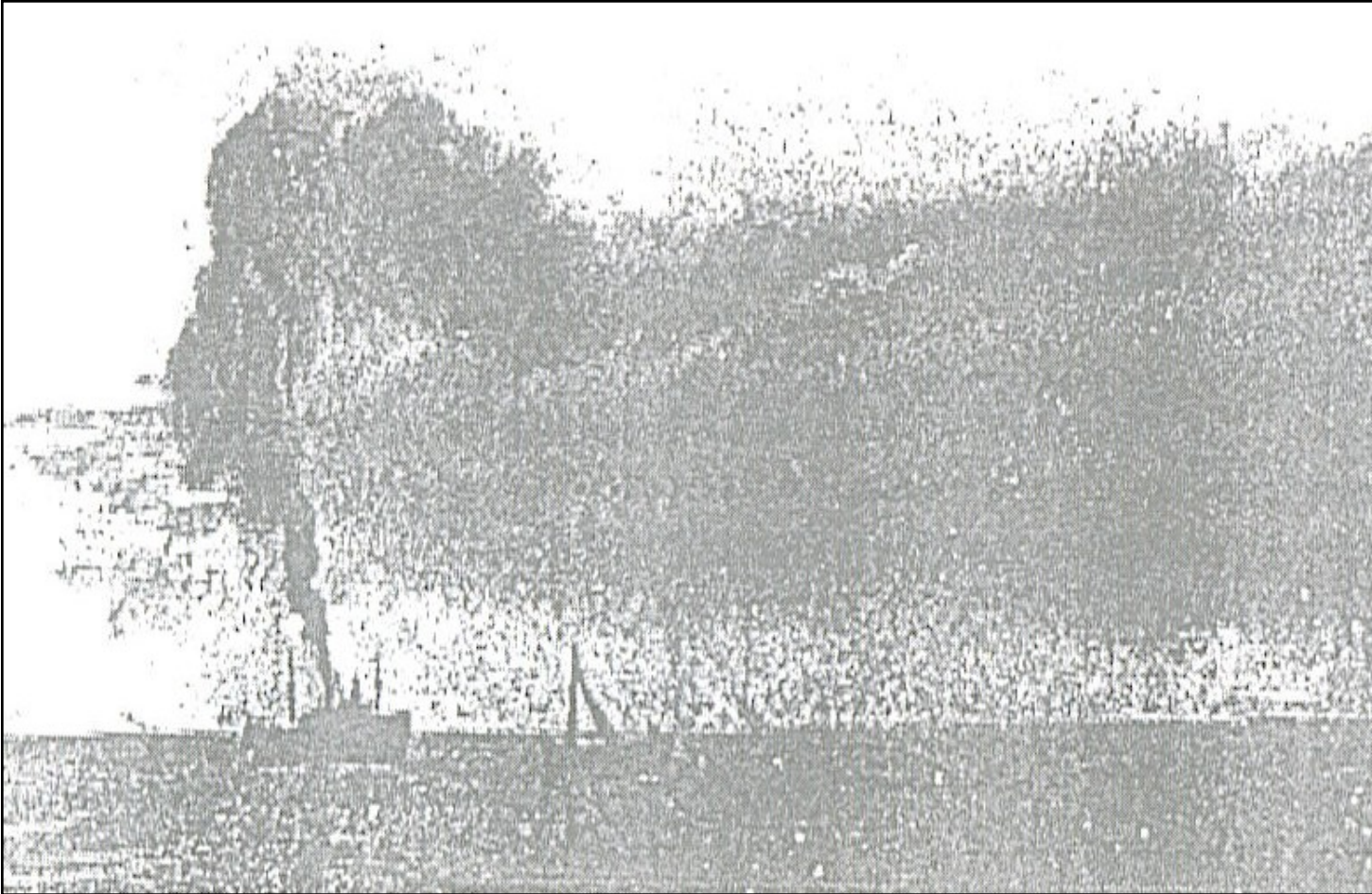
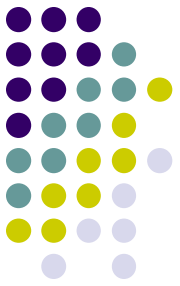
- Δημιουργούνται από οριζόντια μεταφορά :
 - Θερμού αέρα πάνω από ψυχρό (θερμό μέτωπο)
 - Ψυχρού αέρα κάτω από θερμό (ψυχρό μέτωπο). Σημαντικές από τη σκοπιά του ελέγχου των ρύπων γιατί μπορούν να επηρεάσουν περιοχές ευρείας έκτασης για αρκετές ημέρες.
- Περιβαλλοντική αξία έχει το 1ο είδος αναστροφής που ευνοεί την περιορισμένη διάχυση των ρύπων, επειδή :
 - Τα θερμά μέτωπα έχουν μικρή κλίση (1:200) με αποτέλεσμα την εμφάνιση αναστροφής σε χαμηλό ύψος πάνω από αρκετά εκτεταμένη επιφάνεια
 - Τα θερμά μέτωπα κινούνται πιο αργά

Επιδράσεις θερμοκρασιακών αναστροφών



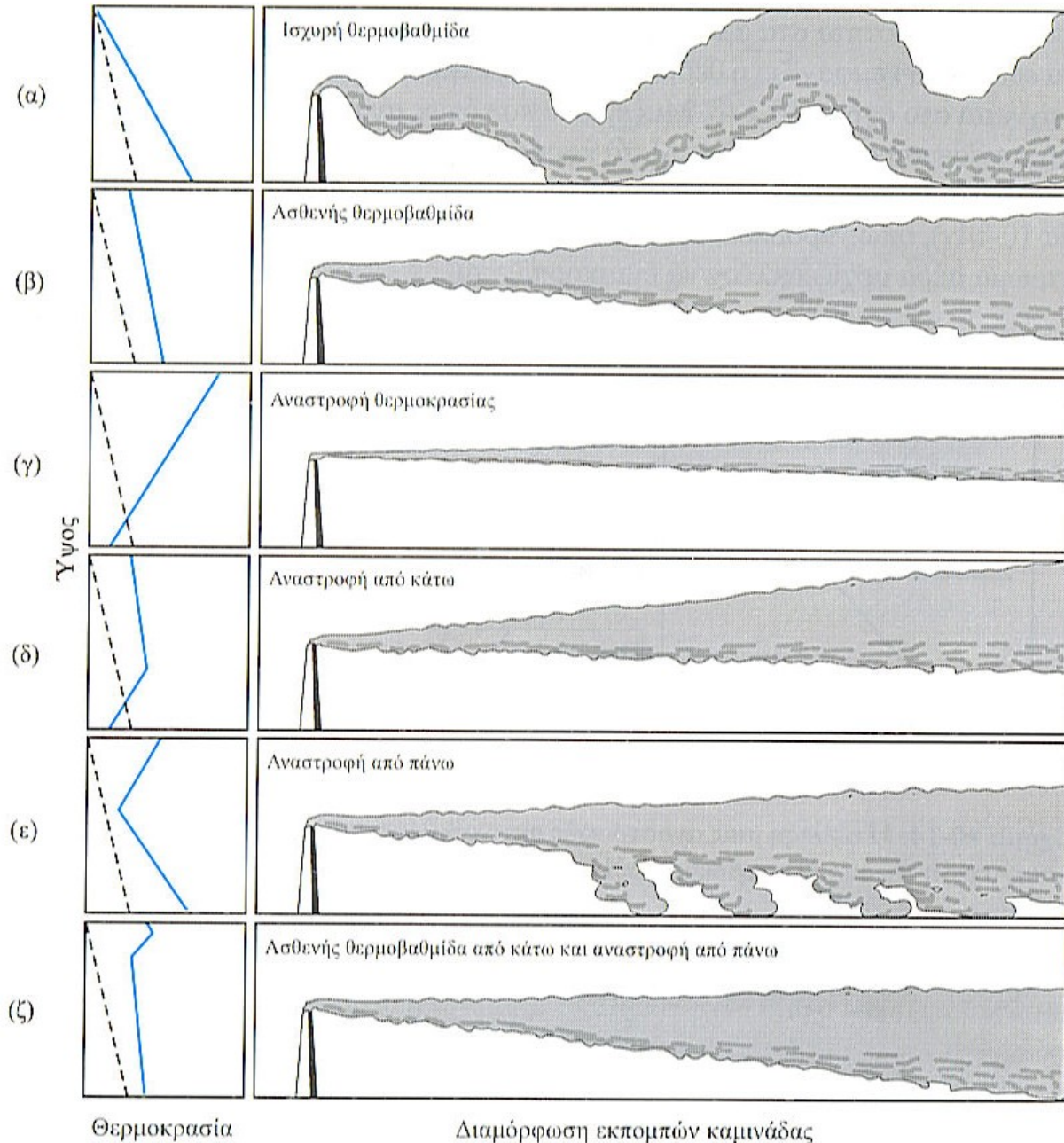
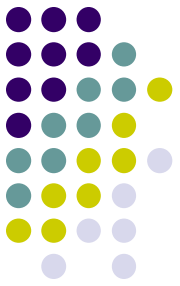
Σχήμα. Δύο περιπτώσεις παγίδευσης αερίων μαζών λόγω ύπαρξης θερμοκρασιακών αναστροφών

Επιδράσεις θερμοκρασιακών αναστροφών



Σχήμα. Εξάπλωση και παγίδευση των εκπομπών ενός πλοίου κάτω από το ύψος αναστροφής θερμοκρασίας που εκτιμάται στα 250 m περίπου (κόλπος Θεσ/νίκης, 18/2/1964, 07:30)

Επιδράσεις θερμοκρασιακών αναστροφών



Σχήμα. Επίδραση θερμοβαθμίδας και οριζόντιας τυρβώδους ροής στη συμπεριφορά διασκορπισμού των ρύπων που εξέρχονται από μια καμινάδα. Οι περιπτώσεις (ε) και (ζ) δημιουργούν επικίνδυνα υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στην γειτονία της καμινάδας.

Παραδείγματα θερμοκρασιακών αναστροφών



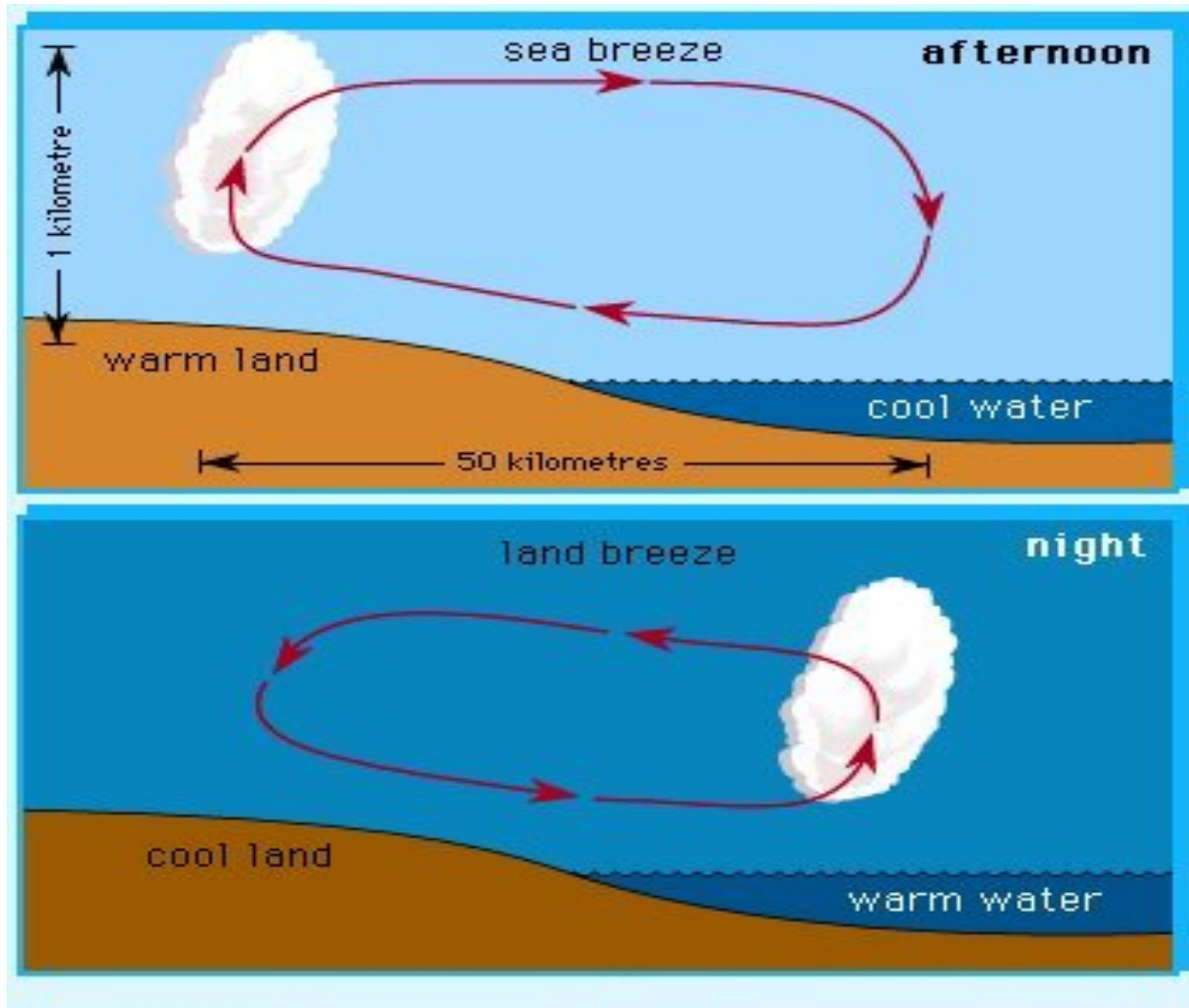
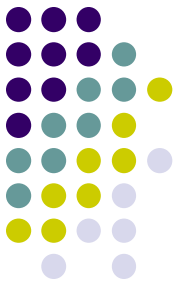
Παραδείγματα θερμοκρασιακών αναστροφών



Παραδείγματα θερμοκρασιακών αναστροφών

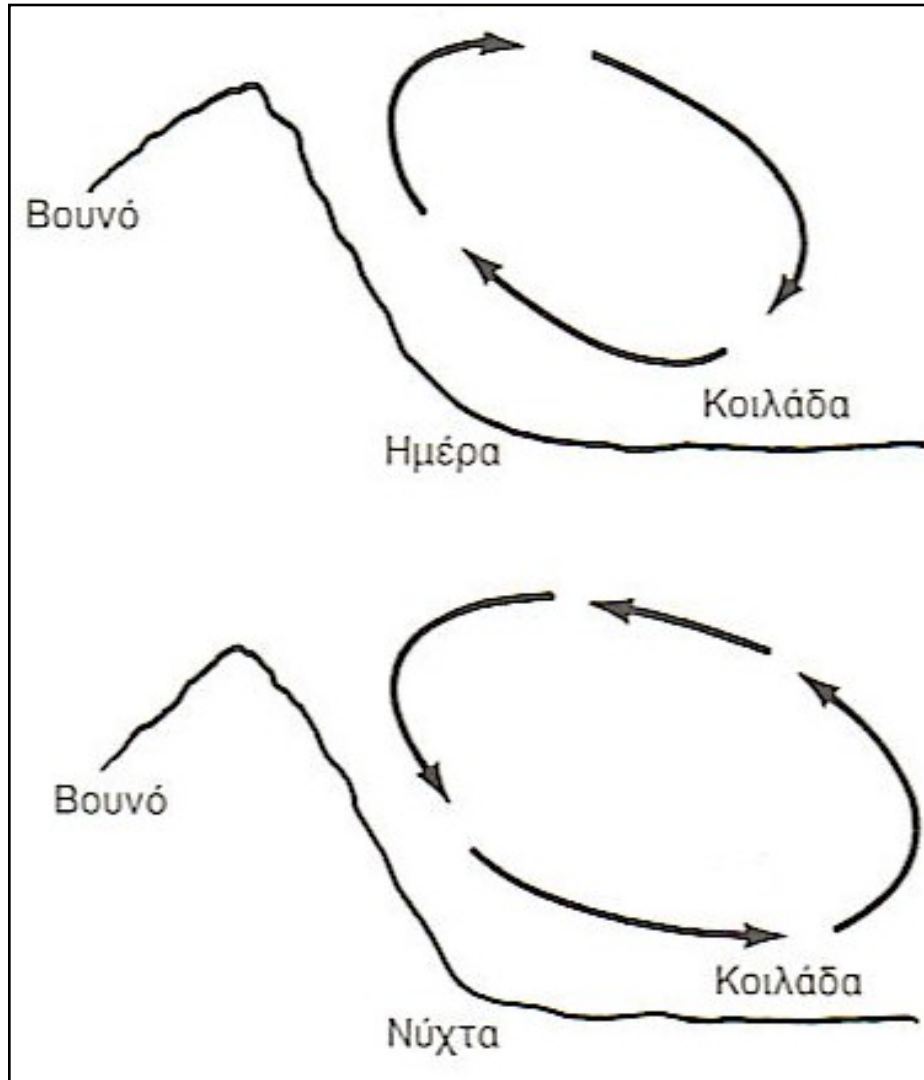
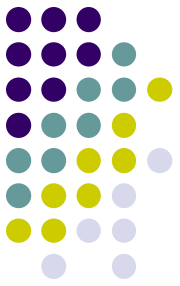


Επιδράσεις της τοπικής κυκλοφορίας του αέρα



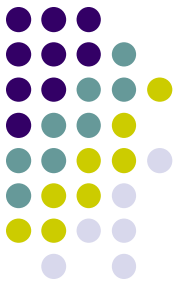
Σχήμα. Σχηματική ανάπτυξη μιας απόγειας – θαλάσσιας αύρας.

Επιδράσεις της τοπικής κυκλοφορίας του αέρα



Σχήμα. Σχηματική ανάπτυξη ενός ανέμου βουνού – κοιλάδας.

Μετεωρολογία και αέρια ρύπανση



- Έρευνες αέριας ρύπανσης
 - Χρήση κινητών ή σταθερών δειγματοληπτών
 - Επιλογή τόπου δειγματοληψίας (μέση διεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία, ποσοστό νέφωσης, ατμοσφαιρική θερμοβαθμίδα, κτλ.)
- Επιλογή χωροθέτησης βιομηχανικών μονάδων
 - Σημαντική η κλιματολογία της αέριας ρύπανσης στην επιλογή της θέσης
 - Μέση ταχύτητα ανέμου και δεδομένα κατεύθυνσης
 - Διακυμάνσεις ανέμου (εποχιακές, ημερήσιες)
 - Συχνότητα των στάσιμων καιρικών περιόδων
 - Επίδραση της τοπογραφίας και των τοπικών συστημάτων ανέμων σε σχέση με μοντέλα διασποράς και τις γειτονικά κατοικήσιμες και βιομηχανικές περιοχές

Μετεωρολογία και αέρια ρύπανση



- Προσδιορισμός των ρυθμών εκπομπών
 - Έλεγχος των ρυθμών εκπομπής σε συσχέτιση με συνθήκες χαμηλής διασποράς για :
 - κανονικές συνθήκες λειτουργίας
 - έκτακτες συνθήκες λειτουργίας (εκκίνηση, συντήρηση, ατύχημα, κτλ.)
- Σχεδιασμός καμινάδων
 - Καταγραφή των απαιτούμενων καιρικών παραμέτρων
 - Μέση ταχύτητα ανέμου στο ύψος της καμινάδας, μέση θερμοκρασία, μέσες συνθήκες ανάμιξης (σταθερότητα), μέσο ύψος και συχνότητα εμφάνισης αναστροφών
 - Σχεδιασμός για το χειρότερο συνδυαστικό σενάριο (υπολογιστικά μοντέλα διασποράς ρύπων)

Μετεωρολογία και αέρια ρύπανση

