



Παράκτια Ωκεανογραφία

Διάλεξη 1η: Φυσικές Παράμετροι Θαλασσιών Μαζών

Γιάννης Ν. Κρεστενίτης
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Αντικείμενο μαθήματος

- Φυσικά χαρακτηριστικά και τύποι θαλασσίων μαζών. Θερμικό ισοζύγιο στη θάλασσα.
- Θαλάσσια ρεύματα. Βαροτροπική και βαροκλινική θαλάσσια κυκλοφορία. Παλίρροιες και κύματα (επιφανειακά και εσωτερικά).
- Μονοχρωματικοί και στοχαστικοί κυματισμοί. Μαθηματικά μοντέλα περιγραφής ανεμογενών κυματισμών.
- Μαθηματική προσομοίωση της παράκτιας κυκλοφορίας. Τάσεις ακτινοβολίας, κυματογενής κυκλοφορία, μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις.
- Ωκεανογραφικές μετρήσεις, όργανα και ανάλυση μετρήσεων.
- Βασικές έννοιες χημικής και βιολογικής ωκεανογραφίας.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

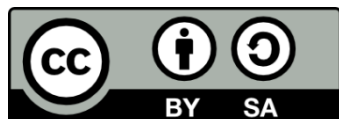
Θα αναφέρεται η νέα θέση και η θέση στο moodle

Ηλεκτρονικές πηγές μαθήματος

<http://blackboard.lib.auth.gr>



Ενότητα 1: Φυσικές Παράμετροι Θαλασσίων Μαζών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

- i. Θερμοκρασία
- ii. Θερμοκλινές
- iii. Αλατότητα
- iv. Πυκνότητα



Σκοποί ενότητας

- Παρουσίαση φυσικών παραμέτρων θαλασσίων μαζών.
- Εποχιακές και χωρικές μεταβολές.
- Κατανομές στη θαλάσσια στήλη.
- Απεικόνιση φυσικών παραμέτρων θαλασσίων μαζών.



Φυσικές ιδιότητες των θαλάσσιων μαζών

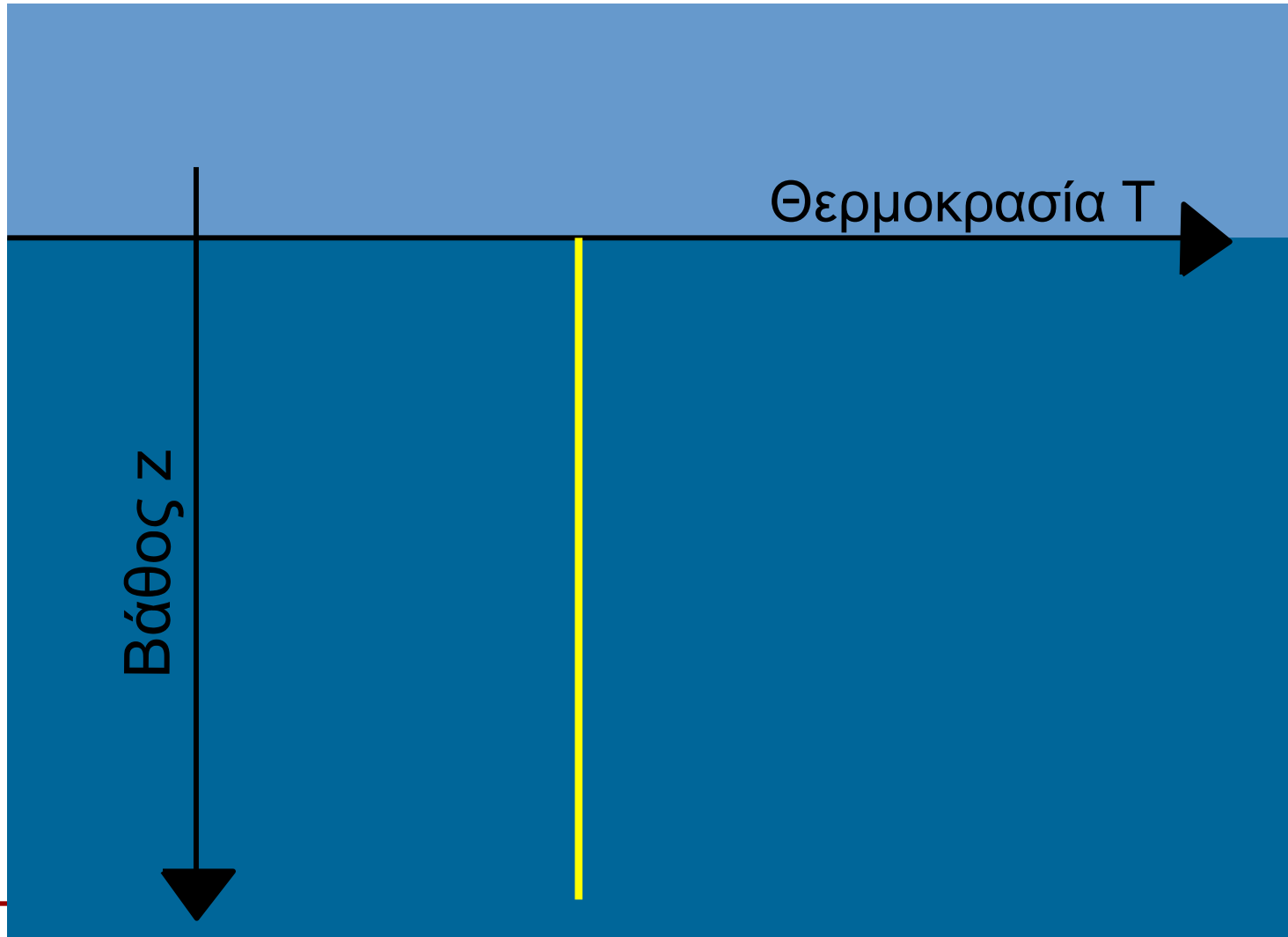
Θερμοκρασία

- Εκφράζεται συνήθως σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$).
- Η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται από -2 έως 30°C .
- Μεταβολές της προσπίπτουσας ακτινοβολίας επιδρούν στην κατανομή της θερμοκρασίας σε όλη την στήλη νερού.
- Η επίδραση αυτή δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή.



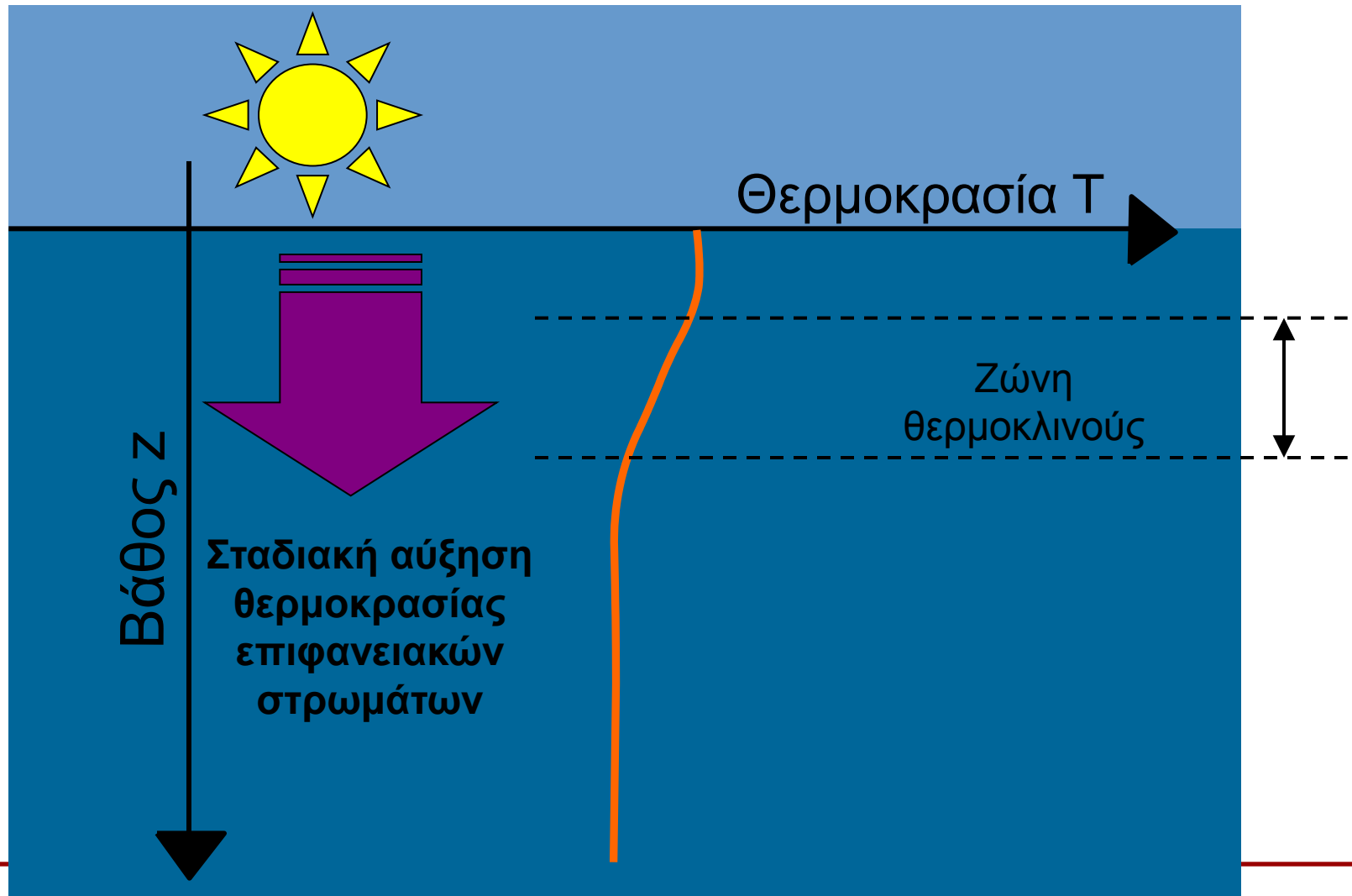
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Άνοιξη - ομοιογενής στήλη (σταθερή θερμοκρασία με το βάθος)



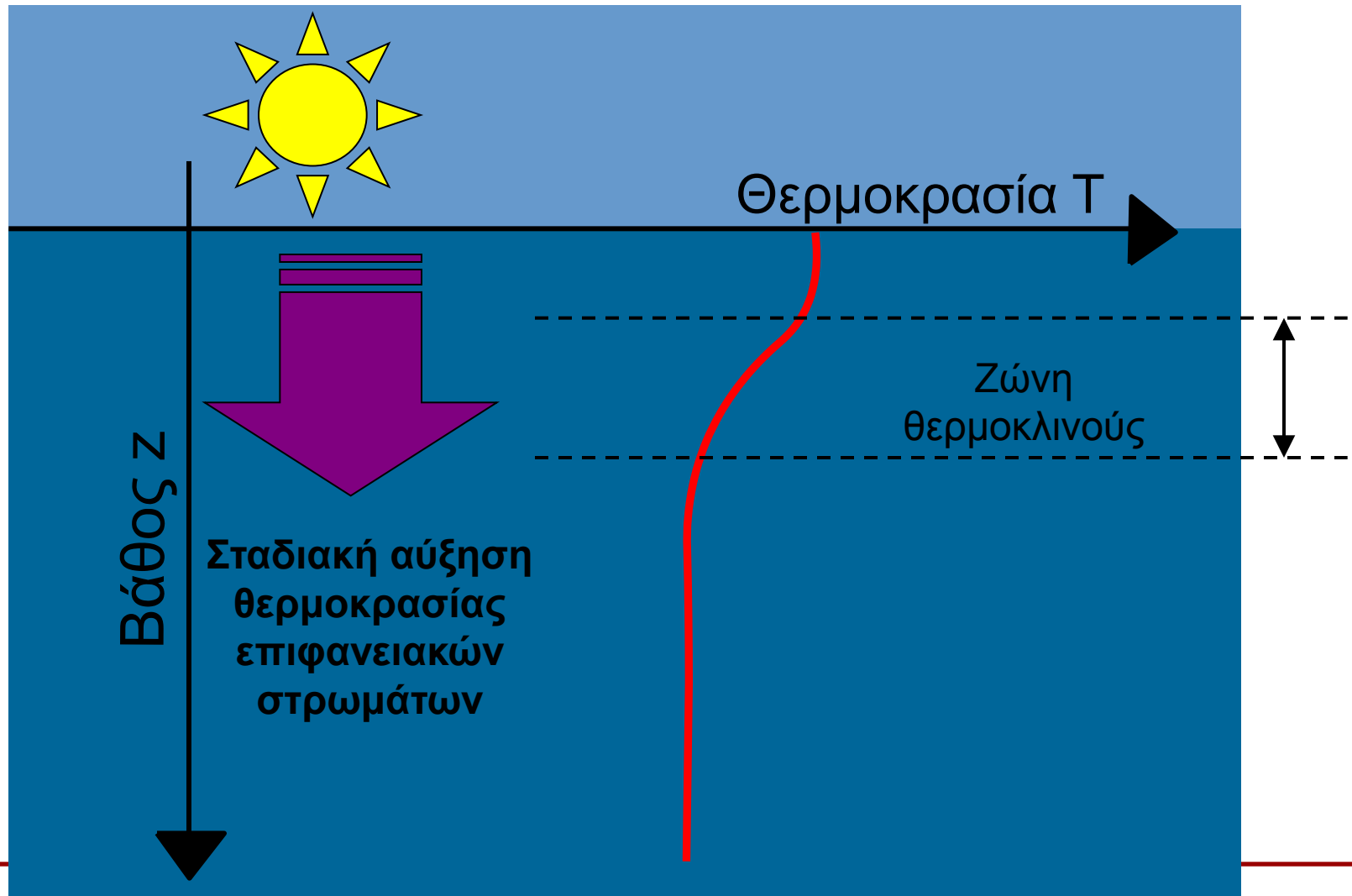
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Καλοκαίρι – σταδιακή αύξηση εξωτερικής θερμοκρασίας



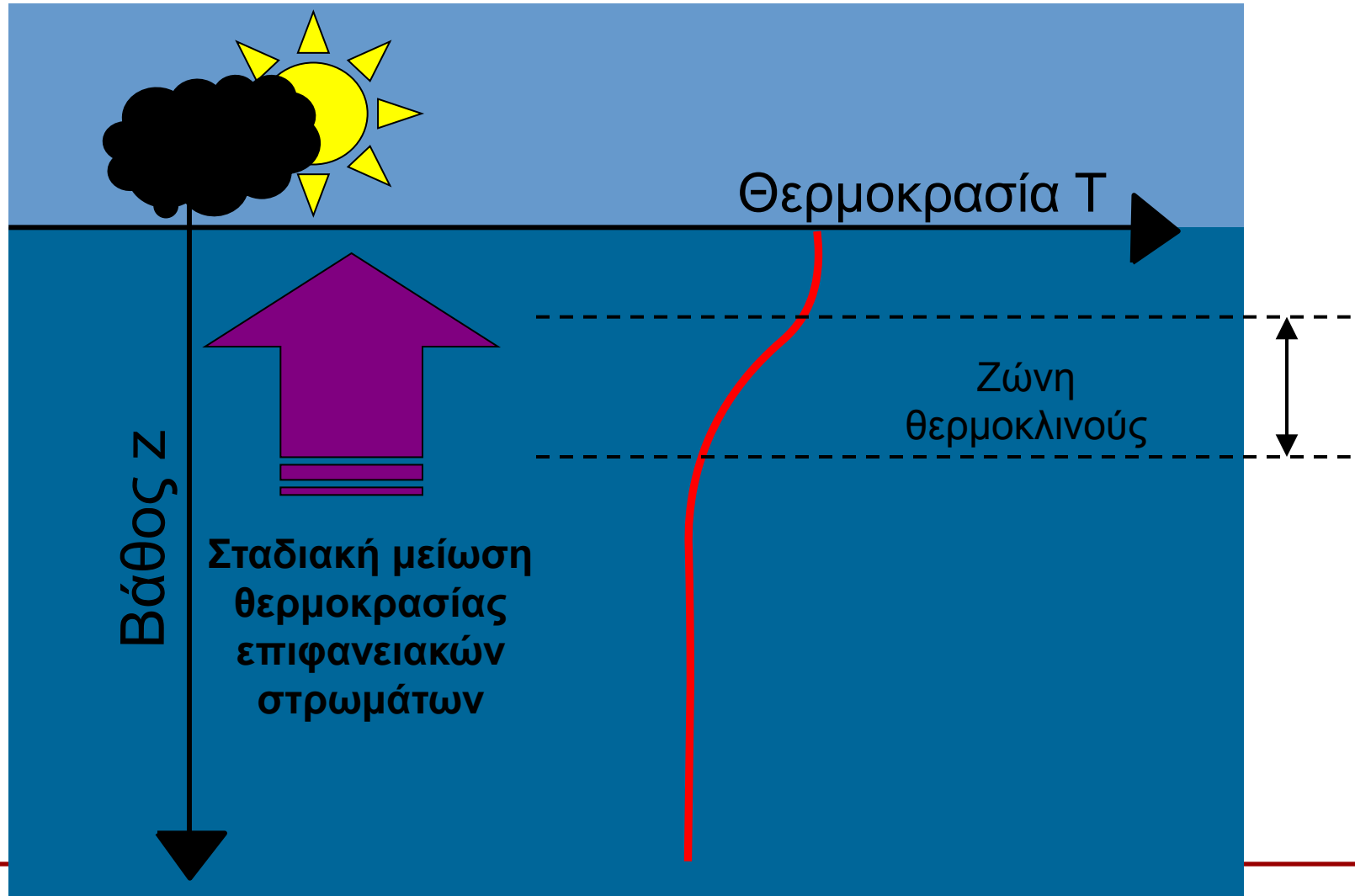
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Καλοκαίρι – σταδιακή αύξηση εξωτερικής θερμοκρασίας



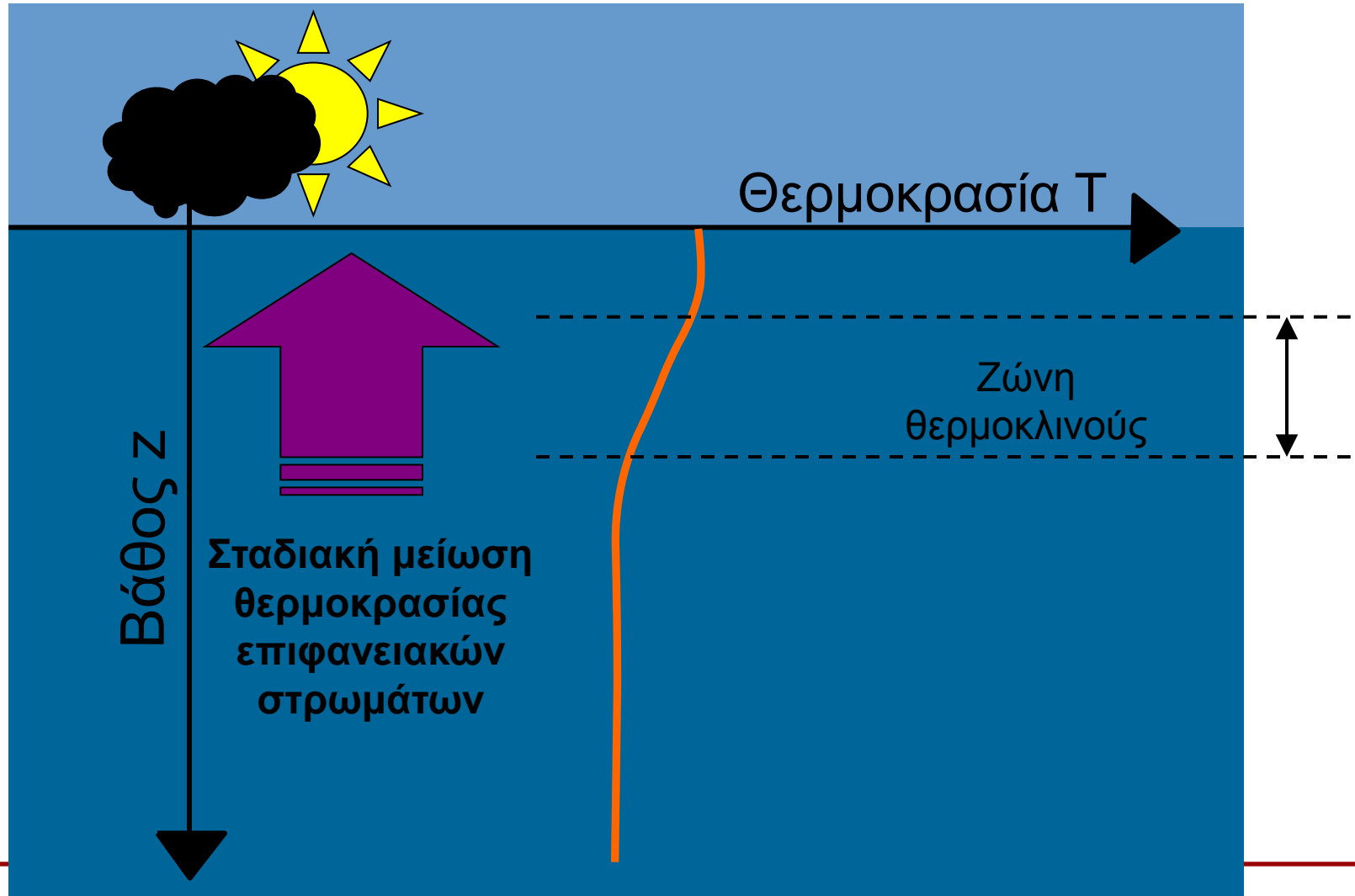
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Φθινόπωρο – σταδιακή μείωση θερμοκρασίας ατμόσφαιρας



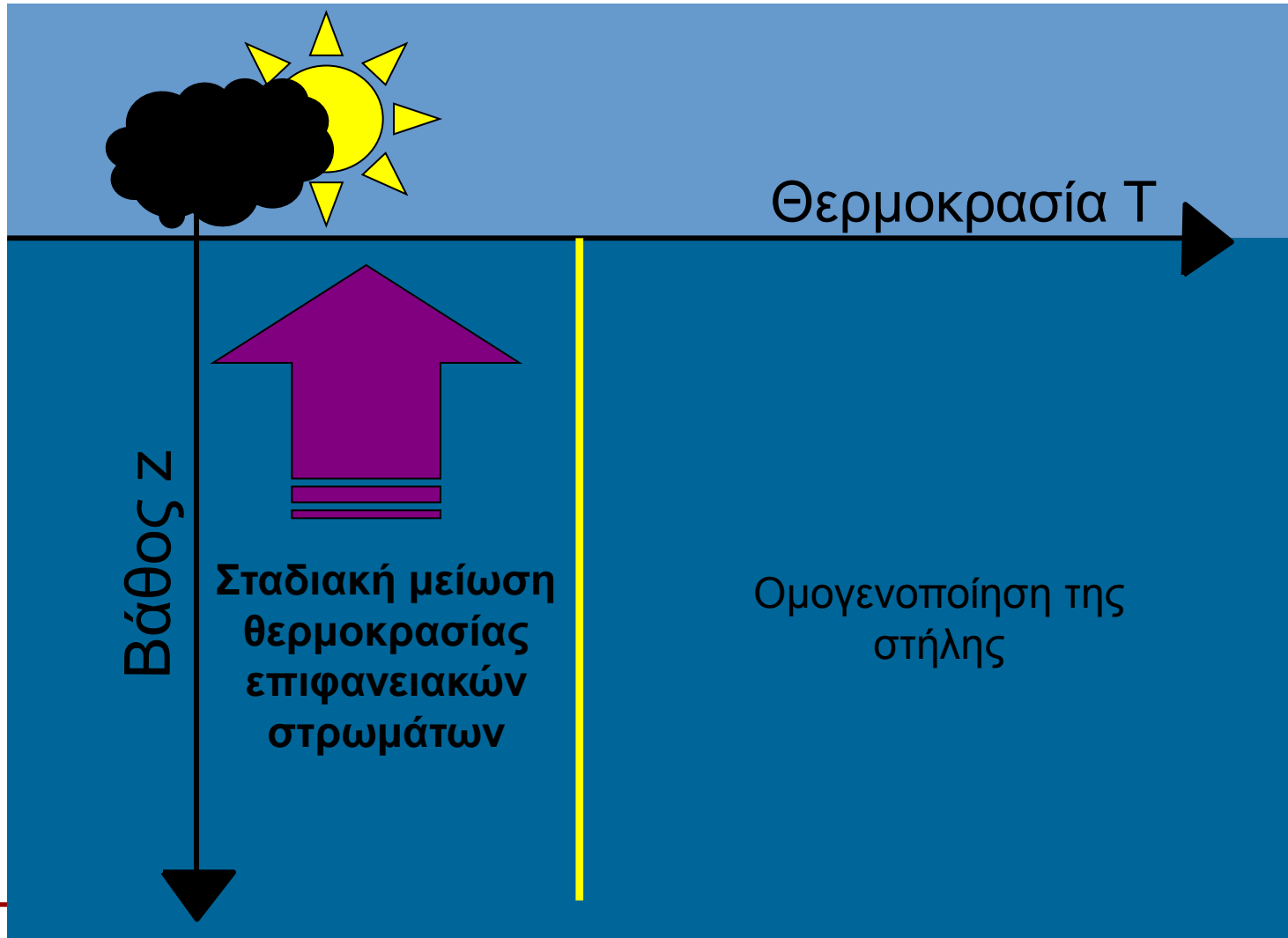
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Φθινόπωρο – σταδιακή μείωση θερμοκρασίας ατμόσφαιρας



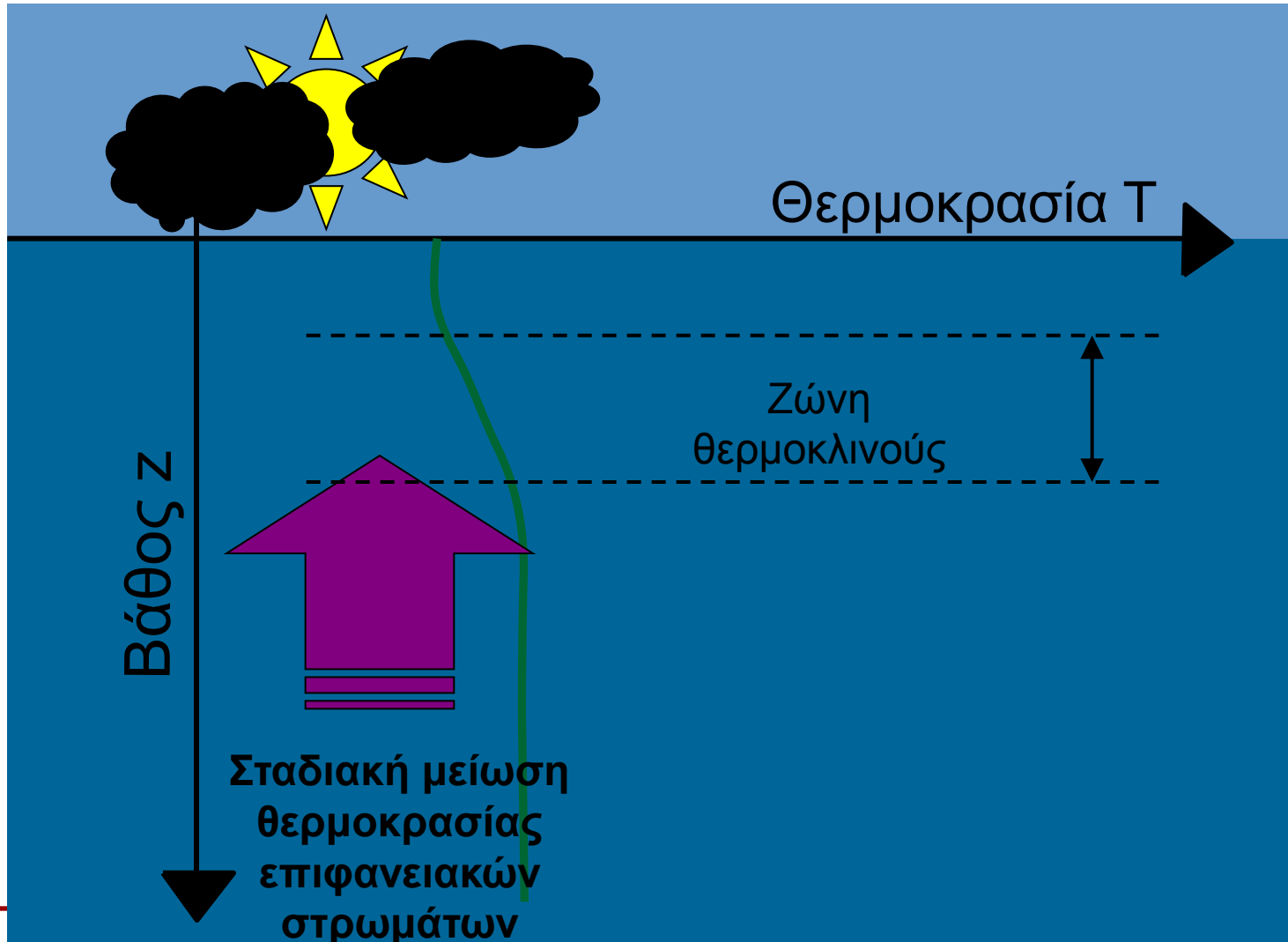
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Φθινόπωρο – σταδιακή μείωση θερμοκρασίας ατμόσφαιρας

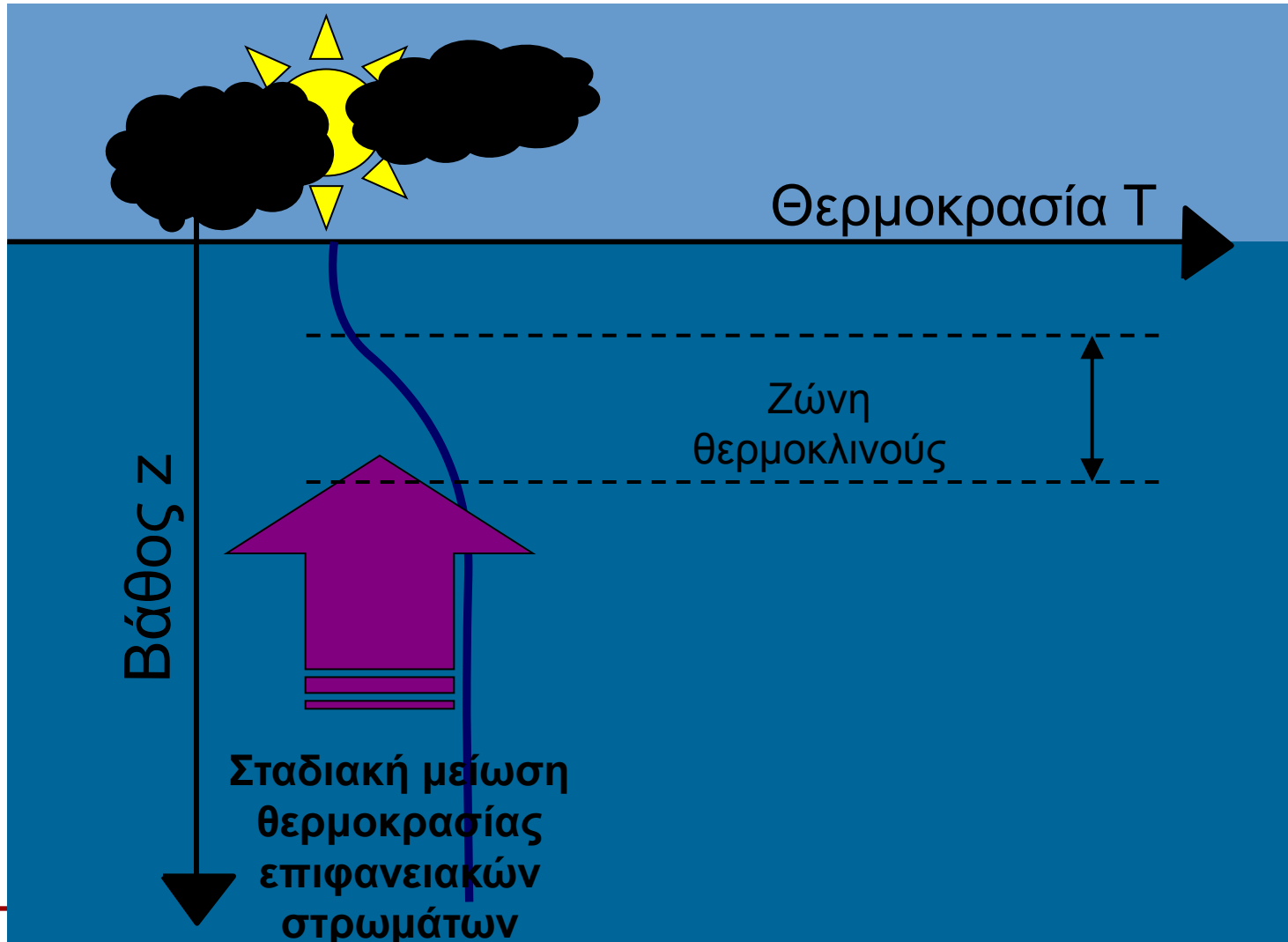


Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Χειμώνας – περαιτέρω μείωση εξωτερικής θερμοκρασίας

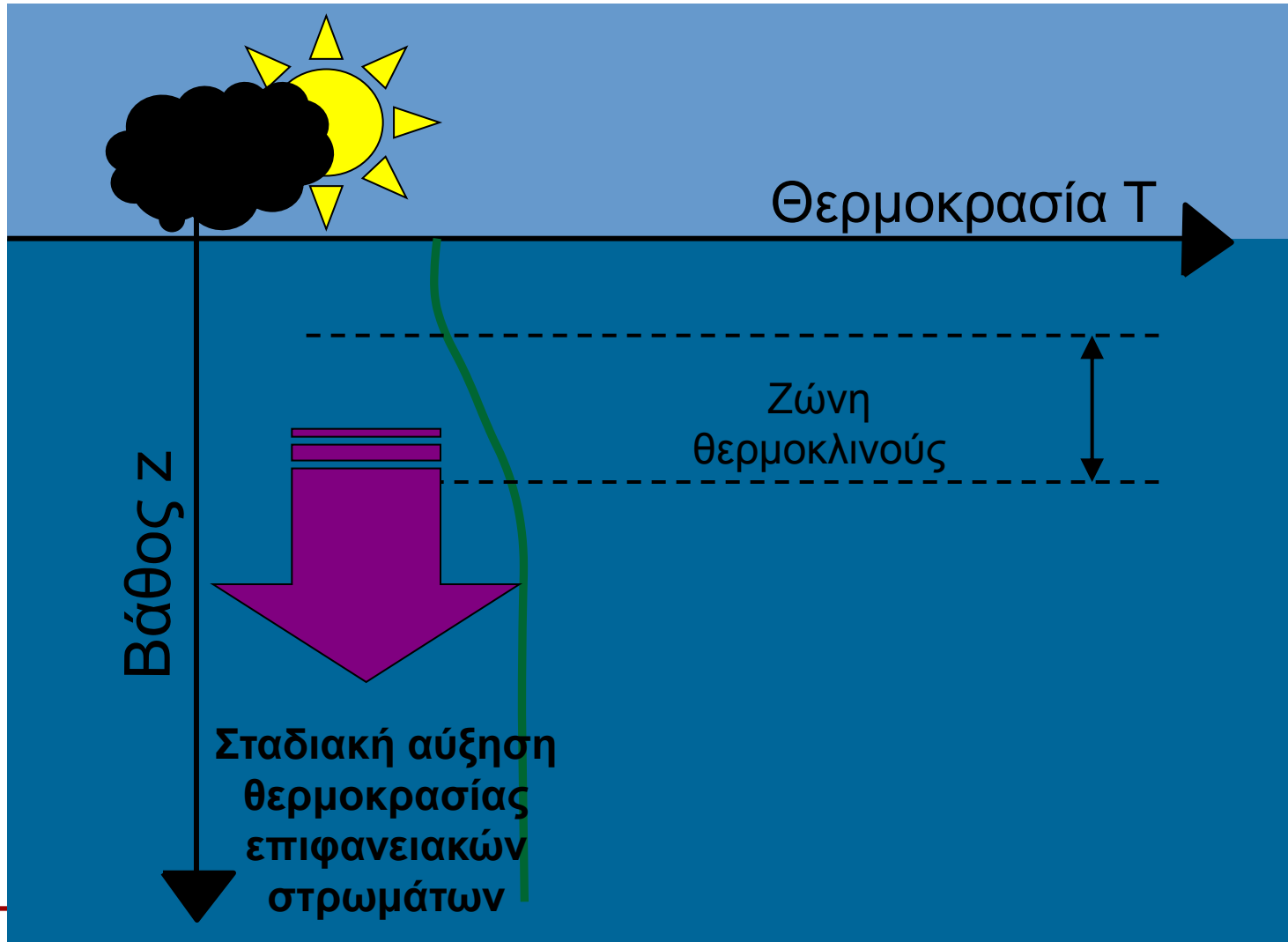


Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς Χειμώνας – περαιτέρω μείωση εξωτερικής θερμοκρασίας



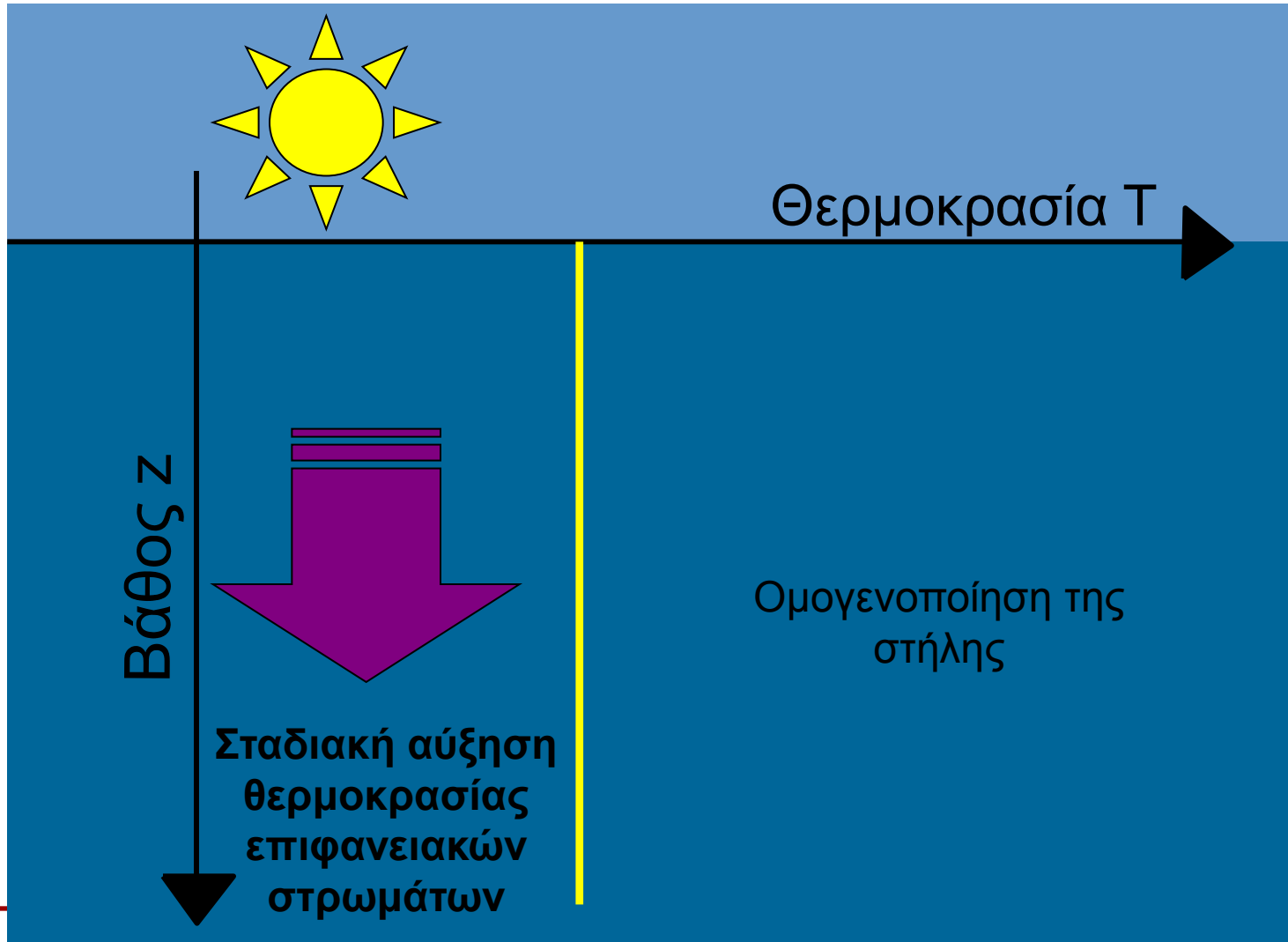
Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Άνοιξη – σταδιακή αύξηση θερμοκρασίας ατμόσφαιρας

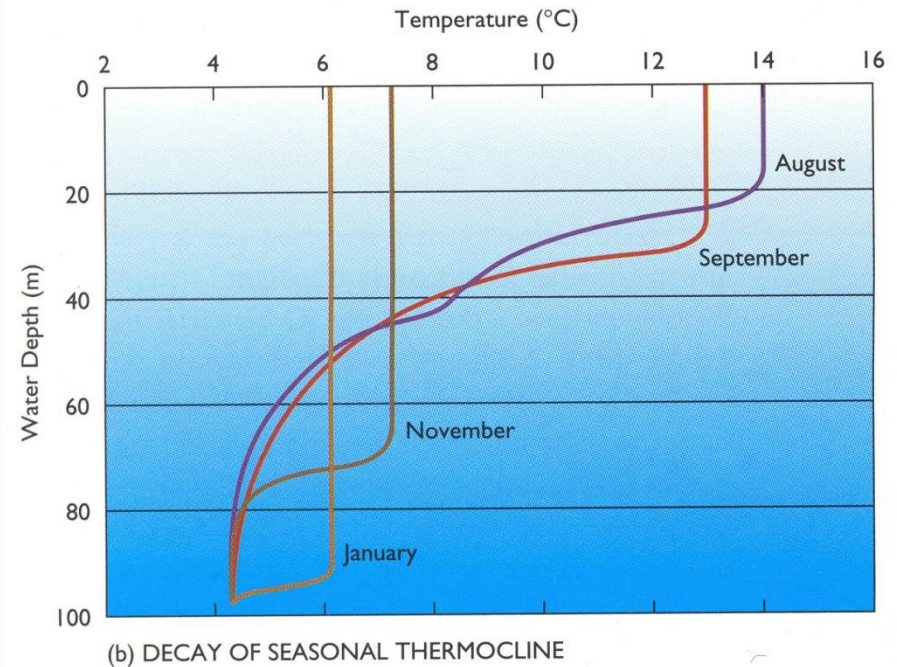
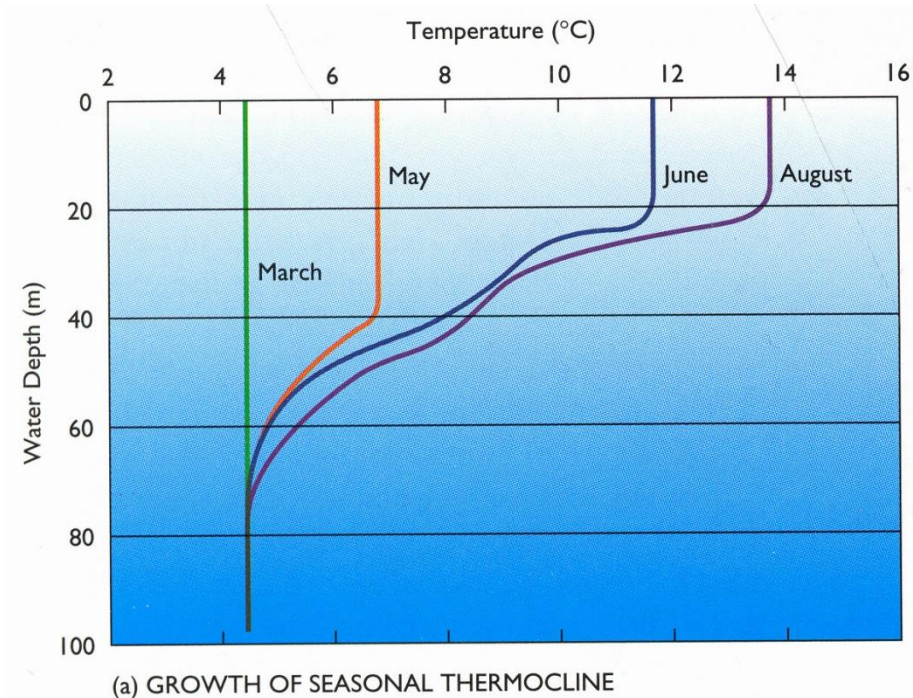


Εποχιακός κύκλος κατανομής της θερμοκρασίας Δημιουργία & καταστροφή του θερμοκλινούς

Άνοιξη – σταδιακή αύξηση θερμοκρασίας ατμόσφαιρας



Θερμοκρασία- Εποχιακή εξέλιξη του θερμοκλινούς



- **Ανάπτυξη και υποχώρηση του θερμοκλινούς**

Υπολογισμός της δυναμικής θερμοκρασίας Θ

$$\begin{aligned}\Theta = & T - \left(0.36504 \times 10^{-4} + 0.83198 \times 10^{-5} T - 0.54065 \times 10^{-7} T^2 + 0.40274 \times 10^{-9} T^3\right) p \\ & - \left(0.17439 \times 10^{-5} - 0.29778 \times 10^{-7} T\right) (S - 35.0) p \\ & + 0.41057 \times 10^{-10} (S - 35.0) p^2 \\ & - \left(0.89309 \times 10^{-8} - 0.31628 \times 10^{-9} T + 0.21987 \times 10^{-11} T^2\right) p^2 \\ \dots & - \left(-0.16056 \times 10^{-12} + 0.50484 \times 10^{-14} T\right) p^3\end{aligned}$$



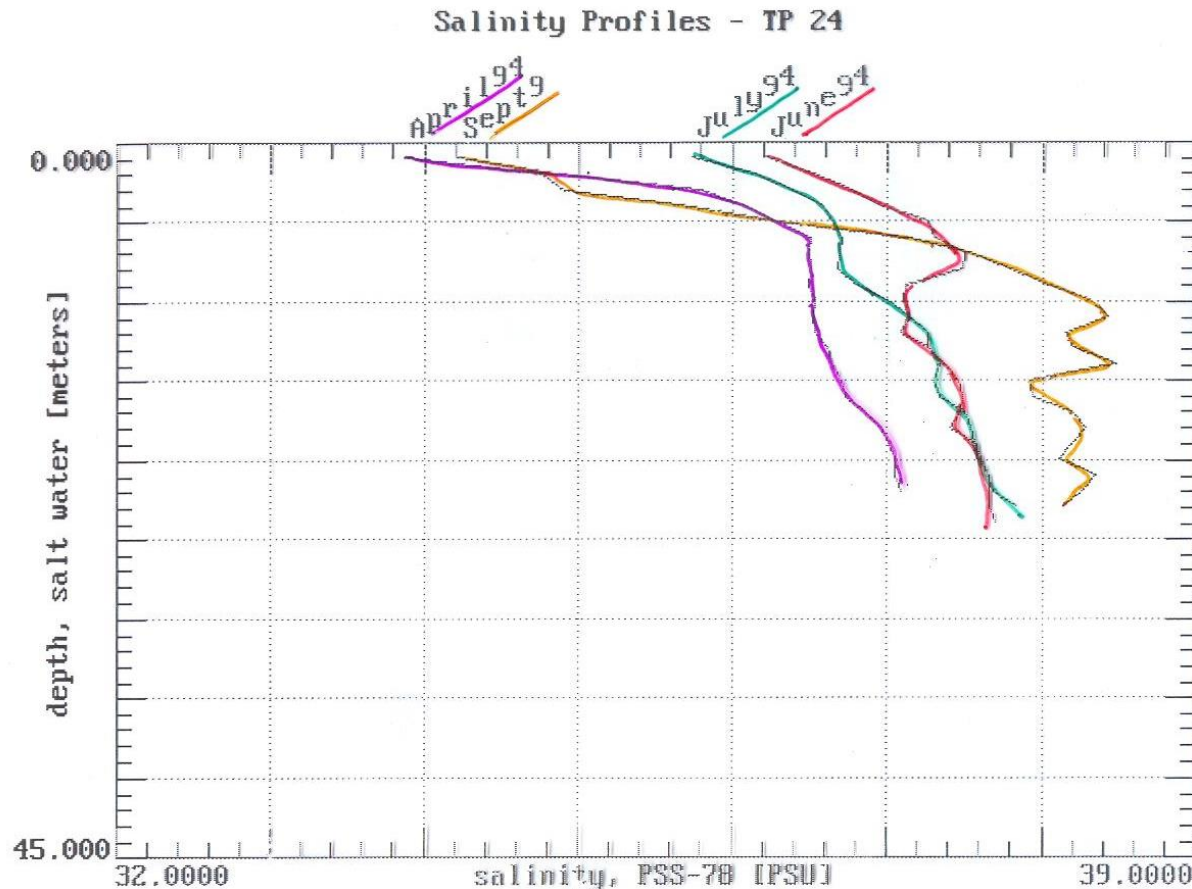
Φυσικές ιδιότητες των θαλάσσιων μαζών

Αλατότητα

- Η αλατότητα εξαρτάται από την συγκέντρωση του νερού σε κατιόντα και ανιόντα, τα οποία κυρίως είναι προϊόντα της αποσάθρωσης των πετρωμάτων του φλοιού της γης και της εξαέρωσης από το εσωτερικό της.
- psu (practical salinity units), ppt, ‰
- $S(‰) = (\text{g διαλυμένων ιόντων} / 1\text{kg θαλασσινού νερού}) \times 1000$
- 99‰ του θαλασσινού νερού έχει $S = 33 \sim 37‰$
- **Μέση τιμή της αλατότητας στους ωκεανούς $S \sim 35‰$**
- **Υφάλμυρα νερά** έχουν αλατότητα $S < 25‰$
- **Υπεράλμυρα** νερά έχουν αλατότητα $S > 40‰$



Φυσικές ιδιότητες των θαλάσσιων μαζών



Κατανομή της αλατότητας στη θαλάσσια στήλη και εποχιακή μεταβολή της λόγω της διακύμανσης της απορροής ποταμών που εκβάλουν στην παράκτια περιοχή.



Μετρήσεις θερμοκρασίας & αλατότητας

Αυτογραφικές συσκευές CTD

- C = conductivity = αγωγιμότητα
- T = temperature = θερμοκρασία
- D = depth = βάθος (πίεση)

Εικόνα αυτογραφικής
συσκευής CTD της εταιρείας
Seabird



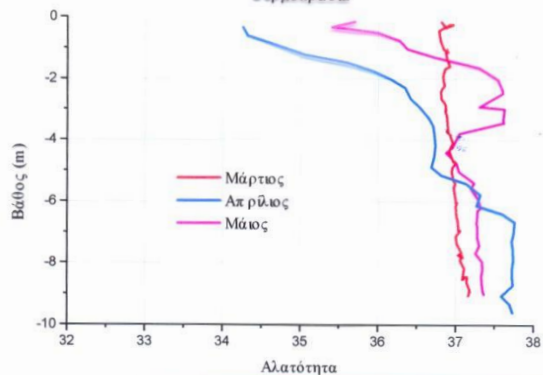
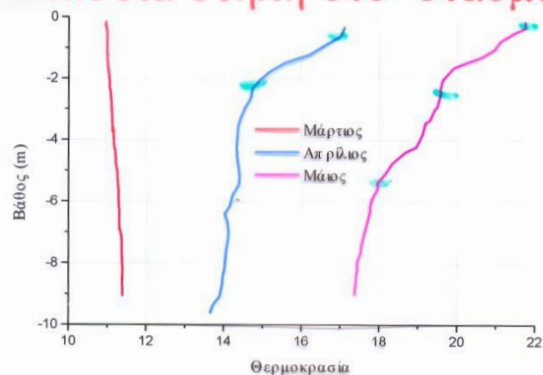
Κατανομές θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας στη θαλάσσια στήλη



Εποχιακή μεταβολή κατανομής θερμοκρασίας & αλατότητας στη θαλάσσια στήλη



Μεταβολές της θερμοκρασίας και της αλατότητας στη θαλάσσια στήλη στο σταθμό ΑΓ



Μεταβολή της κατανομής της θερμοκρασίας (άνω διάγραμμα) και αλατότητας (κάτω διάγραμμα) στη θαλάσσια στήλη σε παράκτιο σταθμό, μικρού βάθους, πλησίον της εκβολής των ποταμών στο Θερμαϊκό Κόλπο



Καταστατική εξίσωση

- Καταστατική εξίσωση

- $\rho = \rho_o[1-\alpha_T(T-T_o)+\alpha_S(S-S_o)]$

- Πυκνότητα αναφοράς $\rho_o = 1.0 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$

- $\alpha_T = 1.0 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

- $\alpha_S = 7.6 \times 10^{-4}$

- $\sigma_\theta = \rho(\theta, S, 0) - 1000$



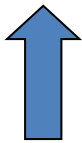
Πυκνότητα

Πυκνότητα

Προκαλεί μείωση της πυκνότητας

επιφανειακή μείωση της πυκνότητας προσδίδει ευστάθεια στην υδάτινη στήλη, στρωματοποιημένη υδάτινη μάζα.

Θερμοκρασία



Αλατότητα



$$\rho = \rho_0 [1 - \alpha_T (T - T_0) + \alpha_S (S - S_0)]$$

Προκαλεί αύξηση της πυκνότητας

επιφανειακή αύξηση της πυκνότητας προκαλεί αστάθεια και καταβύθιση της βαρύτερης μάζας, σχηματισμός ομοιογενούς υδάτινης μάζας.



Κατανομές θερμοκρασίας, αλατότητας και πυκνότητας στη θαλάσσια στήλη



Θερμοκρασία – αλατότητα - πυκνότητα

Χρήσιμος κανόνας:

Η πυκνότητα αυξάνει κατά $1\text{kg}/\text{m}^3$ όταν η θερμοκρασία μειώνεται κατά 5°C

ή

η αλατότητα αυξάνεται κατά 1ppt

ή

το βάθος αυξάνεται κατά 200m.

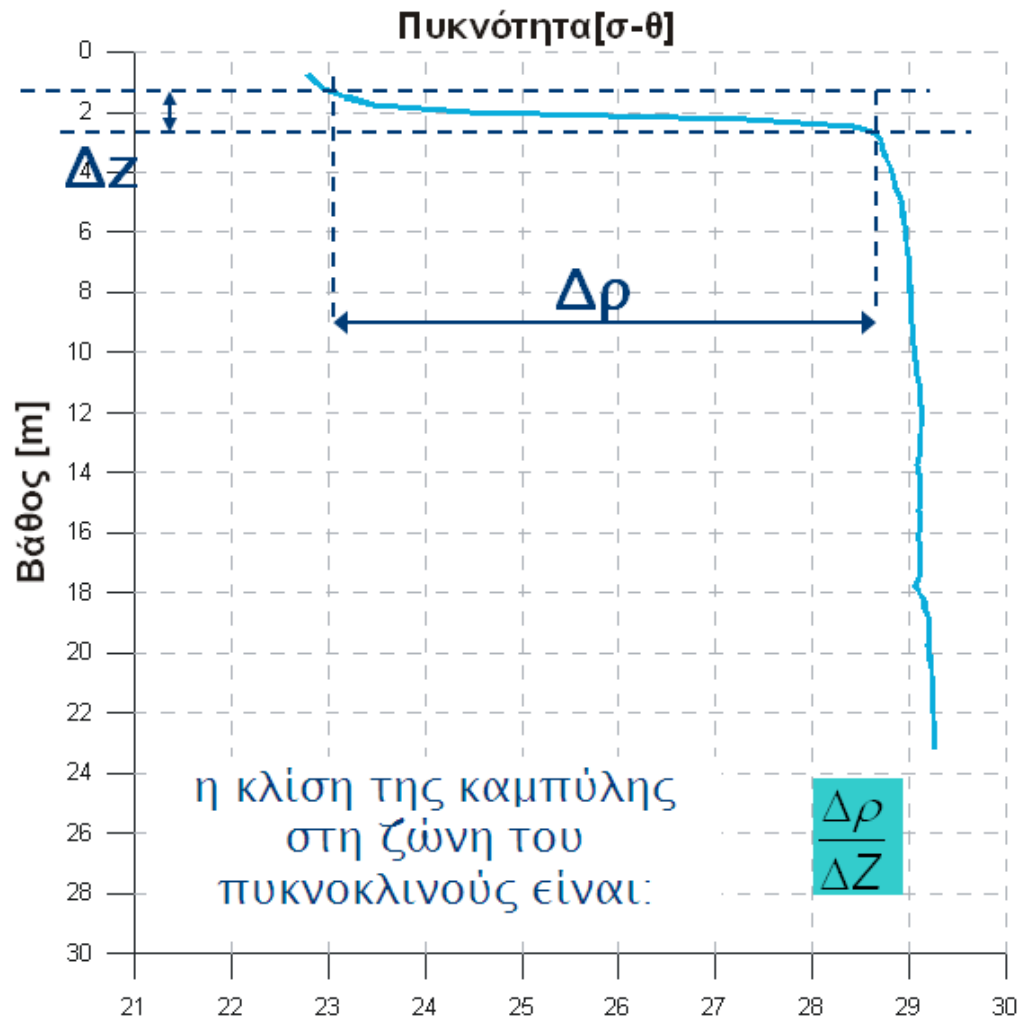


Πυκνότητα

- Η κατανομή της πυκνότητας με το βάθος αυξάνει είτε μένει σταθερή (ευσταθής κατανομή).
- Η πυκνότητα από μόνη της δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει μια υδάτινη μάζα, διότι διαφορετικοί συνδυασμοί θερμοκρασίας και αλατότητας μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την ίδια πυκνότητα.
- Στα μικρά και μεσαία γεωγραφικά πλάτη το θερμόκλινο παράγει μια ζώνη απότομων μεταβολών της πυκνότητας, το πυκνόκλινο.
- Η κατακόρυφη κατανομή της πυκνότητας μοιάζει με το κατοπτρικό είδωλο της κατανομής της θερμοκρασίας.
- Όταν το νερό δεν έχει την ίδια πυκνότητα με την αύξηση του βάθους αναφερόμαστε στο φαινόμενο στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης.
- Επιφανειακές υδάτινες μάζες, των οποίων η πυκνότητα αυξάνει (αστάθεια στην στήλη) βυθίζονται στα βάθη εκείνα που έχουν την αντίστοιχη πυκνότητα ώστε να προκύψει ευσταθής κατανομή.



Φυσικές ιδιότητες των θαλάσσιων μαζών



Καταστατική εξίσωση

- Καταστατική εξίσωση

- $\rho = \rho_o[1-\alpha_T(T-T_o)+\alpha_S(S-S_o)]$

- Πυκνότητα αναφοράς $\rho_o = 1.0 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$

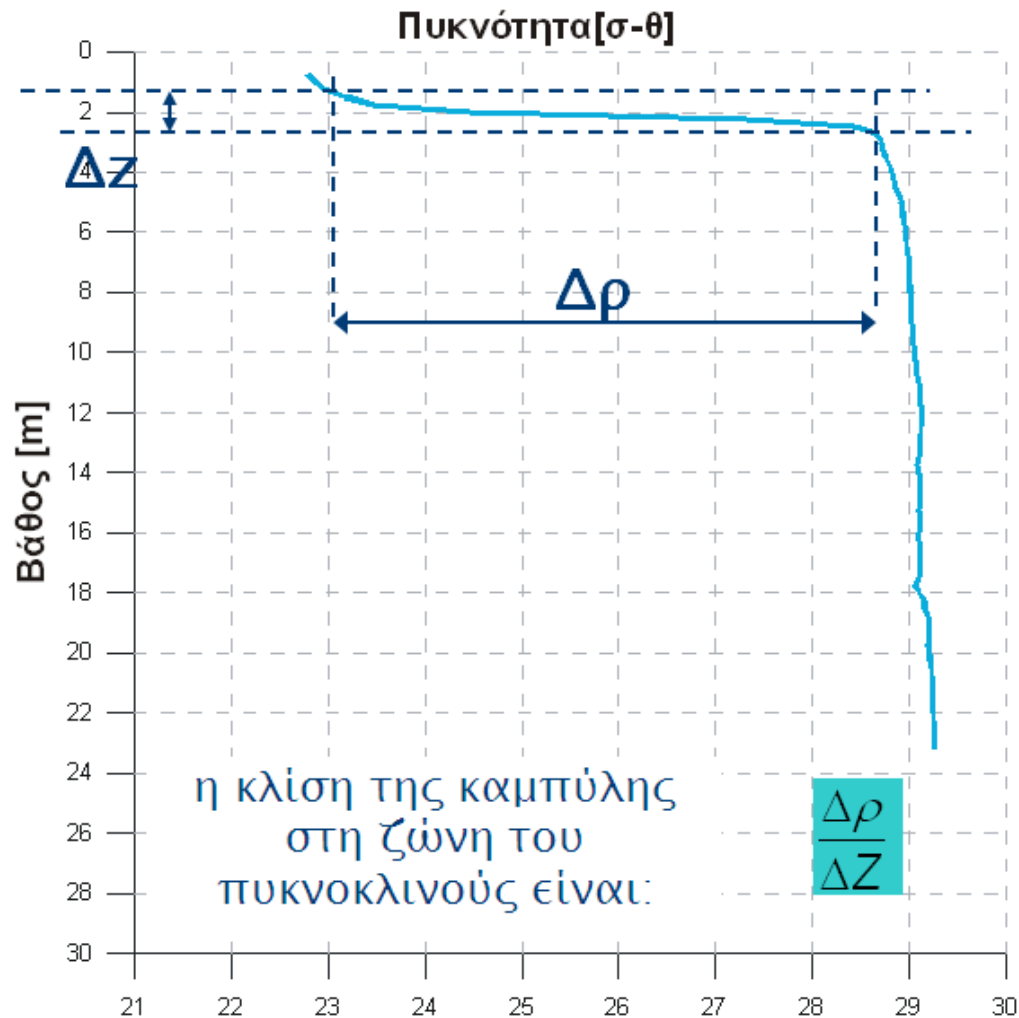
- $\alpha_T = 1.0 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

- $\alpha_S = 7.6 \times 10^{-4}$

- $\sigma_\theta = \rho(\theta, S, 0) - 1000$



Φυσικές ιδιότητες των θαλάσσιων μαζών



Υπολογισμός της πυκνότητας

$$\rho(S, \Theta, p) = \rho_\theta(S, \Theta) + \rho_p(S, \Theta, p)$$

Όπου

$$\begin{aligned} \rho_\theta(S, \Theta) = & 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2} \Theta - 9.095290 \times 10^{-3} \Theta^2 \\ & + 1.001685 \times 10^{-4} \Theta^3 - 1.120083 \times 10^{-6} \Theta^4 + 6.536332 \times 10^{-9} \Theta^5 \\ & + \left(0.824493 - 4.0899 \times 10^{-3} \Theta + 7.6438 \times 10^{-5} \Theta^2 - 8.2467 \times 10^{-7} \Theta^3 \right. \\ & \left. + 5.3875 \times 10^{-9} \Theta^4 \right) S + \left(5.72466 \times 10^{-3} + 1.0227 \times 10^{-4} \Theta \right. \\ & \left. - 1.6546 \times 10^{-6} \Theta^2 \right) S^{1.5} + 4.8314 \times 10^{-4} S^2 \end{aligned}$$

Εξίσωση UNESCO. 1982

και
$$\rho_p(S, \Theta, p) = 1.0 \times 10^4 p c^{-2} (1 - 0.20 p c^{-2})$$

$$c = 1449.1 + .00821p + 4.55\Theta - .045\Theta^2 + 1.34(S - 35.0)$$

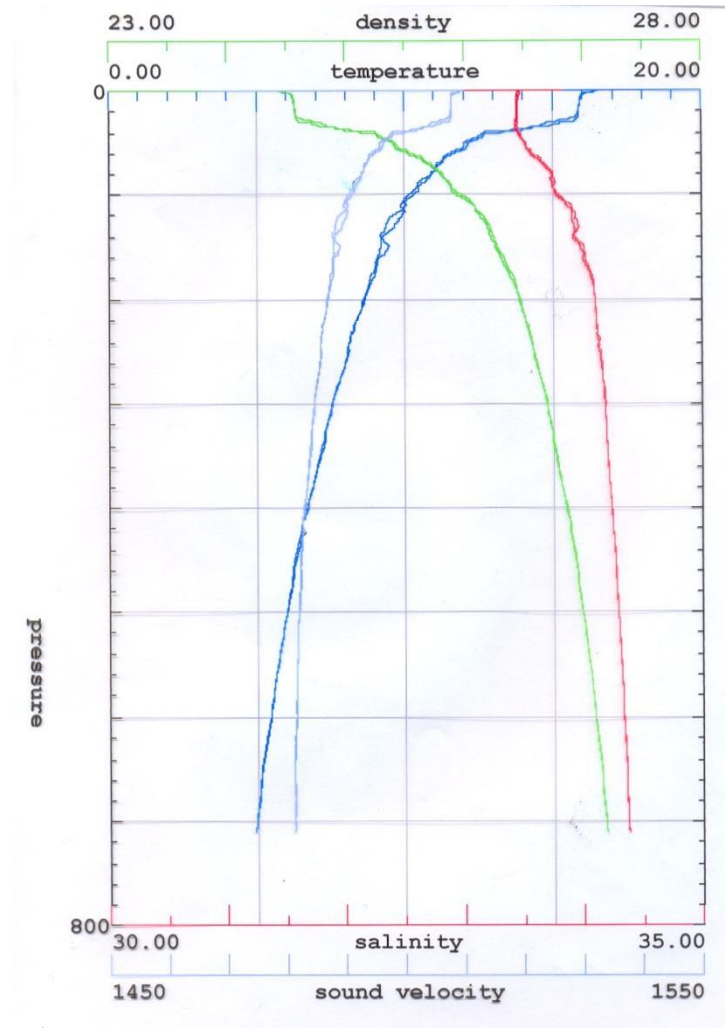
και

$$\rho_\theta(S, \Theta) = 1000.0 \text{kgm}^{-3} + \sigma_\theta(S, \Theta)$$

$$\rho(S, T, p) = 1000 \text{kgm}^{-3} + \sigma_t(S, T, p)$$



Φυσικές ιδιότητες των θαλάσσιων μαζών



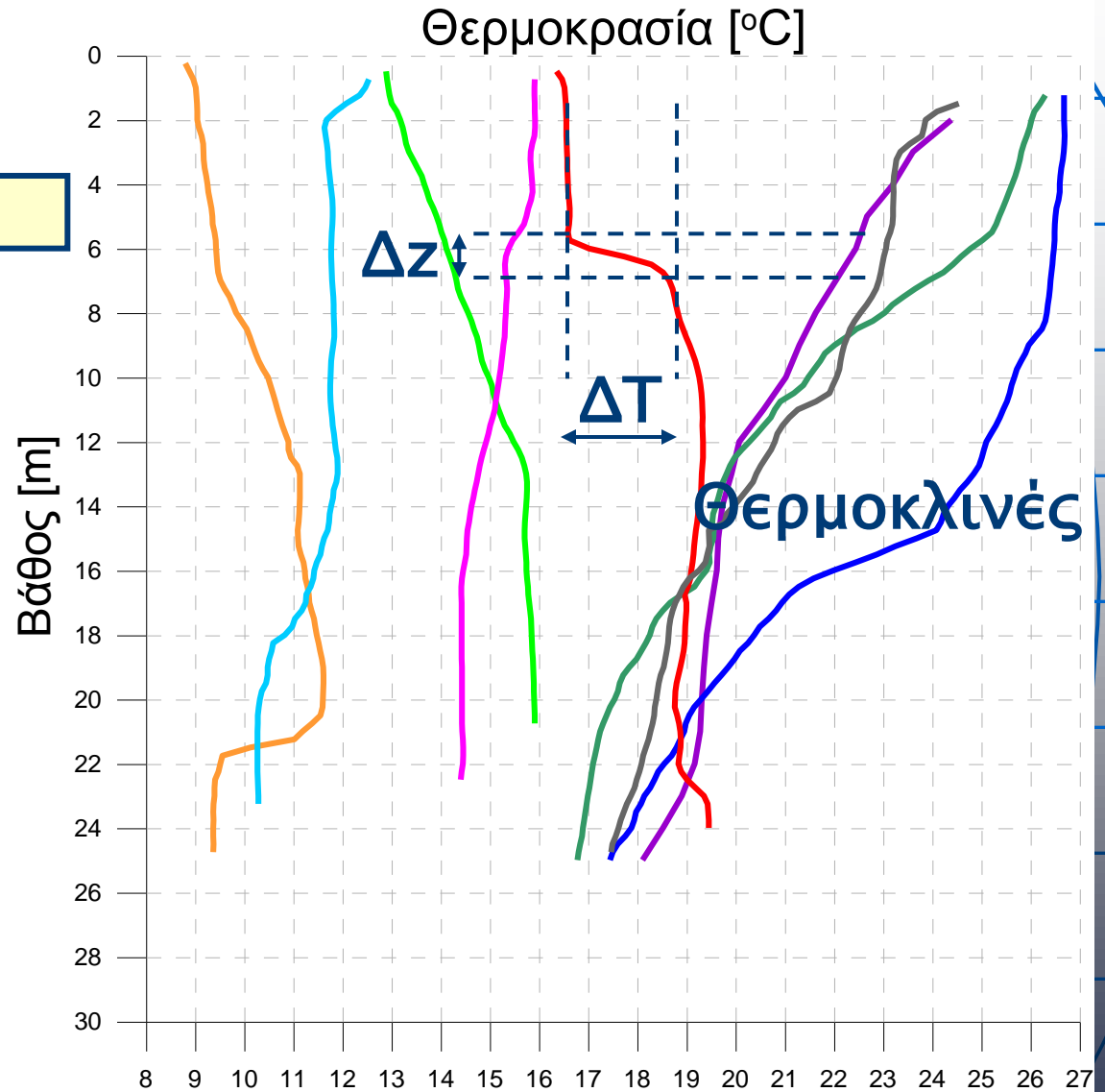
Μεταβολές θερμοκρασίας με το βάθος (θερμοκλινές)

Σταθμός TP24

— Νοέμβριος 04

Μηνιαία μεταβολή

- Ιούνιος04
- Ιούλιος04
- Αύγουστος04
- Σεπτέμβριος04
- Οκτώβριος04
- Νοέμβριος04
- Δεκέμβριος04
- Φεβρουάριος05
- Μάρτιος05
- Απρίλιος05
- Μάιος05
- Ιούνιος05



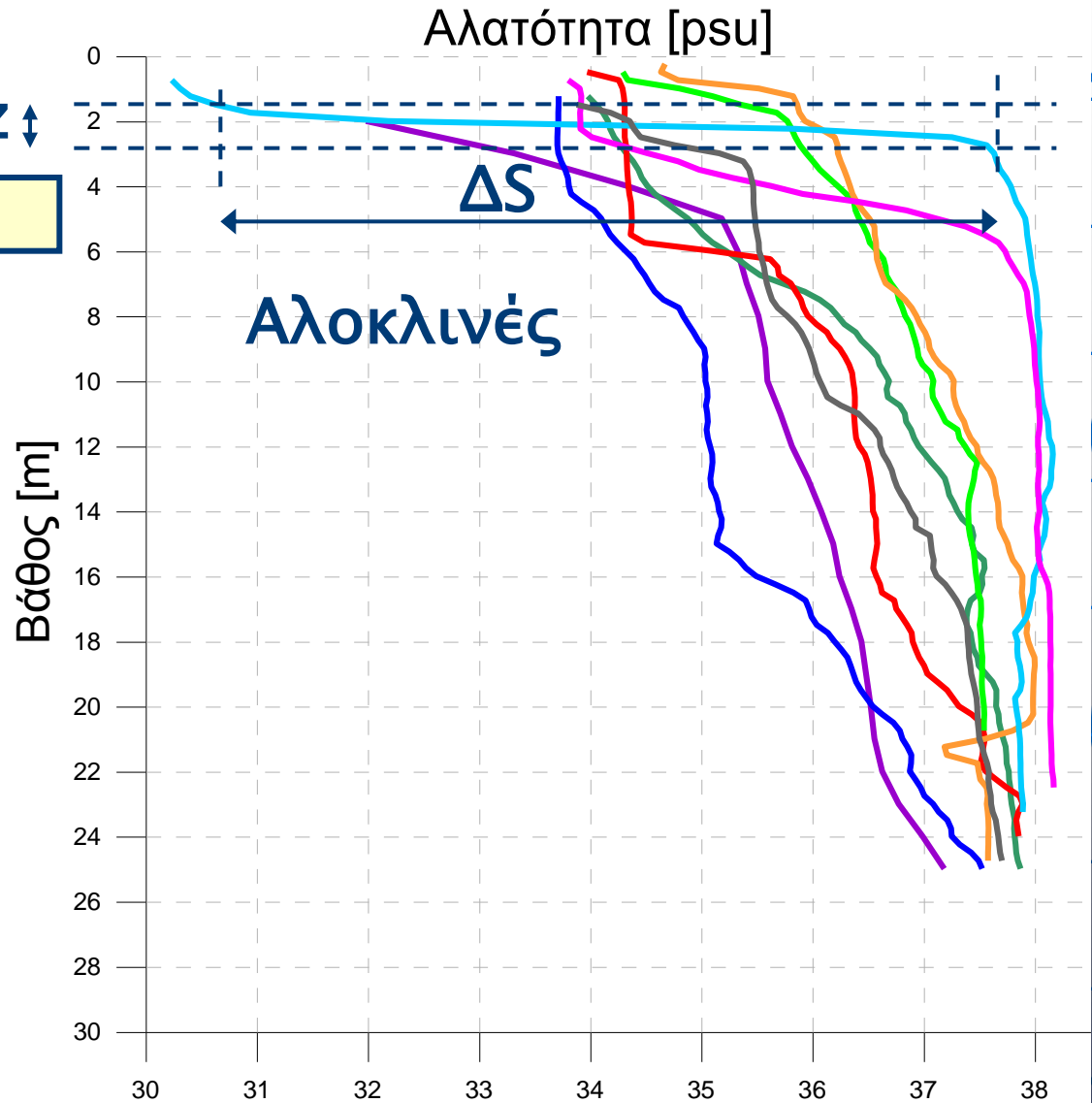
Μεταβολές αλατότητας με το βάθος (αλοκλινές)

Σταθμός TP24

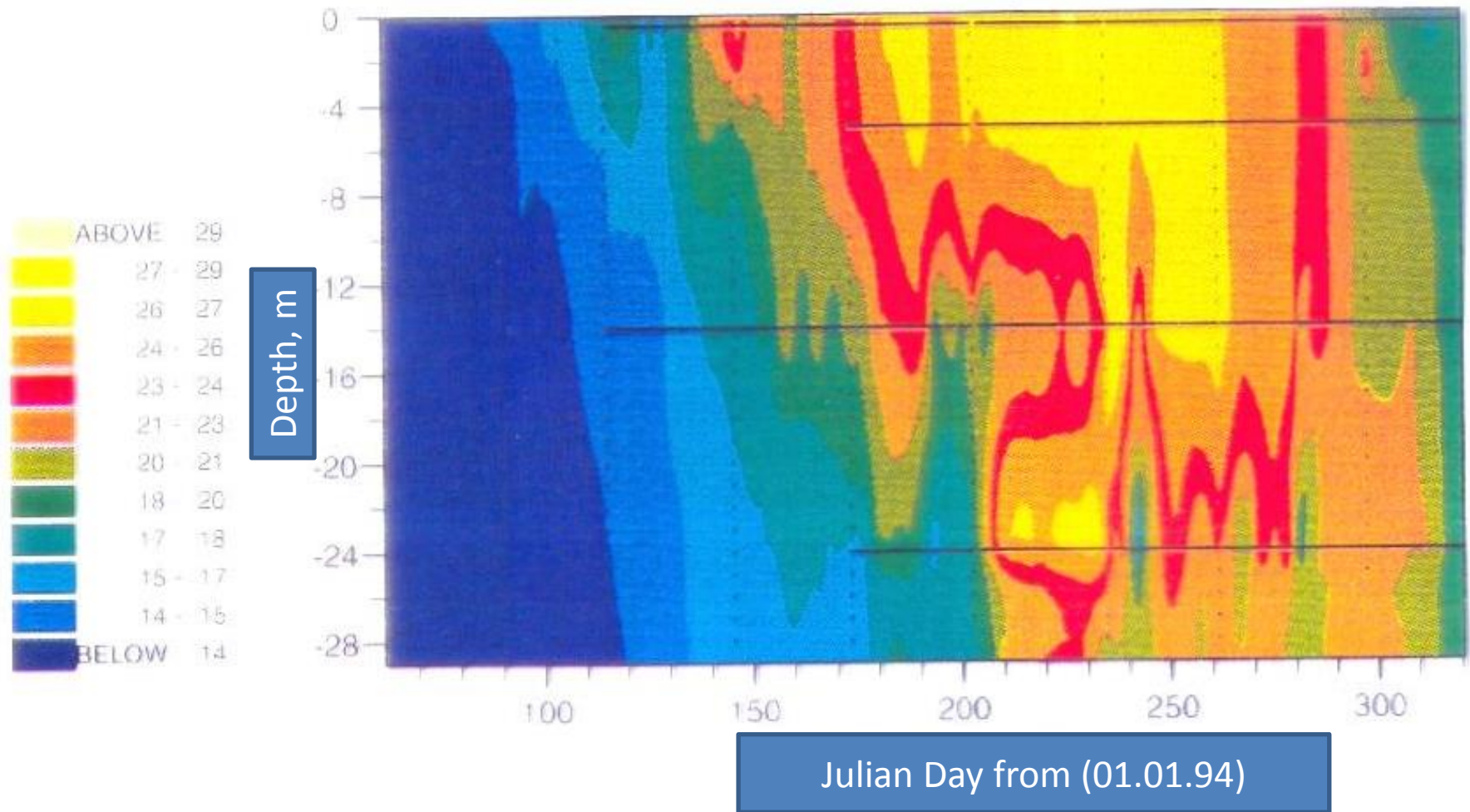
$\Delta z \updownarrow$

Μάρτιος 2005

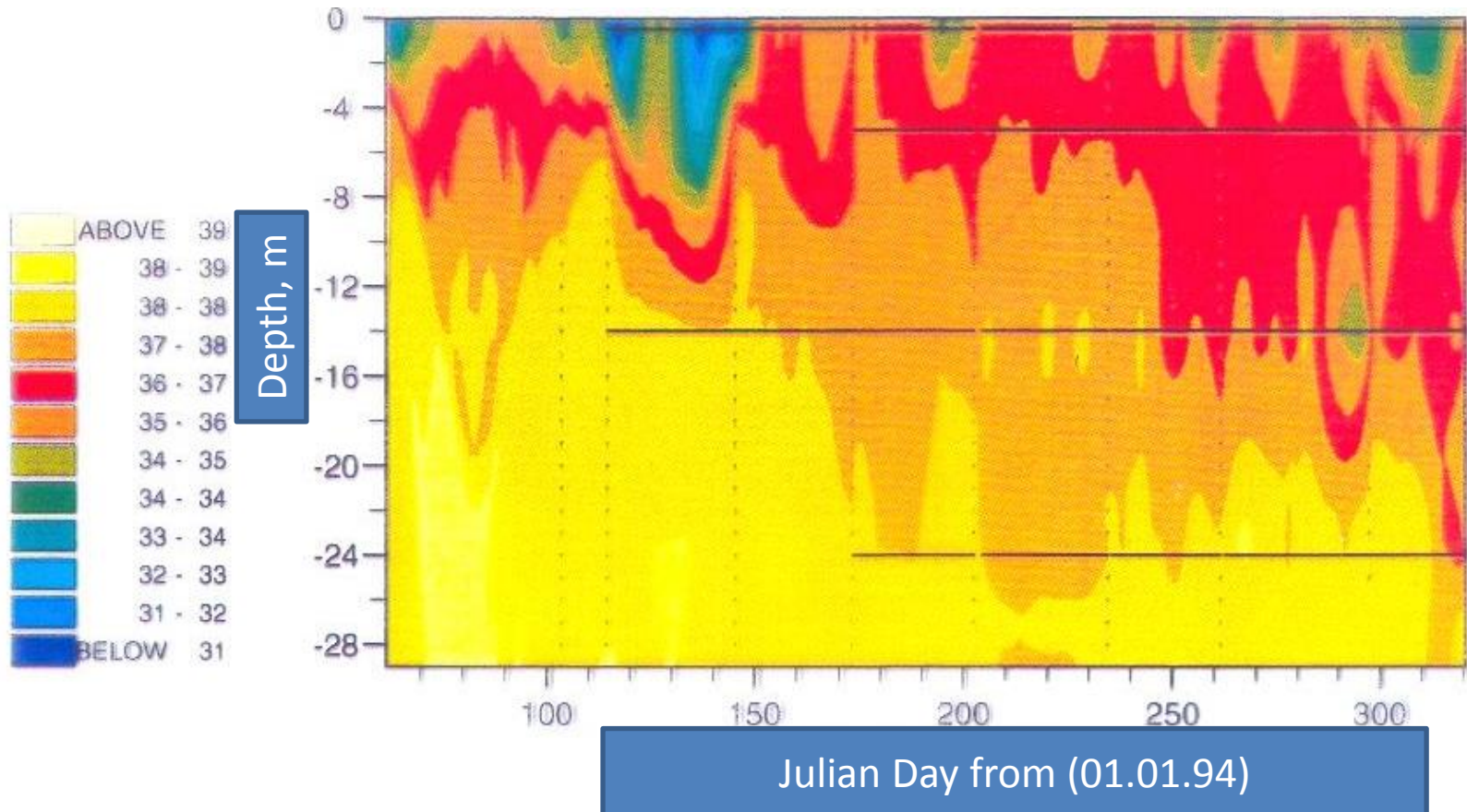
- Μηνιαία μεταβολή
- Ιούνιος04
 - Ιούλιος04
 - Αύγουστος04
 - Σεπτέμβριος04
 - Οκτώβριος04
 - Νοέμβριος04
 - Δεκέμβριος04
 - Φεβρουάριος05
 - Μάρτιος05
 - Απρίλιος05
 - Μάιος05
 - Ιούνιος05



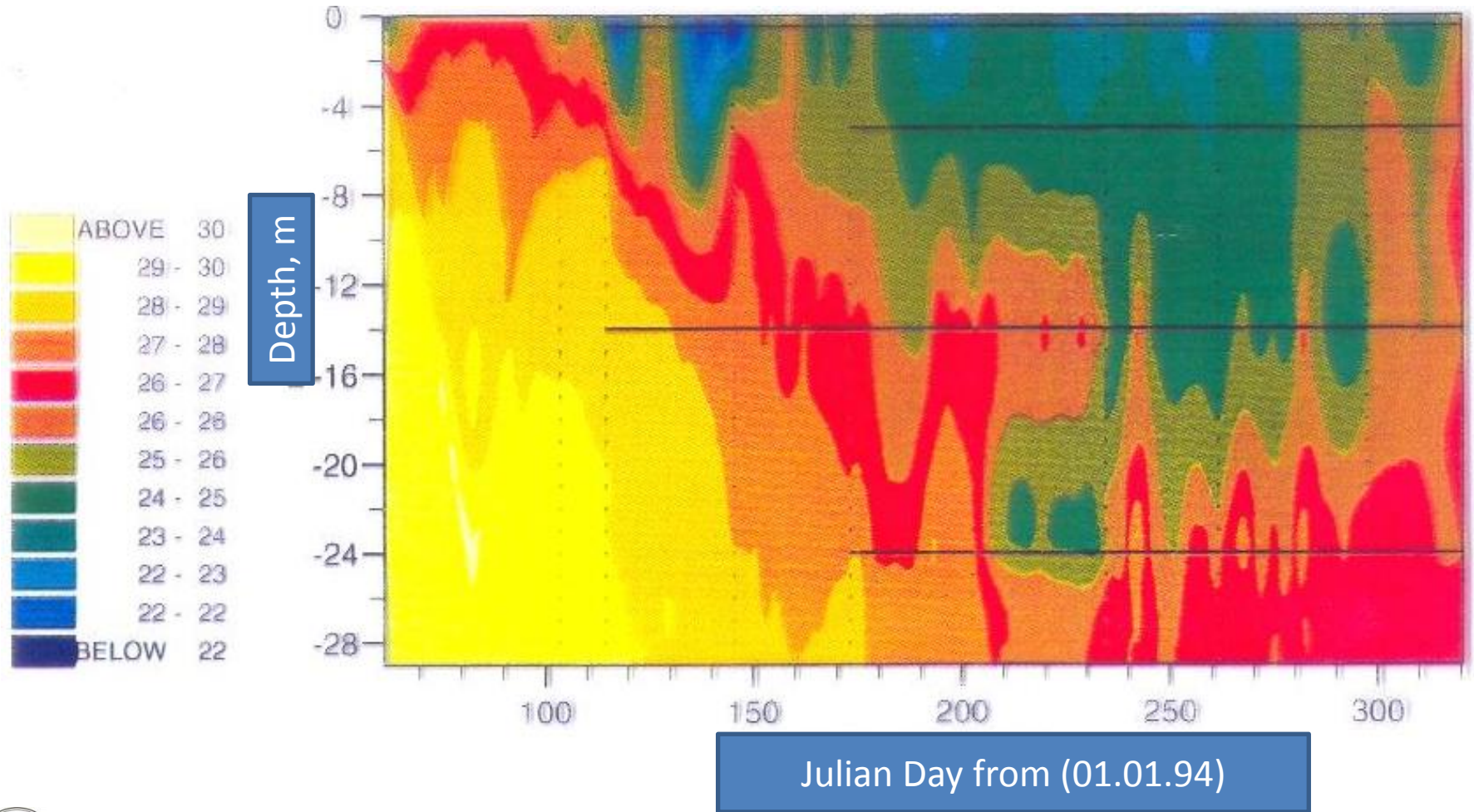
Απεικόνιση χρονικής μεταβολής της κατανομής της θερμοκρασίας στη θαλάσσια στήλη



Απεικόνιση χρονικής μεταβολής της κατανομής της αλατότητας στη θαλάσσια στήλη



Απεικόνιση χρονικής μεταβολής της κατανομής της πυκνότητας στη θαλάσσια στήλη



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Κρεστενίτης Ιωάννης.
«Παράκτια Ωκεανογραφία. Φυσικές Παράμετροι Θαλασσίων Μαζών».
Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS318/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Μαυρίδου Σοφία>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2013-2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

