



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Χημική Ωκεανογραφία

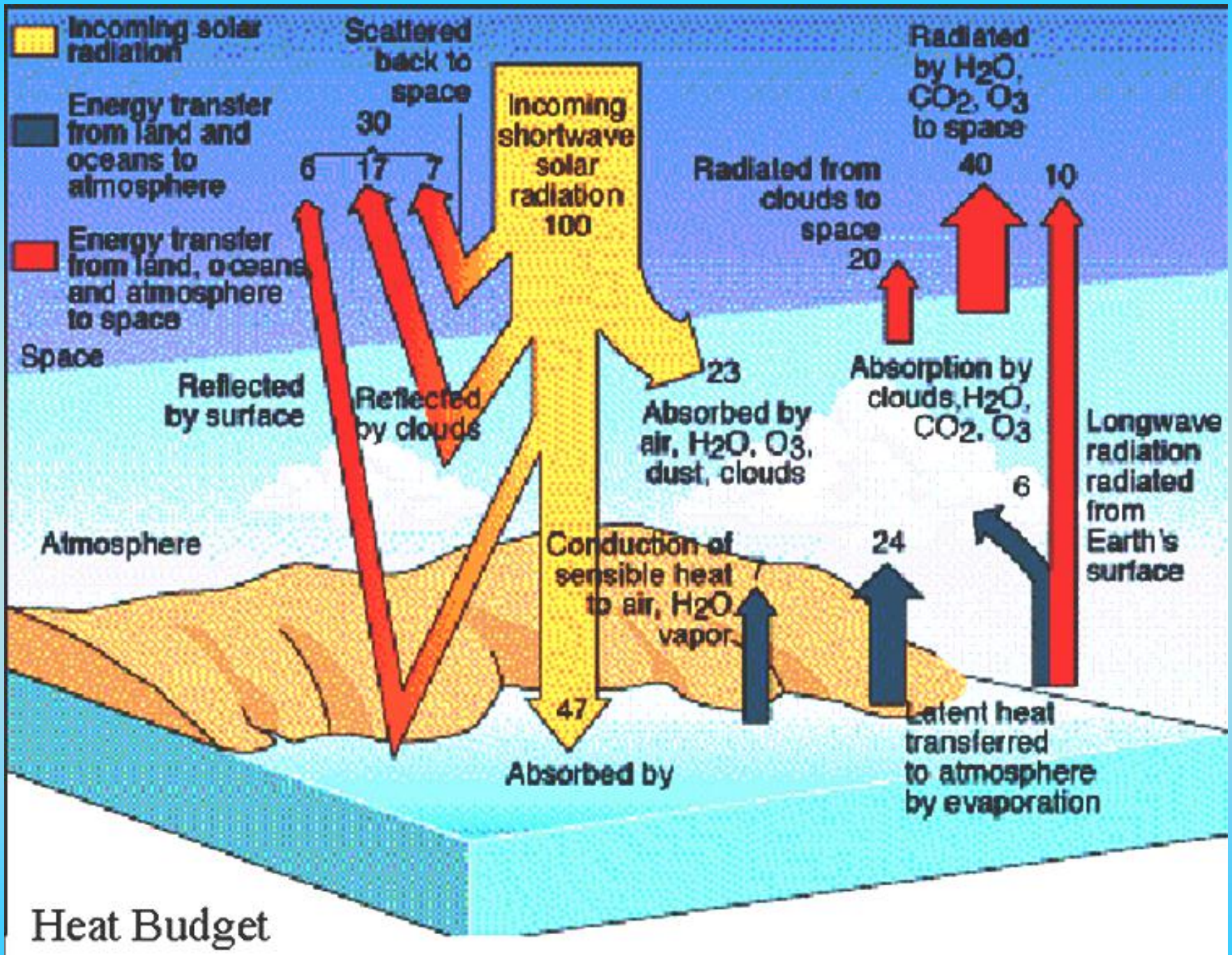
Ενότητα 1: Θερμοκρασία - Αλατότητα - Πυκνότητα

Εμμανουήλ Δασενάκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Χημείας

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ- ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ



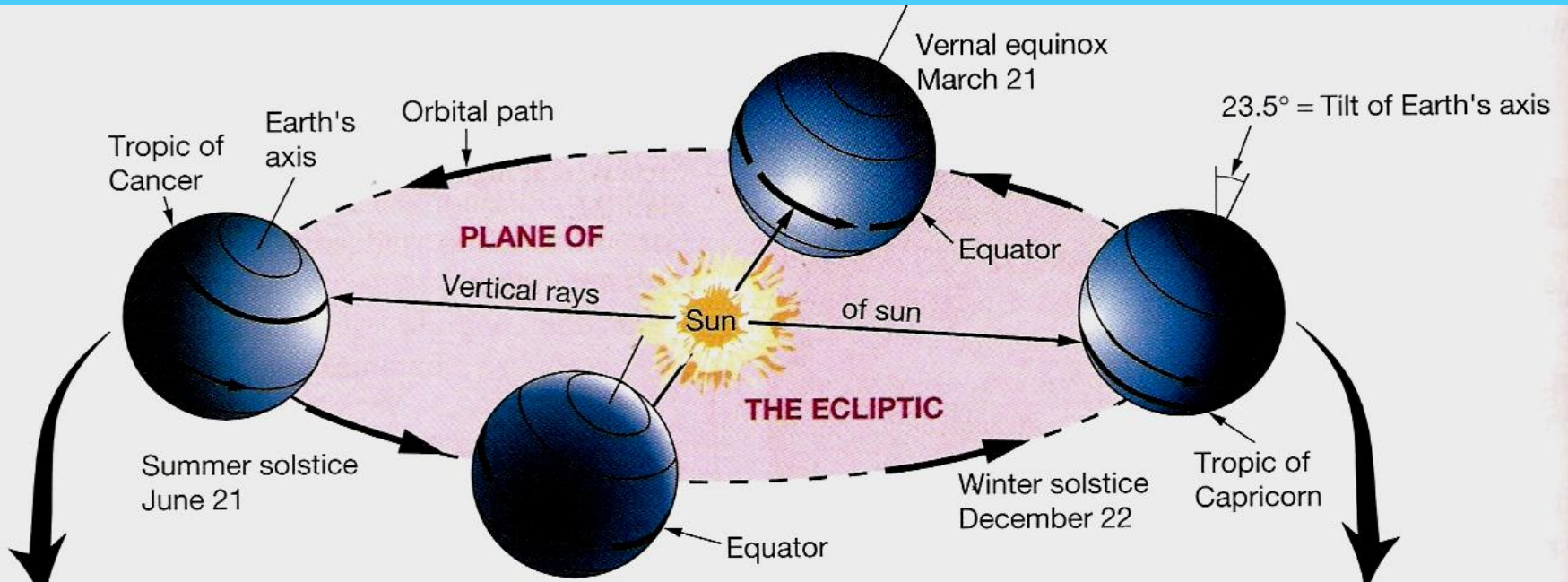
ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ



Heat Budget

Reflection and absorption of solar energy relative to the angle of incidence on a flat sea.

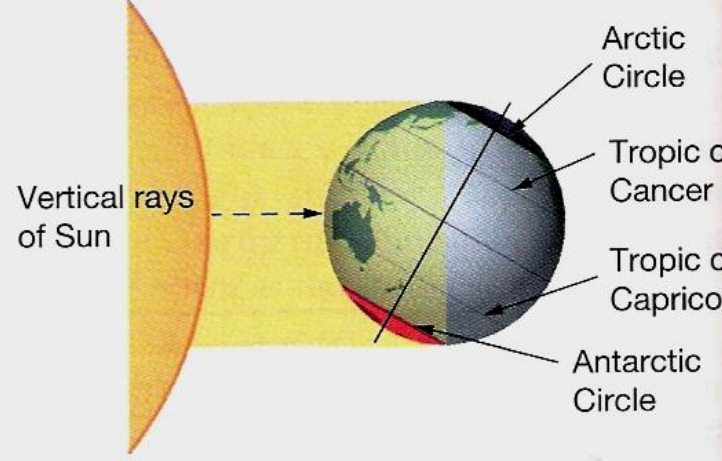
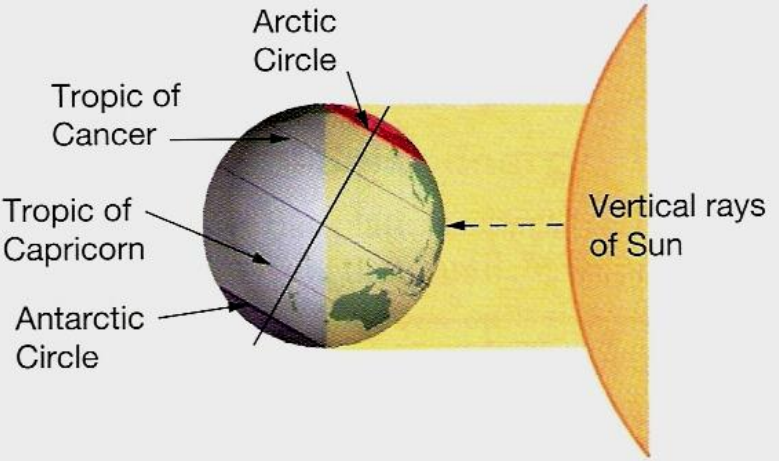
<i>Elevation of Sun above horizon</i>	<i>90°</i>	<i>60°</i>	<i>30°</i>	<i>15°</i>	<i>5°</i>
Reflected radiation (%)	2	3	6	20	40
Absorbed radiation (%)	98	97	94	80	60



N. Hemisphere summer

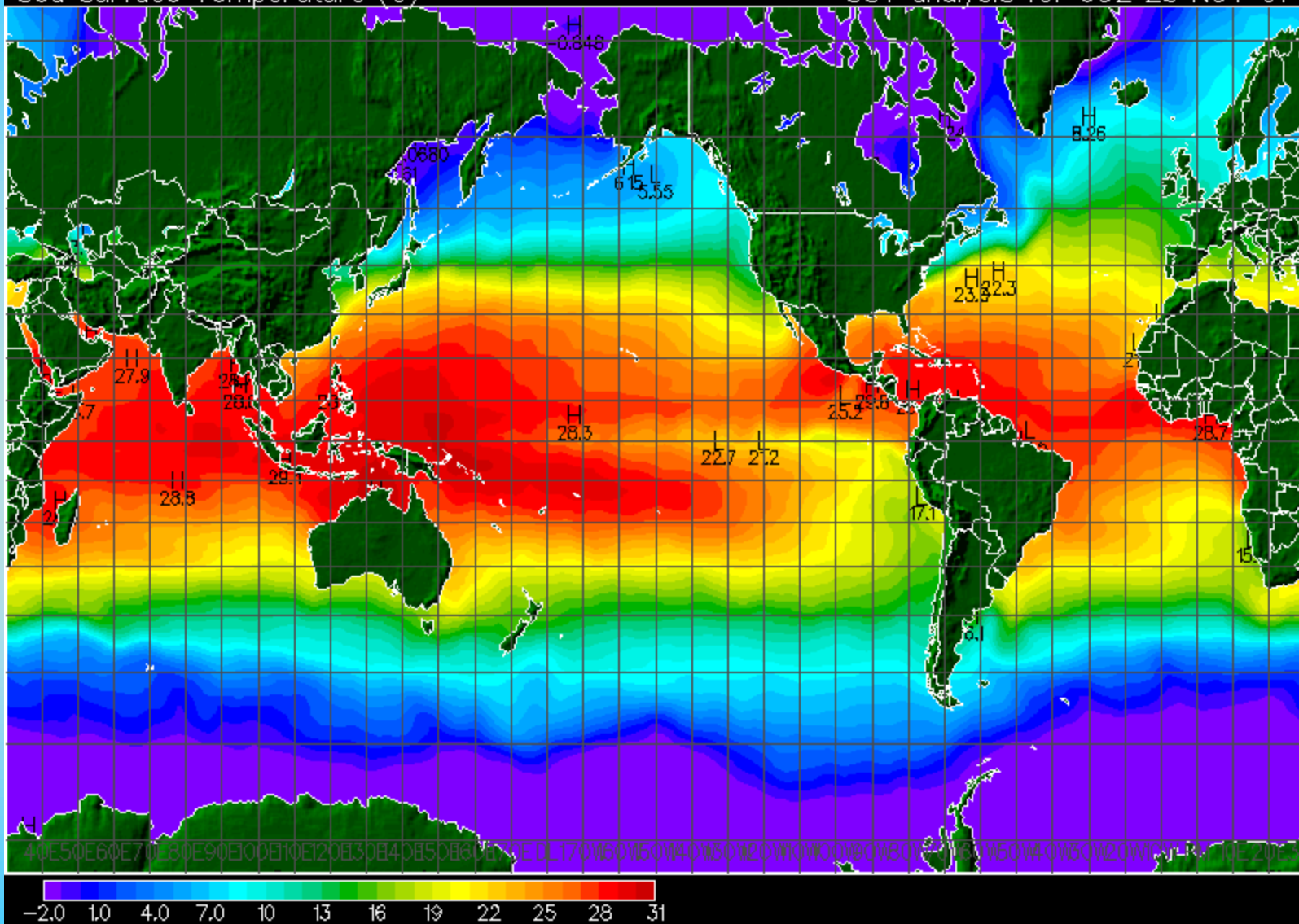
Autumnal equinox
September 23

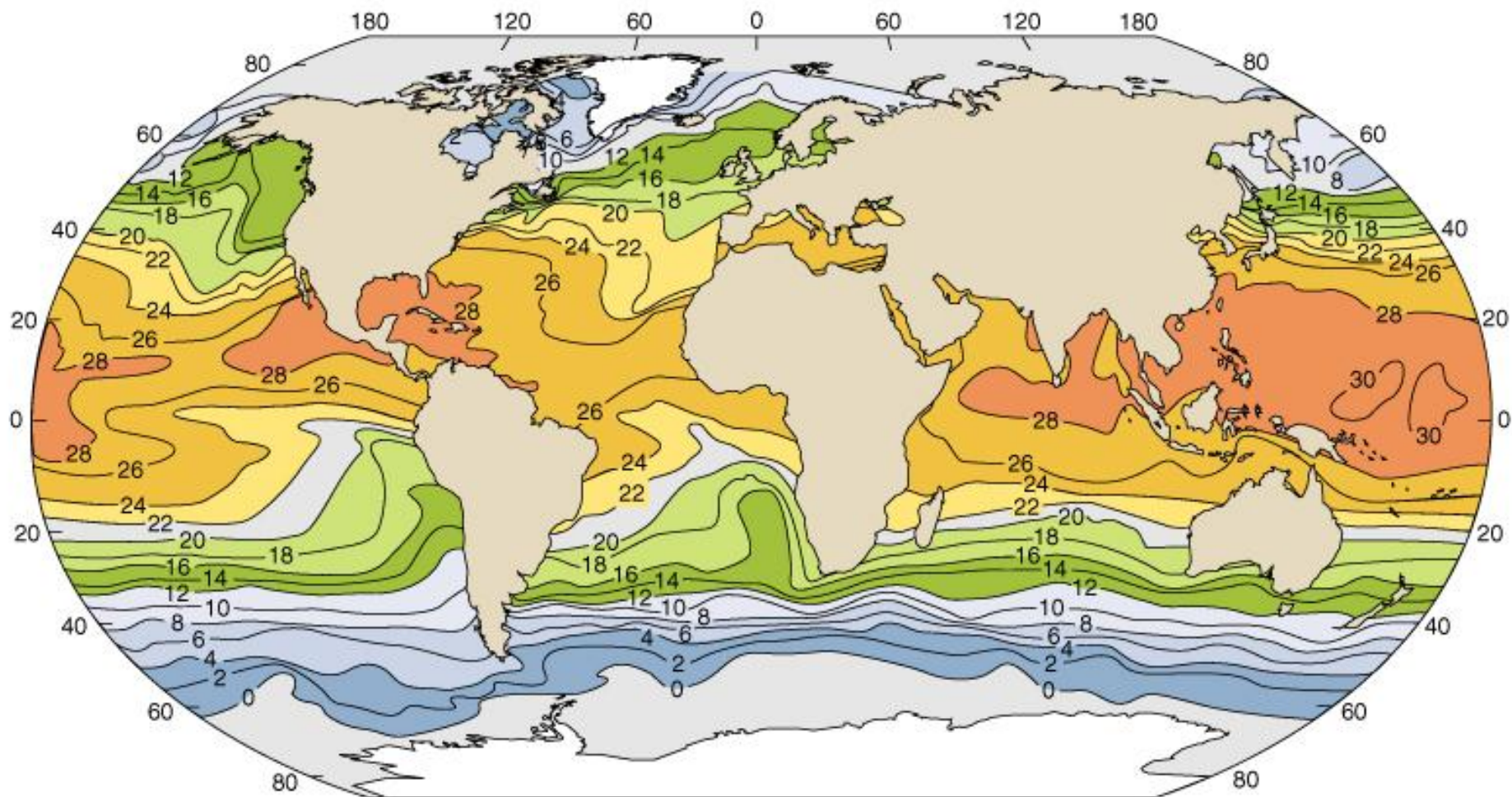
N. Hemisphere winter



Sea Surface Temperature (C)

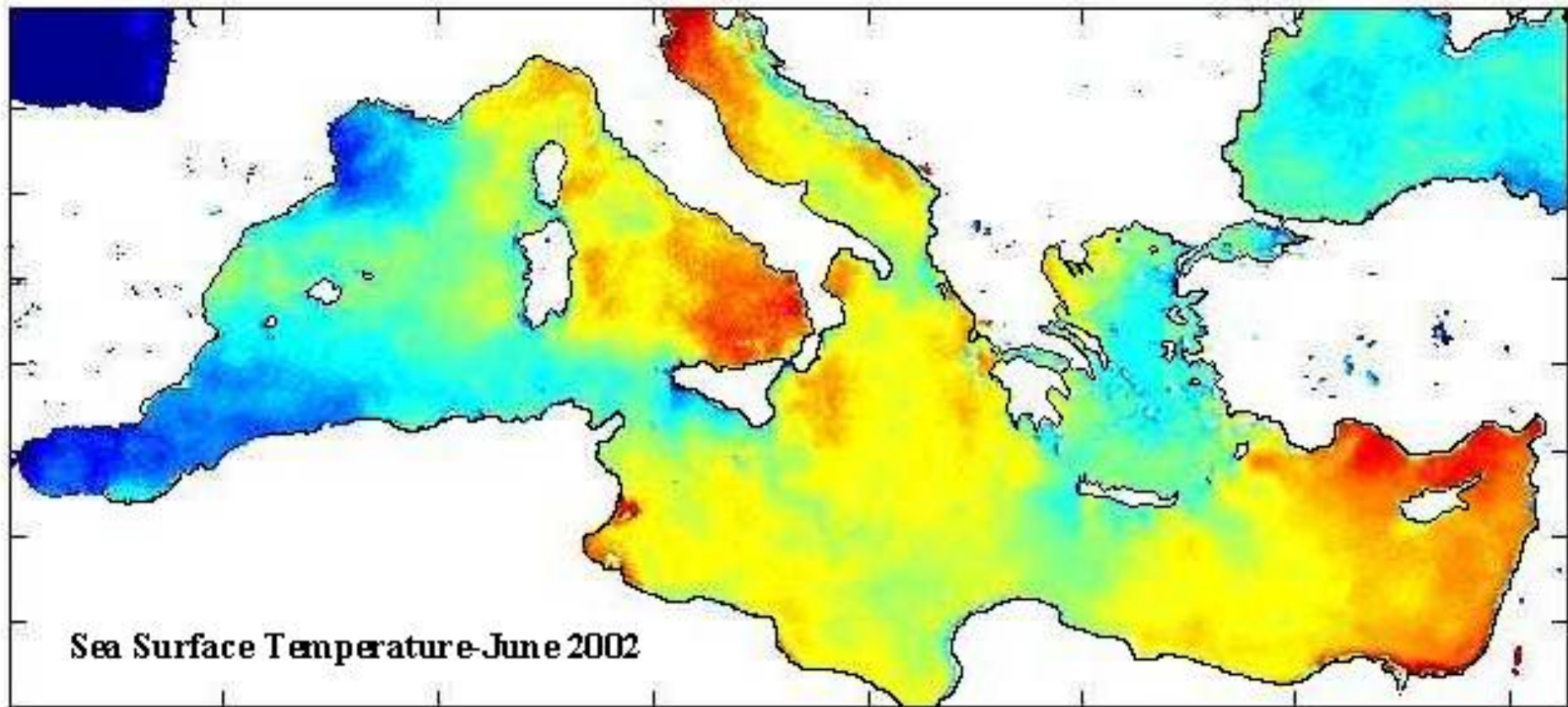
SST analysis for 00Z 25 NOV 07



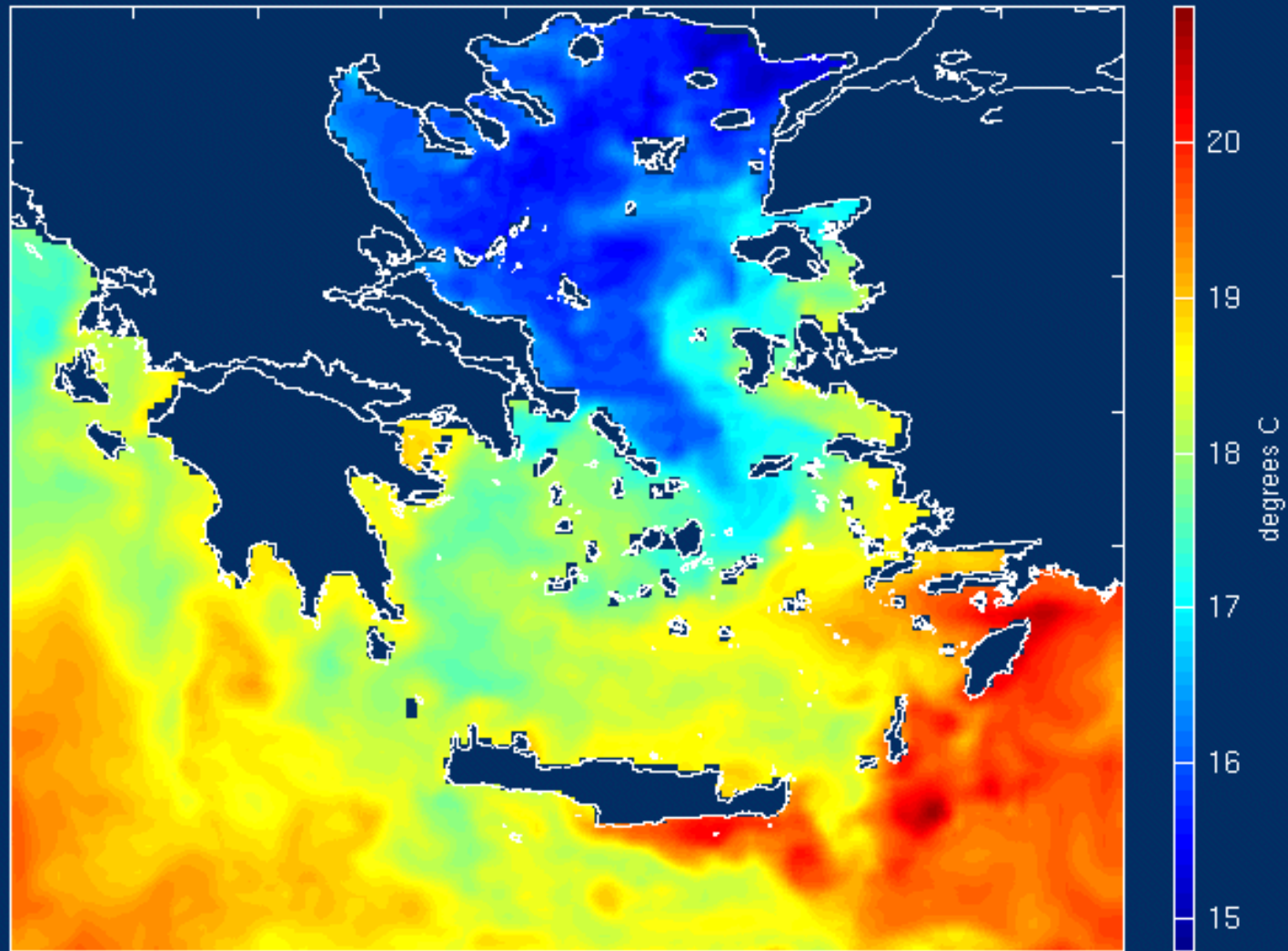


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

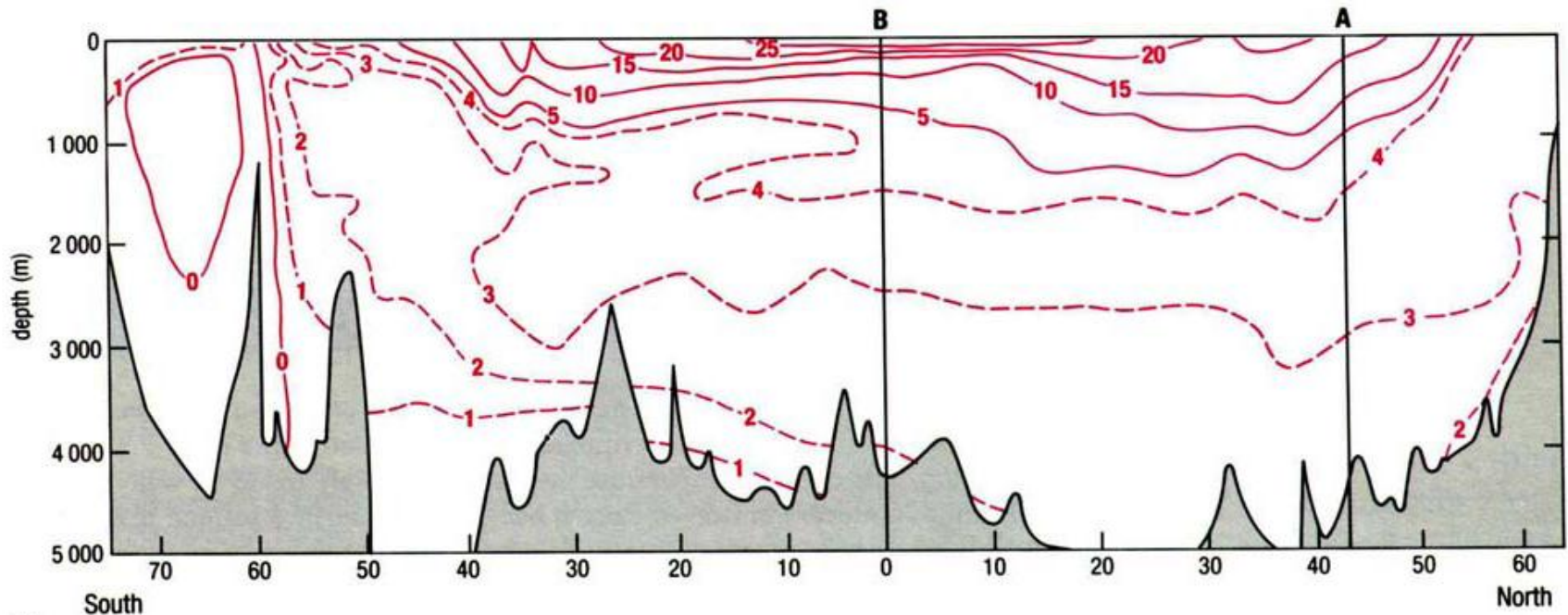
Average Ocean temperature



Sea Surface Temperature on 27/11/07 Hour:12:00 UTC

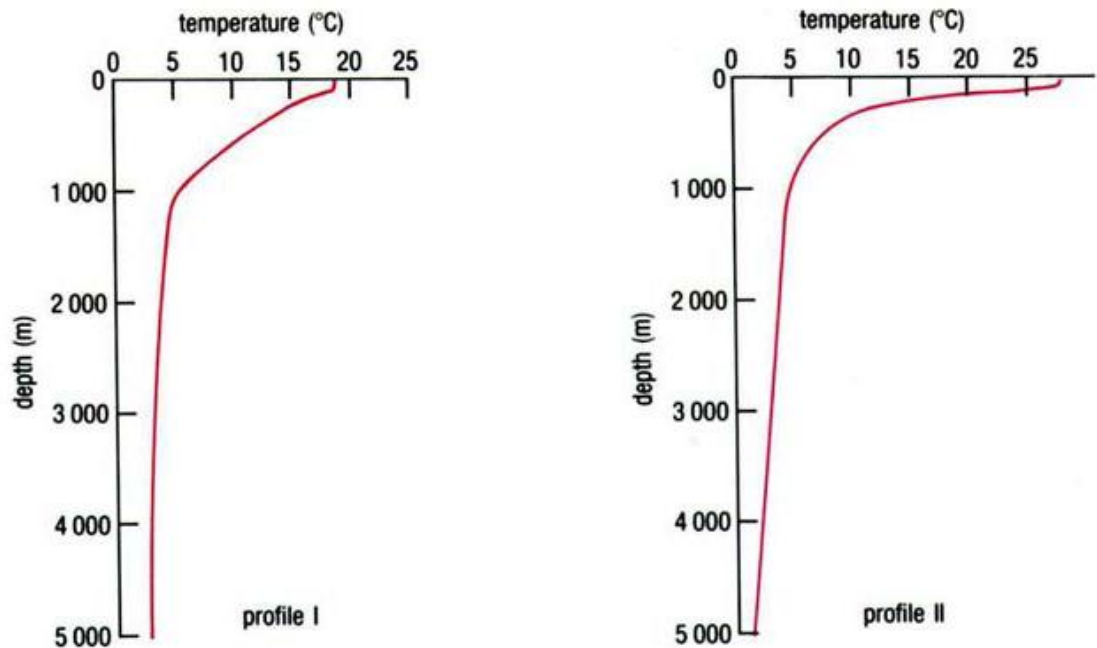


Hellenic Center for Marine Research, GR-19013, Anavissos, GREECE
POSEIDON System - <http://www.poseidon.hcmr.gr>



(a)

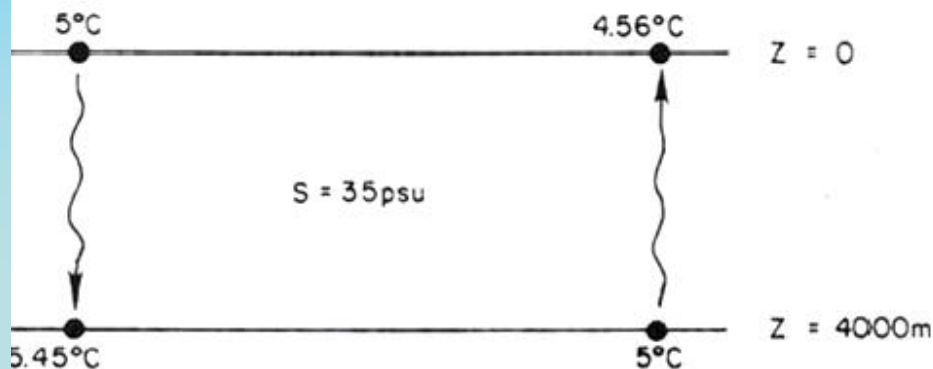
(a) A vertical section showing the mean distribution of temperature in the western Atlantic Ocean to illustrate that the range of temperature in surface layers is much greater than that in the main body of ocean water below 1 000 m. This general pattern is typical of all ocean basins (although the detail will vary from ocean to ocean). Note the great vertical exaggeration. Contours of equal temperature are called **isotherms**. Broken line isotherms at 1 °C interval; solid lines at 5 °C interval. The vertical lines A and B relate to Figure 2.6(b) and are for use with Question 2.4.



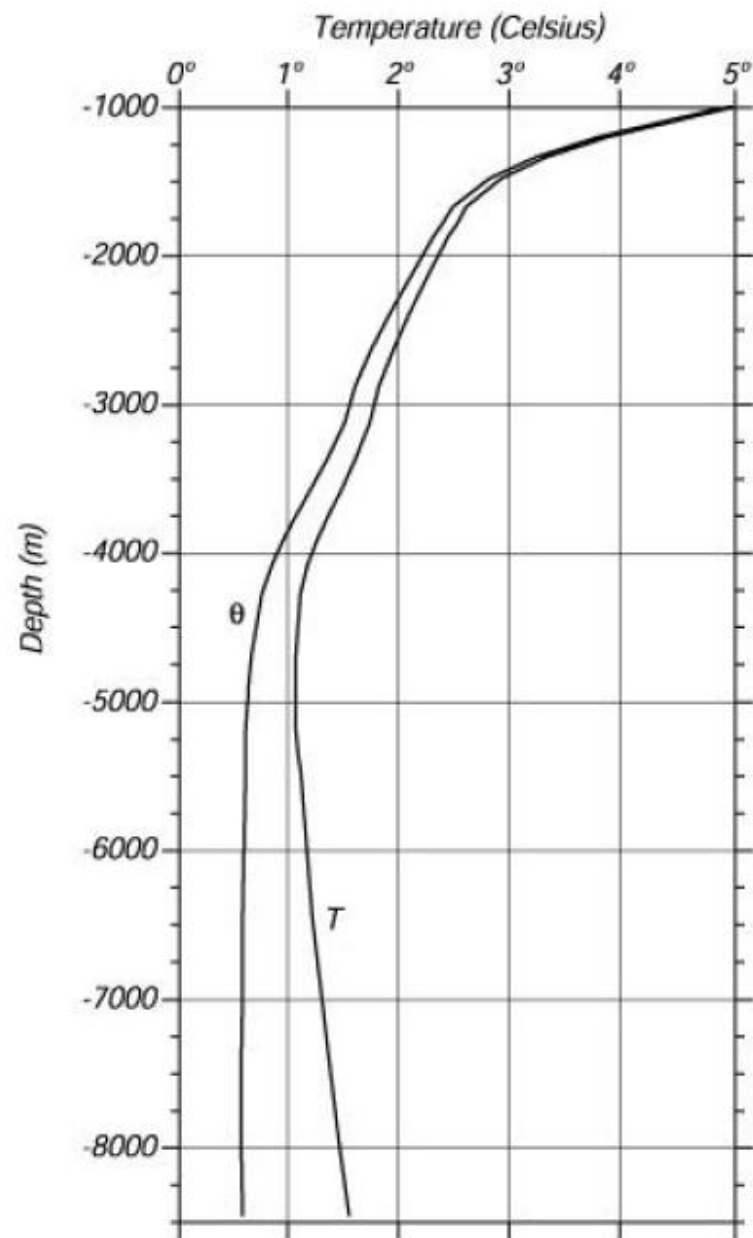
(b)

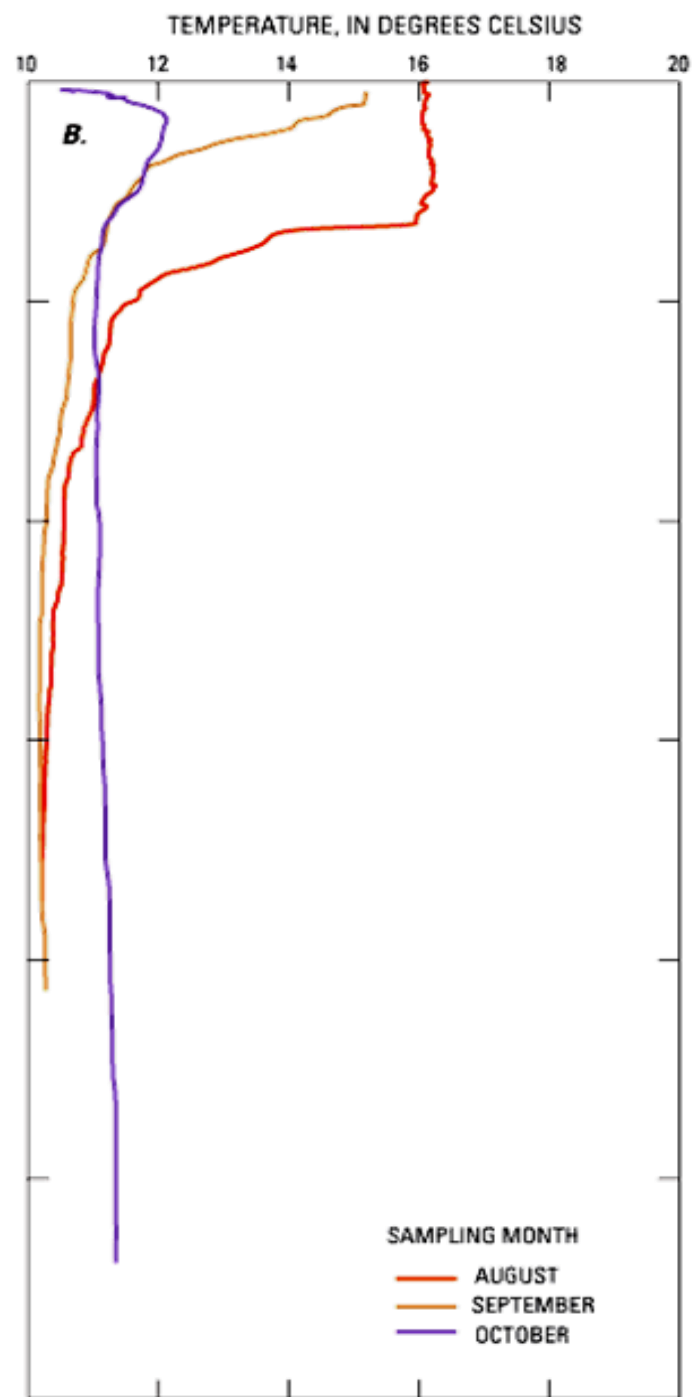
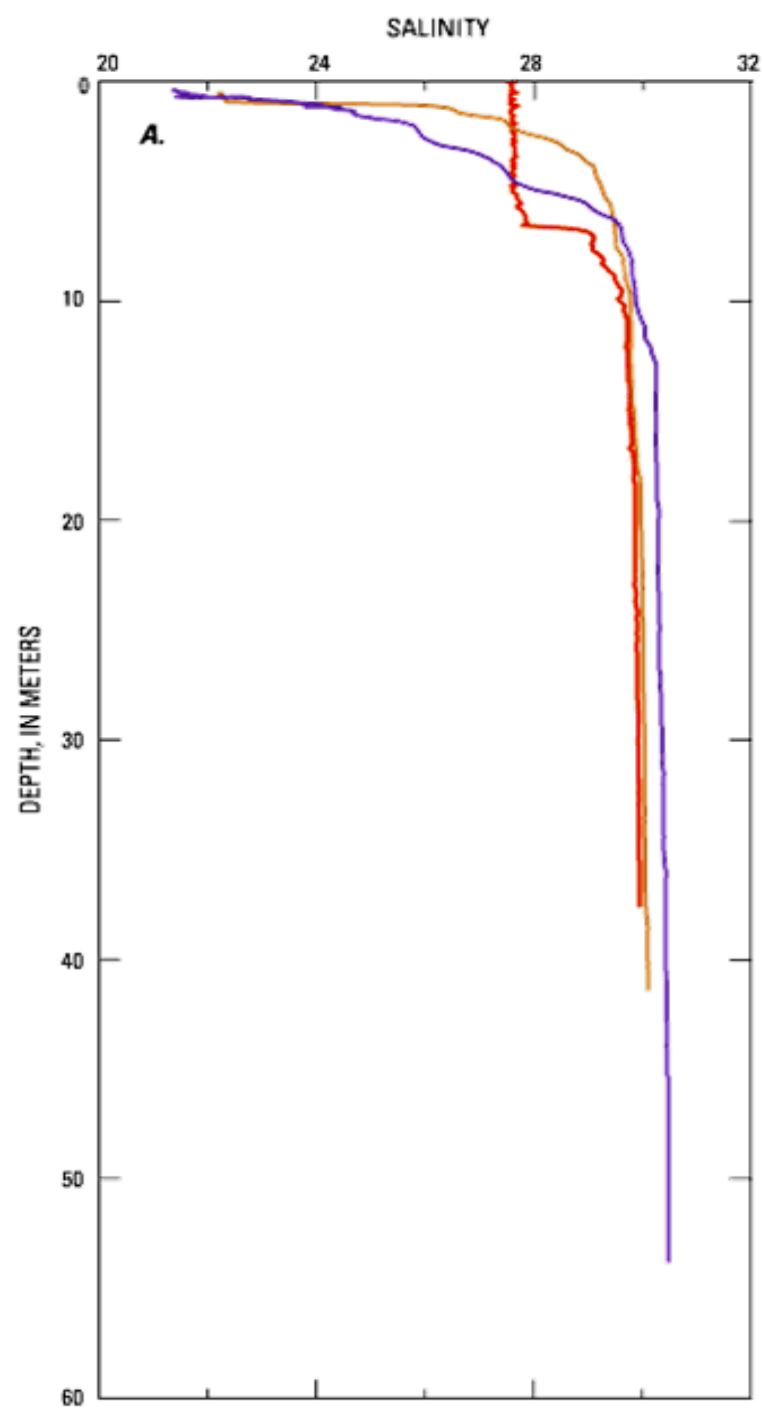
Δυνητική θερμοκρασία:

Το νερό είναι “λίγο” συμπιεστό



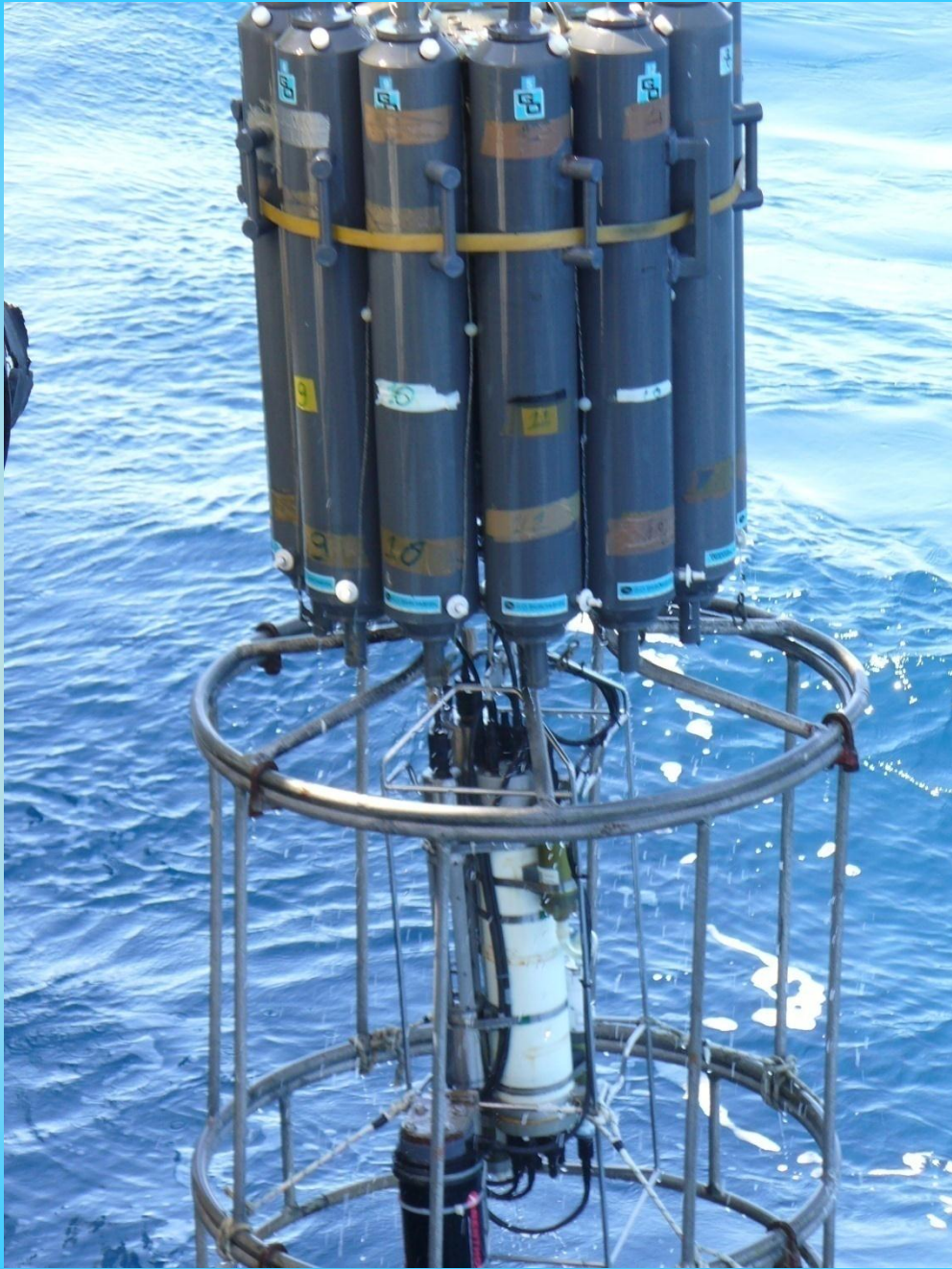
Δυνητική θερμοκρασία ονομάζεται η θερμοκρασία του νερού αν αυτό μεταφερθεί αδιαβατικά στην επιφάνεια της θάλασσας

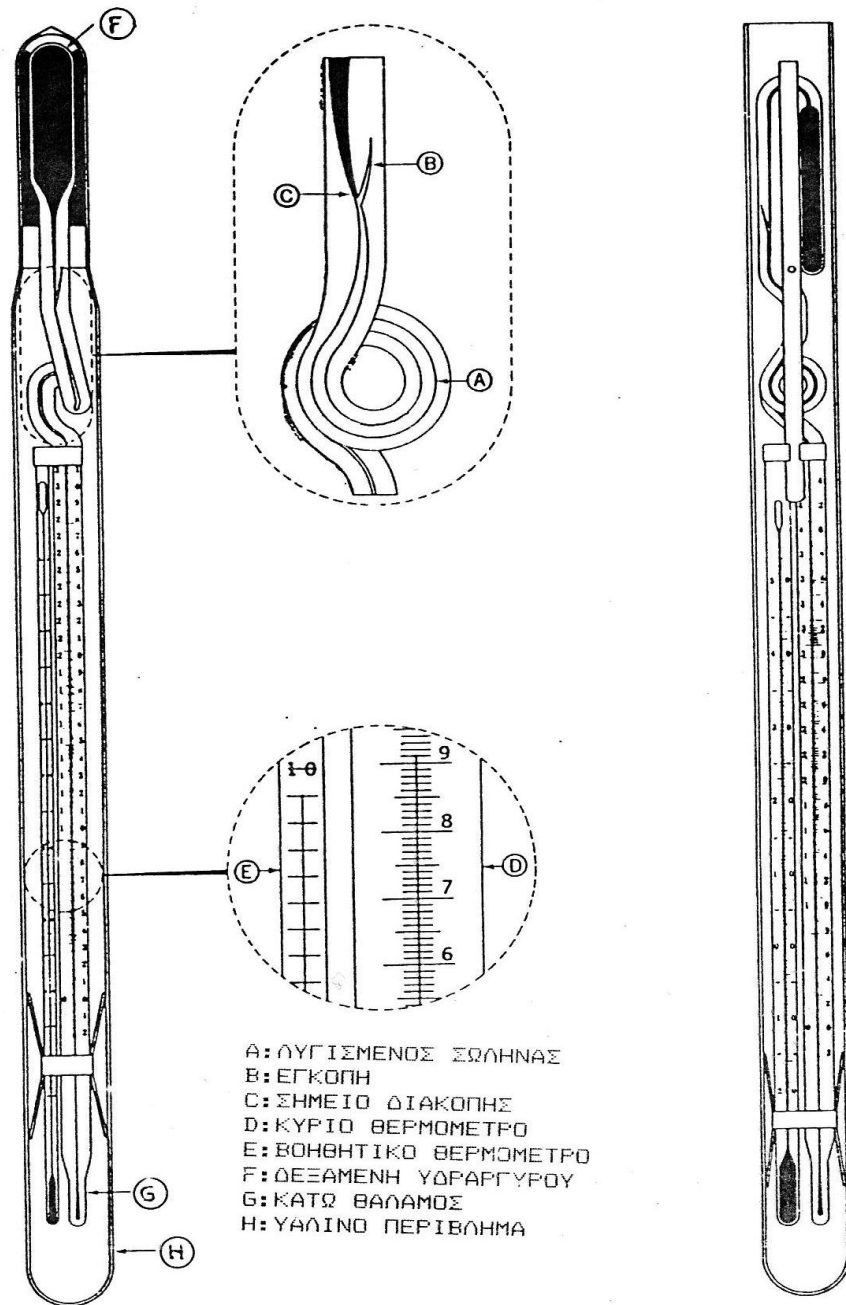
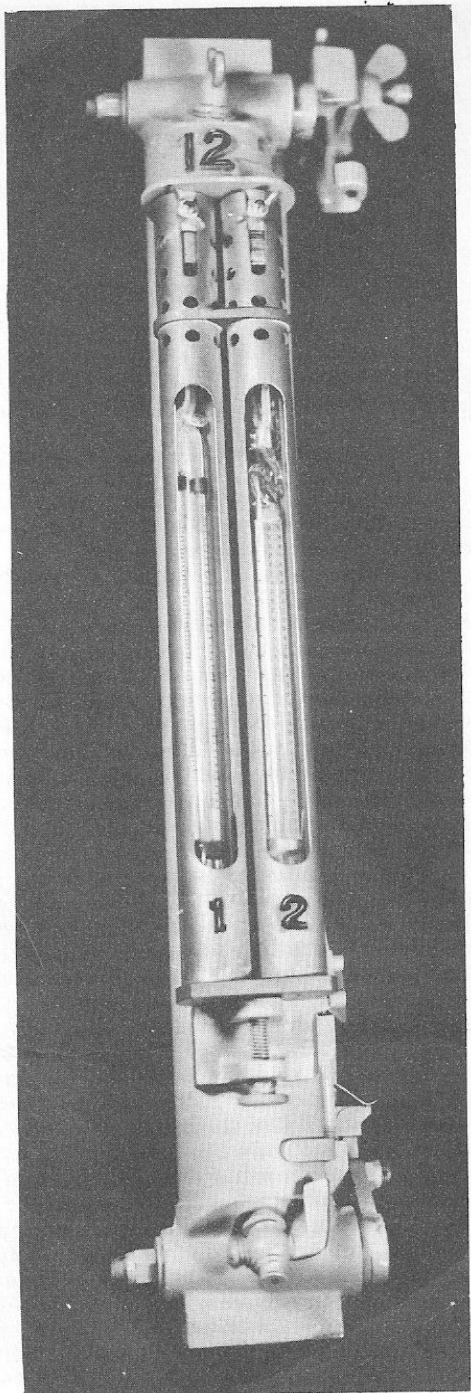




ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

- Ο ακριβής προσδιορισμός της θερμοκρασίας των θαλασσίων υδάτων έχει ιδιαίτερη σημασία για την Ωκεανογραφική έρευνα.
- Για την Φυσική Ωκεανογραφία η θερμοκρασία αποτελεί βασική παράμετρο για τον υπολογισμό της πυκνότητας του θαλασσινού νερού, τον προσδιορισμό των θαλασσίων μαζών, τους υπολογισμούς των ρευμάτων κλπ.
- Για την Βιολογική Ωκεανογραφία η γνώση της θερμοκρασίας της θάλασσας συνδέεται με την αντοχή, την συμπεριφορά και τις μετακινήσεις των διαφόρων οργανισμών.
- Για τη Χημική έρευνα ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας έχει μεγάλη σημασία μια και είναι γνωστό ότι οι χημικές διεργασίες επηρεάζονται από αυτή (μολονότι οι διακυμάνσεις της στη θάλασσα είναι σχετικά μικρές). Ακόμη οι μεταβολές της θερμοκρασίας συνδυάζονται με μεταβολές στα θαλάσσια ρεύματα και επομένως στην διακίνηση των ουσιών στη θάλασσα. Η εμφάνιση εποχιακού ή μόνιμου θερμοκλινούς σε διάφορες περιοχές και βάθη είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα που επηρεάζει άμεσα τις χημικές ισορροπίες.
- Οι βασικές μέθοδοι για την μέτρηση της θερμοκρασίας της θάλασσας είναι τα θερμοστοιχεία, τα αναστρεφόμενα υδραργυρικά θερμόμετρα και οι βαθυθερμογράφοι.

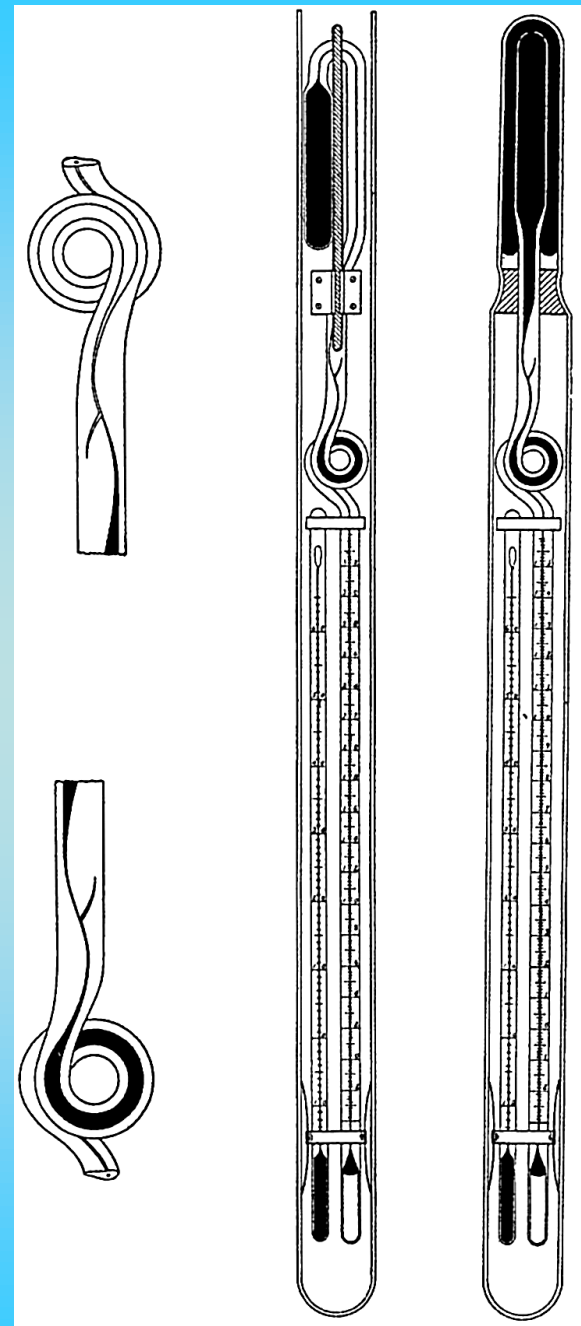
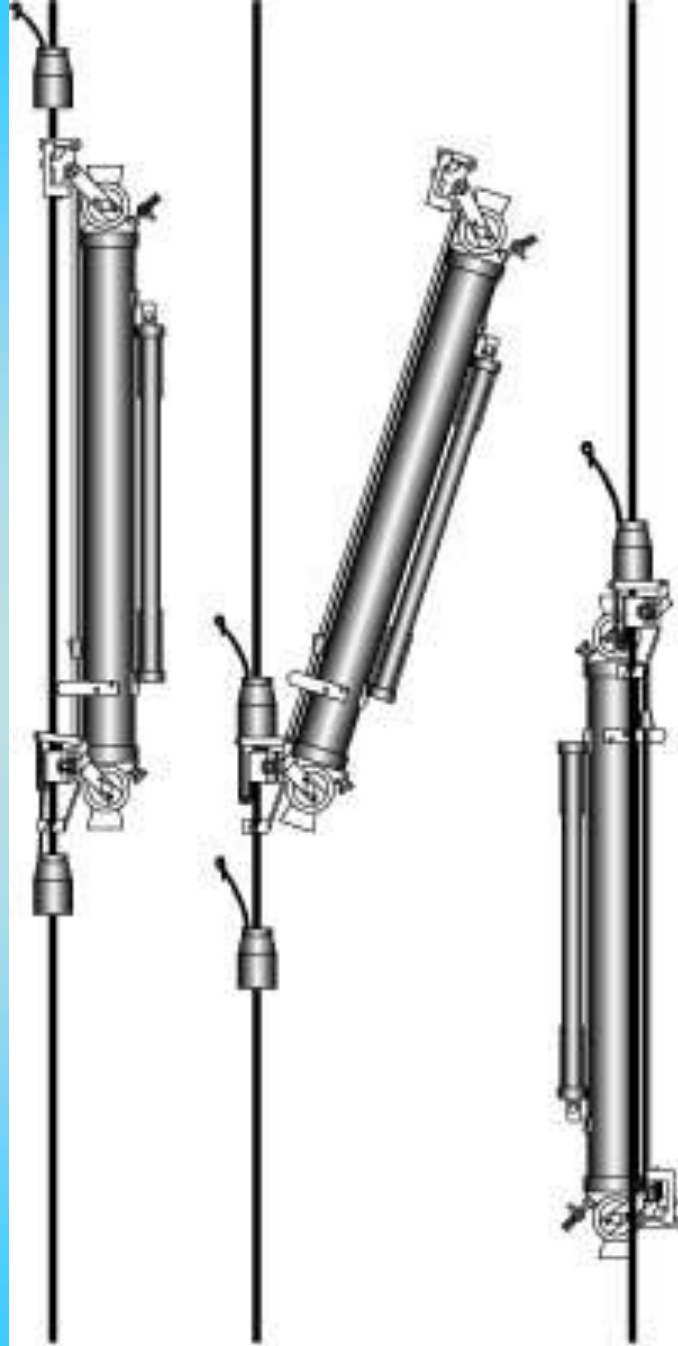
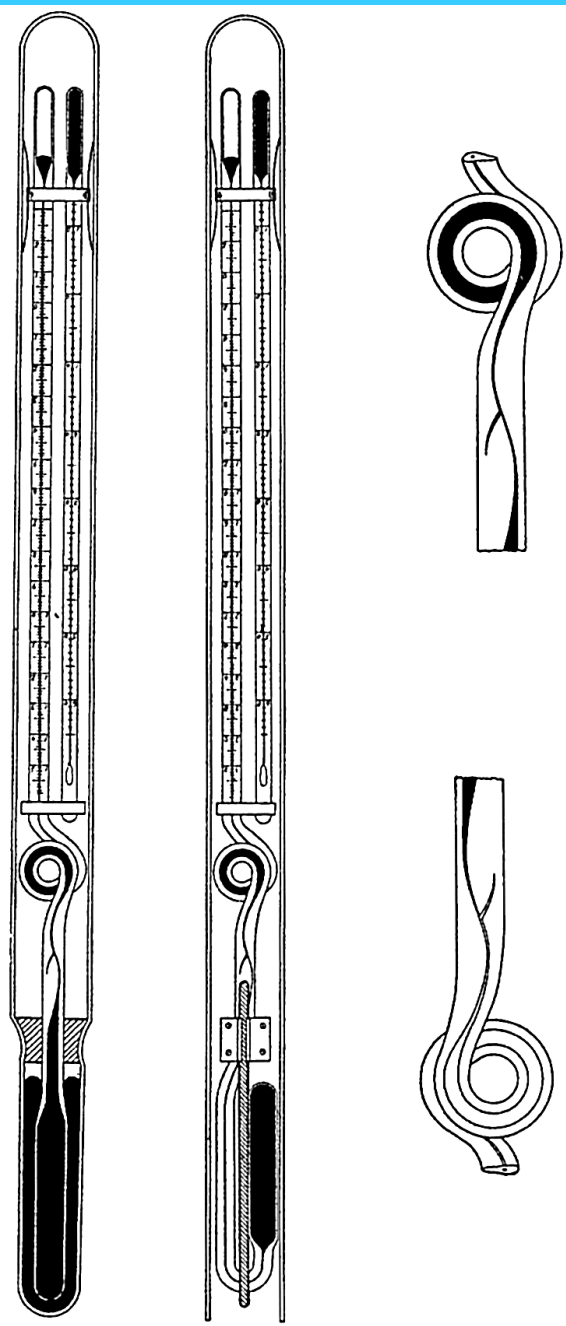




- A: ΛΥΓΙΣΜΕΝΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ
- B: ΕΓΚΟΠΗ
- C: ΣΗΜΕΙΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ
- D: ΚΥΡΙΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ
- E: ΒΟΗΘΗΤΙΚΟ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΟ
- F: ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ
- G: ΚΑΤΩ ΘΑΛΑΜΟΣ
- H: ΥΑΛΙΝΟ ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ

ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΜΕΝΟ (σε ανάστροφη θέση)

ΑΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΟ



Για το προστατευμένο θερμόμετρο ισχύει :

$$T_w = T + C + I \quad , \quad \text{όπου :}$$

T_w = η πραγματική θερμοκρασία στο συγκεκριμένο βάθος.

T = η θερμοκρασία που διαβάστηκε στο κύριο θερμόμετρο.

I = διόρθωση από τον κατασκευαστή για λάθη στην κλίμακα του θερμομέτρου. Δίνεται στην ειδική καρτέλλα του θερμομέτρου.

C = $[(T+V_0)(T-t)] / (K-100)$ διόρθωση για τη θερμική διαστολή του συστήματος, όπου :

V_0 = Ο όγκος του υδραργύρου κατω από το σημείο των 0°C , υπολογισμένος στους 0°C και εκφρασμένος σε $^\circ\text{C}$.
Δίνεται από τον κατασκευαστή στην ειδική καρτέλλα.

t = Η θερμοκρασία που διαβάζεται στο βοηθητικό θερμόμετρο, διορθωμένη για λάθη της κλίμακας με στοιχεία από την καρτέλλα του κατασκευαστή.

K = Σταθερά θερμικής διαστολής του συστήματος, εξαρτώμενη από το υλικό κατασκευής. Δίνεται από τον κατασκευαστή.

Αφού διορθωθούν οι ενδείξεις των αναστρεφόμενων θερμομέτρων, μπορεί να υπολογιστεί το πραγματικό βάθος της φιάλης από τη σχέση:

$$Z = (T_u - T_w) / \rho_m Q$$

όπου:

Z = Το ζητούμενο βάθος σε μέτρα .

T_u = Η διορθωμένη θερμοκρασία του απροστάτευτου θερμομέτρου.

T_w = Η διορθωμένη θερμοκρασία του προστατευμένου θερμομέτρου.

ρ_m = Η μέση πυκνότητα της στήλης του νερού πάνω από το βάθος αναστροφής. Μπορεί να ληφθεί από διαγράμματα και πίνακες ή να υπολογιστεί από μετρηθείσες πυκνότητες του σταθμού. Στο σχήμα 3 δίνονται οι μέσες πυκνότητες του θαλασσινού νερού σε διάφορες περιοχές και βάθη.

Q = Ο συντελεστής πίεσης του απροστάτευτου θερμομέτρου. Δείχνει την αύξηση της ένδειξης σε βαθμούς Κελσίου για αύξηση της πίεσης κατά 0.1 Kg/cm². Δίνεται από τον κατασκευαστή και είναι της τάξης του 0.01 .

Έτσι με βάση τα προηγούμενα και για θεωρητικό βάθος 600 μέτρων αν ισχύει :

$$T_u = 16.17^{\circ}\text{C}$$

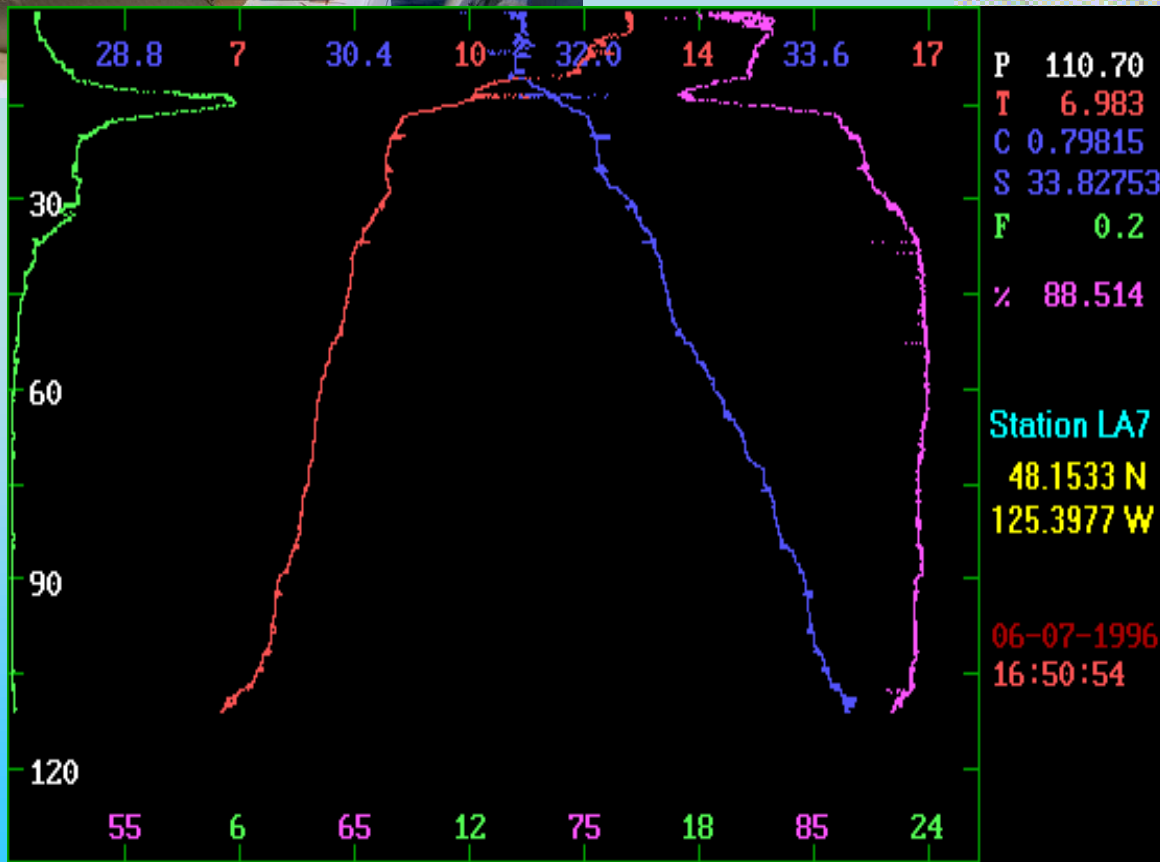
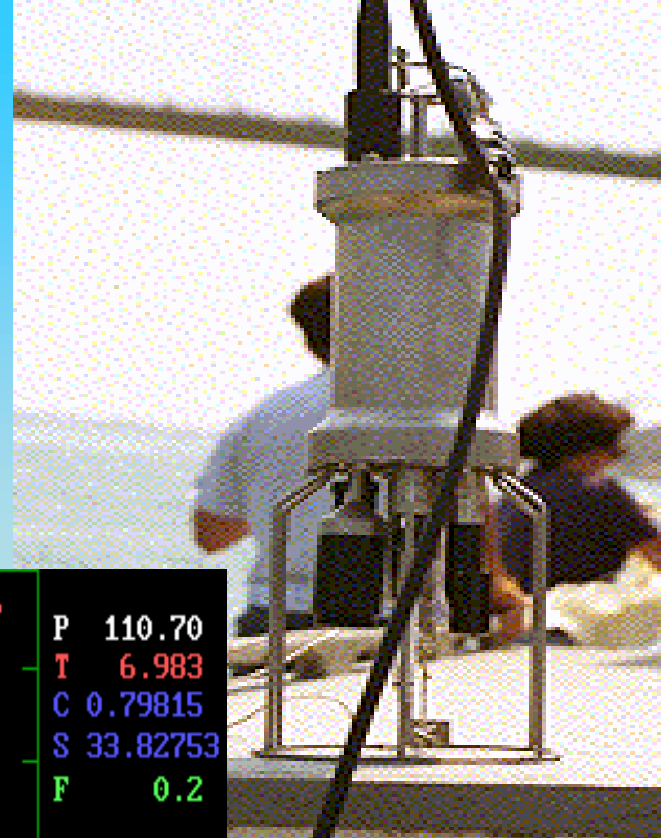
$$T_w = 9.12^{\circ}\text{C}$$

$$\rho_m = 1.0281$$

$$Q = 0.01275$$

τότε το πραγματικό βάθος θα είναι :

$$Z = (16.17 - 9.12) / (1.0281 \times 0.01275) = 7.05 / 0.01311 = 538\text{m}$$



Πυκνότητα είναι η μάζα στη μονάδα του όγκου.

$$\rho = m/V$$

Εξαρτάται (βασικά) από την αλατότητα, τη θερμοκρασία και την πίεση:

$$\rho = \rho(S, T, p)$$

Καταστατική εξίσωση (ορισμένη από εργαστηριακά πειράματα)

Η πυκνότητα δεν μετράται αλλά υπολογίζεται από τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου νερού και την πίεση.

Μονάδες: Kg/m^3 (CGS: gr/cm^3)

Συνήθως χρησιμοποιούμε την πιο εύχρηστη *density anomaly* ή απλά σίγμα:

$$\sigma = \rho - 1000 \text{ kg/m}^3 = \sigma(S, T, p)$$

Η καταστατική εξίσωση δεν είναι γραμμική

1. Επίδραση θερμοκρασίας

The equation for ρ is obtained in a sequence of steps. First, the density ρ_w of pure water ($S = 0$) is given by

$$\rho_w = 999.842594 + 6.793952 \times 10^{-2}t - 9.095290 \times 10^{-3}t^2 + 1.001685 \times 10^{-4}t^3 - 1.120083 \times 10^{-6}t^4 + 6.536332 \times 10^{-9}t^5. \quad (\text{A3.1})$$

2. Επίδραση αλατότητας

Second, the density at one standard atmosphere (effectively $p = 0$) is given by

$$\rho(S, t, 0) = \rho_w + S(0.824493 - 4.0899 \times 10^{-3}t + 7.6438 \times 10^{-5}t^2 - 8.2467 \times 10^{-7}t^3 + 5.3875 \times 10^{-9}t^4) + S^{3/2}(-5.72466 \times 10^{-3} + 1.0227 \times 10^{-4}t - 1.6546 \times 10^{-6}t^2) + 4.8314 \times 10^{-4}S^2. \quad (\text{A3.2})$$

3. Επίδραση πίεσης

Finally, the density at pressure p is given by

$$\rho(S, t, p) = \rho(S, t, 0)/(1 - p/K(S, t, p)). \quad (\text{A3.3})$$

where K is the secant bulk modulus. The pure water value K_w is given by

$$K_w = 19652.21 + 148.4206t - 2.327105t^2 + 1.360477 \times 10^{-2}t^3 - 5.155288 \times 10^{-5}t^4. \quad (\text{A3.4})$$

The value at one standard atmosphere ($p = 0$) is given by

$$K(S, t, 0) = K_w + S(54.6746 - 0.603459t + 1.09987 \times 10^{-2}t^2 - 6.1670 \times 10^{-3}t^3) + S^{3/2}(7.944 \times 10^{-2} + 1.6483 \times 10^{-2}t - 5.3009 \times 10^{-4}t^2) \quad (\text{A3.5})$$

and the value at pressure p by

$$K(S, t, p) = K(S, t, 0) + p(3.239908 + 1.43713 \times 10^{-3}t + 1.16092 \times 10^{-4}t^2 - 5.77905 \times 10^{-7}t^3) + pS(2.2838 \times 10^{-2} - 1.0981 \times 10^{-3}t - 1.6078 \times 10^{-6}t^2) + 1.91075 \times 10^{-4}pS^{3/2} + p^2(8.50935 \times 10^{-5} - 6.12293 \times 10^{-6}t + 5.2787 \times 10^{-8}t^2) + p^3S(-9.9348 \times 10^{-7} + 2.0816 \times 10^{-8}t + 9.1697 \times 10^{-10}t^2). \quad (\text{A3.6})$$

(see Gill, 1982:
Atmosphere-Ocean
Dynamics)

Sigma-T Values

Sigma-T (σ_t) where density is given as a function of temperature (C°) and salinity (‰).

Note: To obtain the density of seawater:

$$\text{Density} = [(\sigma_t \times 10^{-3}) + 1] \text{ g/cm}^3.$$

S(‰)	T(°C)													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	-0.07	-0.01	0.03	0.05	0.06	0.05	0.03	-0.01	-0.06	-0.13	-0.21	-0.31	-0.41	-0.54
1	0.74	0.80	0.84	0.86	0.86	0.85	0.82	0.78	0.72	0.65	0.57	0.47	0.36	0.24
2	1.56	1.61	1.64	1.66	1.66	1.65	1.62	1.57	1.51	1.44	1.35	1.25	1.14	1.01
3	2.37	2.42	2.45	2.46	2.46	2.44	2.41	2.36	2.30	2.22	2.13	2.03	1.91	1.79
4	3.18	3.23	3.25	3.26	3.25	3.23	3.20	3.15	3.08	3.00	2.91	2.81	2.69	2.56
5	3.99	4.03	4.05	4.06	4.05	4.03	3.99	3.93	3.87	3.78	3.69	3.58	3.46	3.33
6	4.80	4.84	4.86	4.86	4.85	4.82	4.78	4.72	4.65	4.57	4.47	4.36	4.24	4.10
7	5.61	5.64	5.66	5.66	5.64	5.61	5.57	5.51	5.43	5.35	5.25	5.13	5.01	4.87
8	6.42	6.45	6.46	6.45	6.44	6.40	6.35	6.29	6.22	6.13	6.02	5.91	5.78	5.64
9	7.23	7.25	7.26	7.25	7.23	7.19	7.14	7.08	7.00	6.91	6.80	6.68	6.56	6.41
10	8.03	8.05	8.06	8.05	8.02	7.98	7.93	7.86	7.78	7.69	7.58	7.46	7.33	7.18
11	8.84	8.86	8.86	8.84	8.82	8.77	8.72	8.65	8.56	8.46	8.35	8.23	8.10	7.95
12	9.64	9.66	9.66	9.64	9.61	9.56	9.50	9.43	9.34	9.24	9.13	9.01	8.87	8.72
13	10.45	10.46	10.46	10.44	10.40	10.35	10.29	10.21	10.12	10.02	9.91	9.78	9.64	9.49
14	11.25	11.26	11.25	11.23	11.19	11.14	11.07	11.00	10.90	10.80	10.68	10.55	10.41	10.26
15	12.06	12.06	12.05	12.02	11.98	11.93	11.86	11.78	11.67	11.58	11.46	11.33	11.18	11.03
16	12.86	12.86	12.85	12.82	12.77	12.72	12.65	12.56	12.46	12.35	12.23	12.10	11.95	11.80
17	13.67	13.66	13.65	13.61	13.57	13.51	13.43	13.34	13.24	13.13	13.01	12.87	12.72	12.56
18	14.47	14.46	14.44	14.41	14.36	14.29	14.22	14.13	14.02	13.91	13.78	13.64	13.49	13.33
19	15.27	15.26	15.24	15.20	15.15	15.08	15.00	14.91	14.80	14.69	14.56	14.42	14.26	14.10
20	16.08	16.06	16.04	15.99	15.94	15.87	15.79	15.69	15.58	15.46	15.33	15.19	15.03	14.87
21	16.88	16.86	16.83	16.79	16.73	16.66	16.57	16.47	16.36	16.24	16.11	15.96	15.80	15.64
22	17.68	17.66	17.63	17.58	17.52	17.44	17.35	17.25	17.14	17.02	16.88	16.73	16.57	16.40
23	18.48	18.46	18.42	18.37	18.31	18.23	18.14	18.04	17.92	17.79	17.65	17.50	17.34	17.17
24	19.29	19.26	19.22	19.17	19.10	19.02	18.92	18.82	18.70	18.57	18.43	18.28	18.11	17.94
25	20.09	20.06	20.02	19.96	19.89	19.81	19.71	19.60	19.48	19.35	19.20	19.05	18.88	18.71
26	20.89	20.86	20.81	20.75	20.68	20.59	20.49	20.38	20.26	20.13	19.98	19.82	19.66	19.48
27	21.70	21.66	21.61	21.55	21.47	21.38	21.28	21.17	21.04	20.90	20.75	20.60	20.43	20.25
28	22.50	22.46	22.41	22.34	22.26	22.17	22.07	21.95	21.82	21.68	21.53	21.37	21.20	21.02
29	23.30	23.26	23.20	23.14	23.05	22.96	22.85	22.73	22.60	22.46	22.31	22.14	21.97	21.78
30	24.10	24.06	24.00	23.93	23.84	23.75	23.64	23.52	23.38	23.24	23.08	22.92	22.74	22.55
31	24.91	24.86	24.80	24.72	24.64	24.54	24.42	24.30	24.16	24.02	23.86	23.69	23.51	23.33
32	25.71	25.66	25.60	25.52	25.43	25.33	25.21	25.08	24.93	24.80	24.64	24.47	24.29	24.10
33	26.52	26.46	26.40	26.31	26.22	26.12	26.00	25.87	25.73	25.58	25.41	25.24	25.06	24.87
34	27.32	27.26	27.19	27.11	27.01	26.91	26.79	26.65	26.51	26.36	26.19	26.02	25.83	25.64
35	28.13	28.07	27.99	27.91	27.81	27.70	27.57	27.44	27.29	27.14	26.97	26.79	26.61	26.41

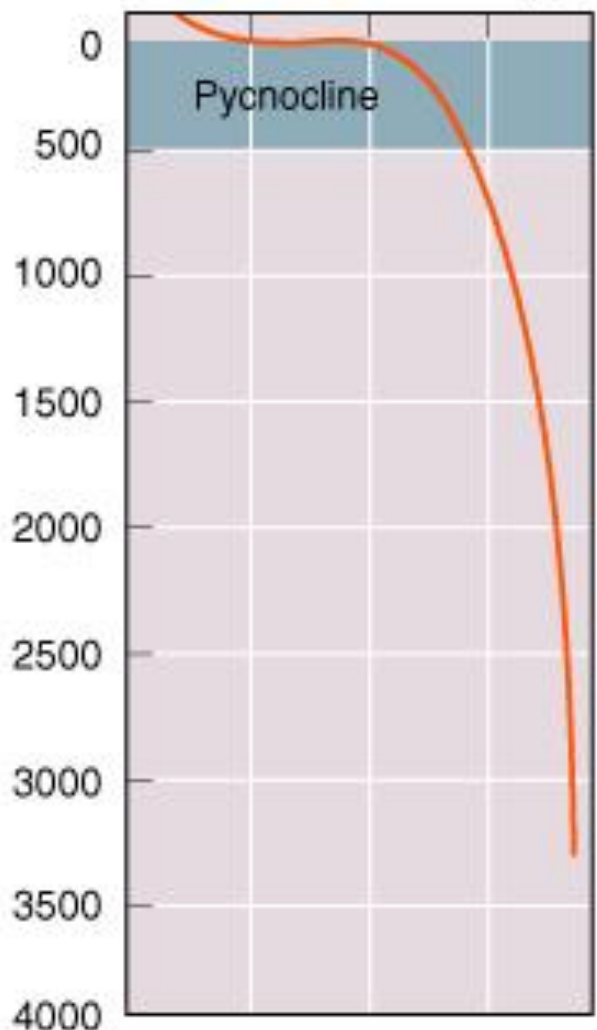
SO₂

T(°C)

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	-0.67	-0.81	-0.97	-1.14	-1.32	-1.51	-1.71	-1.92	-2.14	-2.38	-2.62	-2.87
1	0.10	-0.04	-0.20	-0.37	-0.55	-0.75	-0.95	-1.16	-1.39	-1.62	-1.86	-2.12
2	0.88	0.73	0.57	0.39	0.21	0.02	-0.19	-0.40	-0.63	-0.87	-1.11	-1.37
3	1.65	1.50	1.33	1.16	0.97	0.78	0.57	0.35	0.13	-0.11	-0.36	-0.61
4	2.42	2.26	2.10	1.92	1.74	1.54	1.33	1.11	0.88	0.64	0.39	0.14
5	3.19	3.03	2.86	2.69	2.50	2.30	2.09	1.87	1.64	1.40	1.15	0.89
6	3.96	3.80	3.63	3.45	3.26	3.06	2.85	2.62	2.39	2.15	1.90	1.64
7	4.73	4.57	4.39	4.21	4.02	3.82	3.60	3.38	3.15	2.90	2.65	2.39
8	5.49	5.33	5.16	4.97	4.78	4.58	4.36	4.13	3.90	3.65	3.40	3.14
9	6.26	6.10	5.92	5.74	5.54	5.33	5.12	4.89	4.65	4.41	4.15	3.88
10	7.03	6.86	6.69	6.50	6.30	6.09	5.87	5.64	5.41	5.16	4.90	4.63
11	7.80	7.63	7.45	7.26	7.06	6.85	6.63	6.40	6.16	5.91	5.65	5.38
12	8.56	8.39	8.21	8.02	7.82	7.61	7.38	7.15	6.91	6.66	6.40	6.13
13	9.33	9.16	8.98	8.78	8.58	8.36	8.14	7.91	7.66	7.41	7.15	6.88
14	10.10	9.92	9.74	9.54	9.34	9.12	8.90	8.66	8.42	8.16	7.90	7.63
15	10.86	10.69	10.50	10.30	10.10	9.88	9.65	9.41	9.17	8.91	8.65	8.37
16	11.63	11.45	11.26	11.06	10.85	10.63	10.41	10.17	9.92	9.66	9.40	9.12
17	12.39	12.21	12.02	11.82	11.61	11.39	11.16	10.92	10.67	10.41	10.14	9.87
18	13.16	12.98	12.79	12.58	12.37	12.15	11.92	11.67	11.42	11.16	10.89	10.62
19	13.93	13.74	13.55	13.34	13.13	12.90	12.67	12.43	12.18	11.91	11.64	11.36
20	14.69	14.51	14.31	14.10	13.89	13.66	13.43	13.18	12.93	12.66	12.39	12.11
21	15.46	15.27	15.07	14.86	14.65	14.42	14.18	13.93	13.68	13.41	13.14	12.86
22	16.22	16.03	15.83	15.62	15.40	15.17	14.94	14.69	14.43	14.17	13.89	13.61
23	16.99	16.80	16.60	16.38	16.16	15.93	15.69	15.44	15.18	14.92	14.64	14.36
24	17.76	17.56	17.36	17.14	16.92	16.69	16.45	16.20	15.94	15.67	15.39	15.10
25	18.52	18.33	18.12	17.91	17.68	17.45	17.20	16.95	16.69	16.42	16.14	15.85
26	19.29	19.09	18.88	18.67	18.44	18.20	17.96	17.70	17.44	17.17	16.89	16.60
27	20.04	19.84	19.63	19.43	19.20	18.96	18.71	18.46	18.20	17.92	17.64	17.35
28	20.82	20.62	20.41	20.19	19.96	19.72	19.47	19.21	18.95	18.67	18.39	18.10
29	21.59	21.39	21.17	20.95	20.72	20.48	20.23	19.97	19.70	19.43	19.14	18.85
30	22.36	22.15	21.94	21.71	21.48	21.24	20.99	20.73	20.46	20.18	19.89	19.60
31	23.13	22.92	22.70	22.48	22.24	22.00	21.74	21.48	21.21	20.93	20.65	20.35
32	23.90	23.69	23.47	23.24	23.00	22.76	22.50	22.24	21.97	21.69	21.40	21.10
33	24.67	24.45	24.23	24.00	23.76	23.52	23.26	23.00	22.72	22.44	22.15	21.86
34	25.43	25.22	25.00	24.77	24.53	24.28	24.02	23.75	23.48	23.20	22.91	22.61
35	26.21	25.99	25.77	25.53	25.29	25.04	24.78	24.51	24.24	23.95	23.66	23.36

Density (g/cm^3)

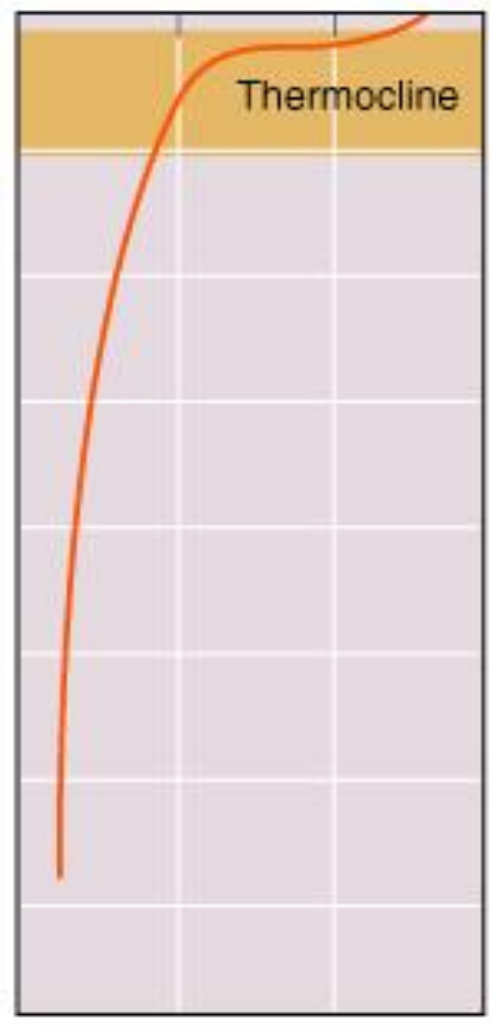
1.024 1.026 1.028



A.

Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

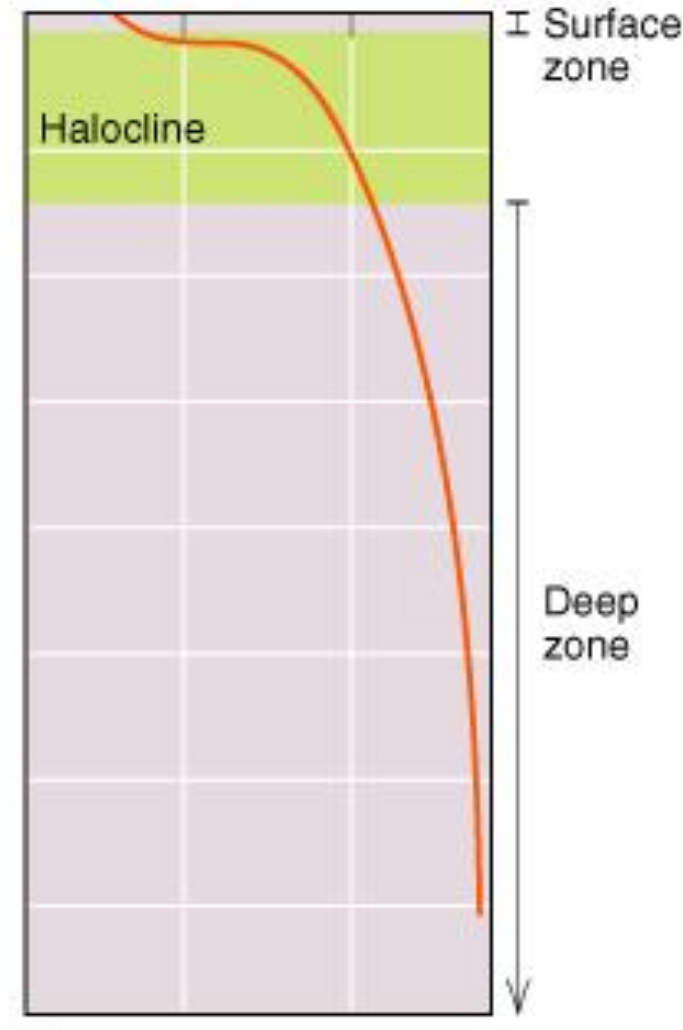
0 $^{\circ}$ 5 $^{\circ}$ 10 $^{\circ}$ 15 $^{\circ}$



B.

Salinity ($^{\circ}/\infty$)

32 33 34 35



C.

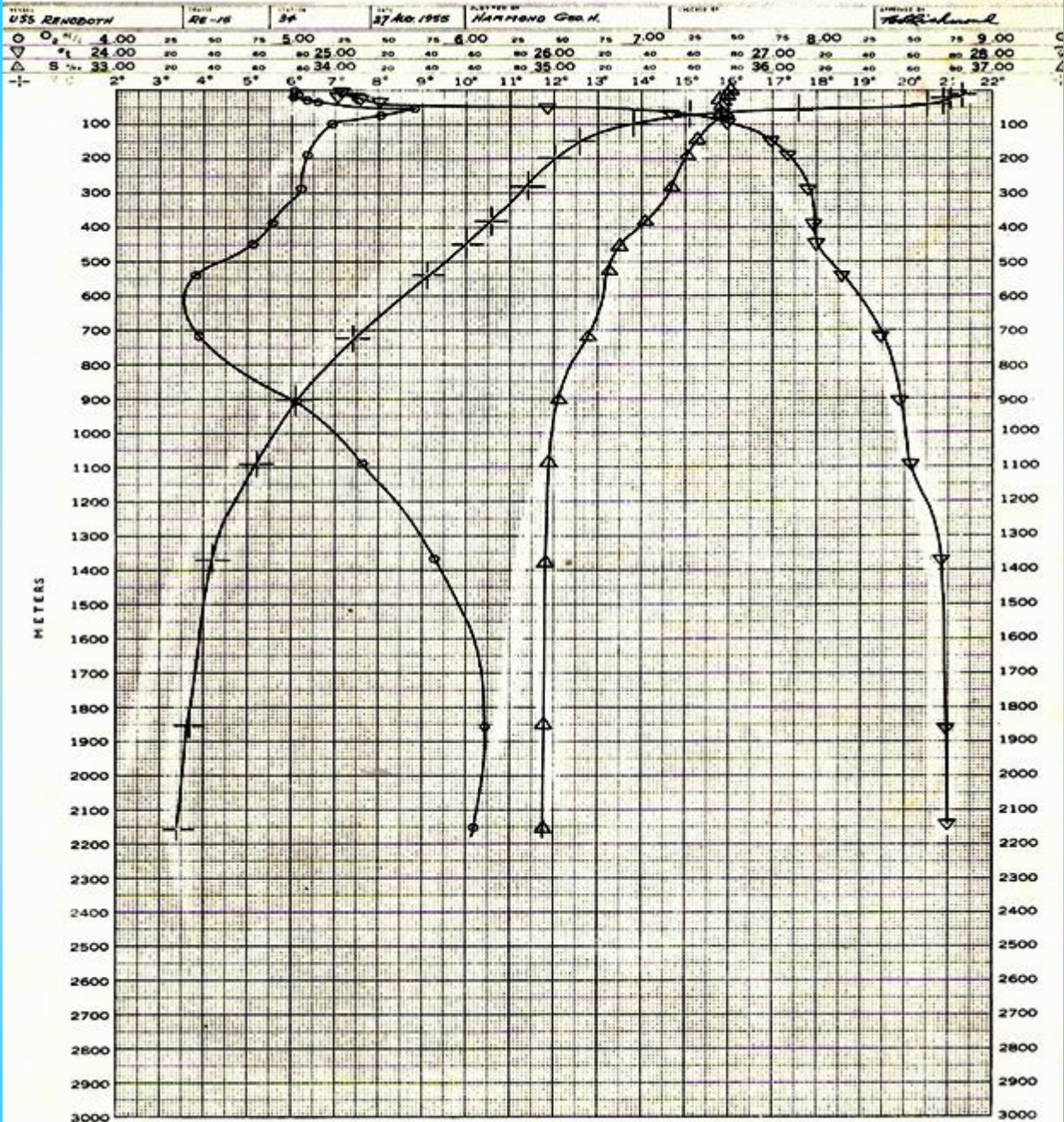
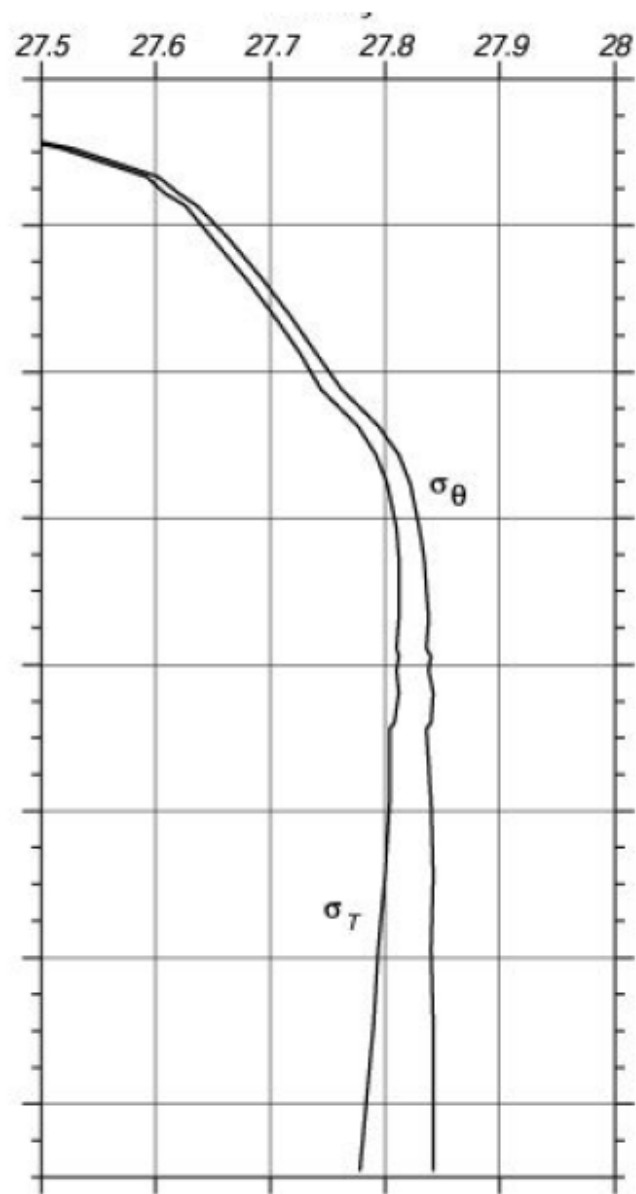
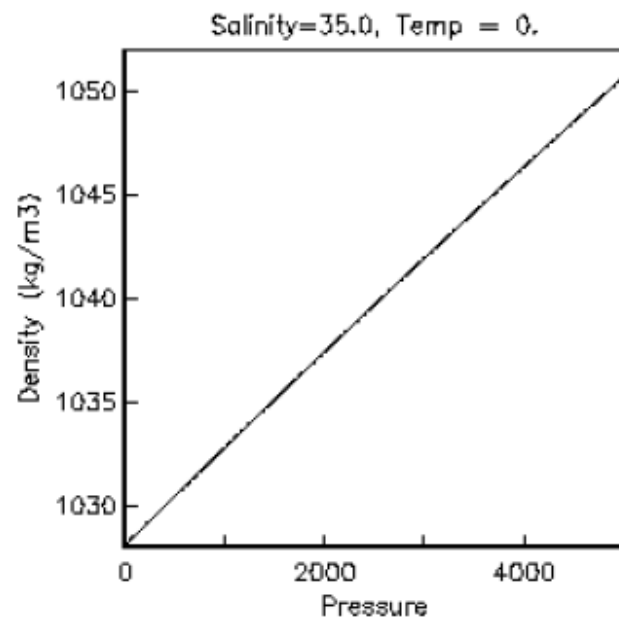


Figure 4-1. Oceanographic Station plotting sheet.

Η πυκνότητα αυξάνεται με το βάθος (την πίεση).

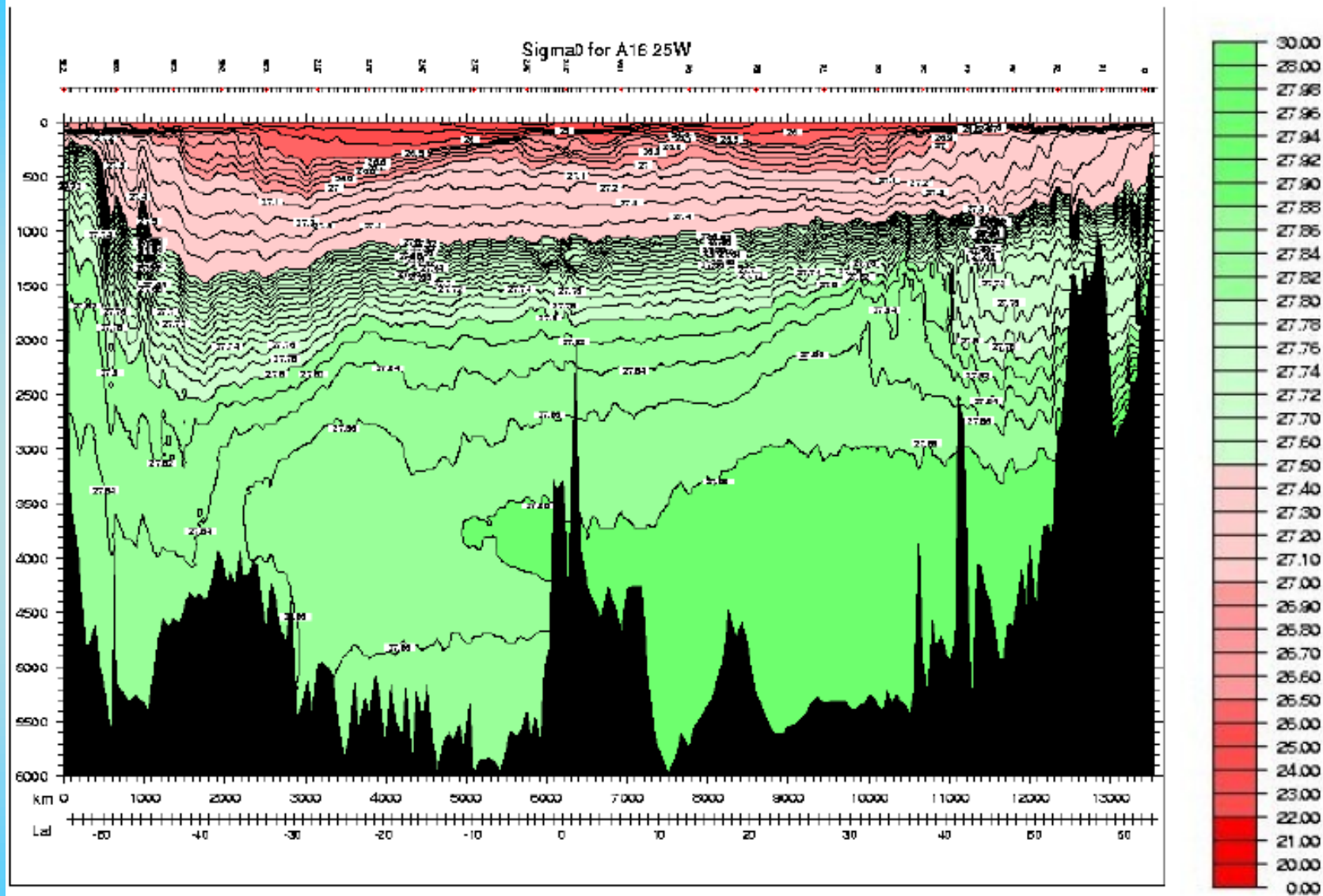
Για το λόγο αυτό συχνά χρησιμοποιούμε τη δυνητική πυκνότητα και την αντίστοιχη σίγμα-θήτα:

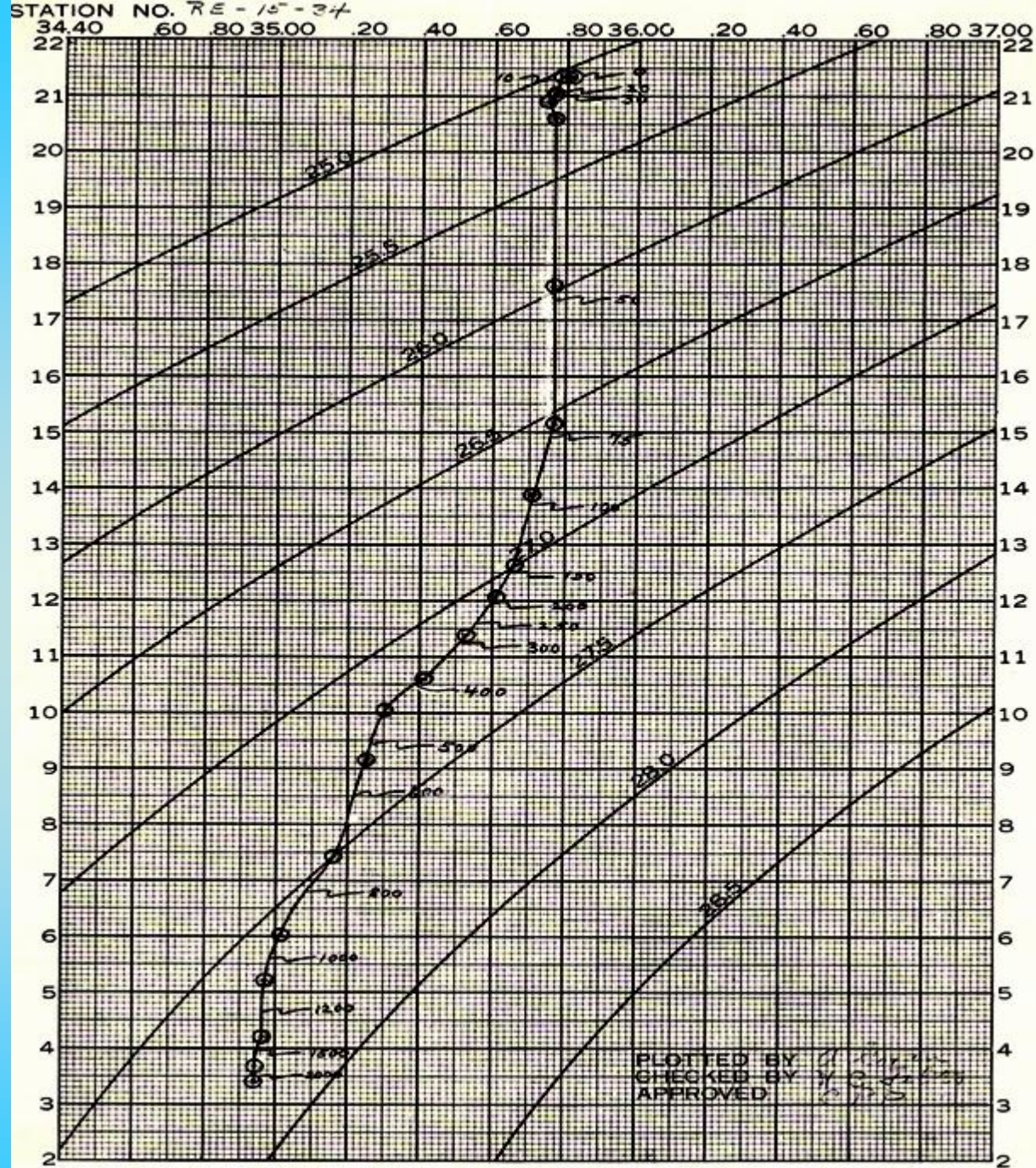
$$\sigma_{\theta} = \rho_0(S, \theta, \theta) - 1000 \text{ kg/m}^3 = \sigma(S, \theta, \theta)$$



ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

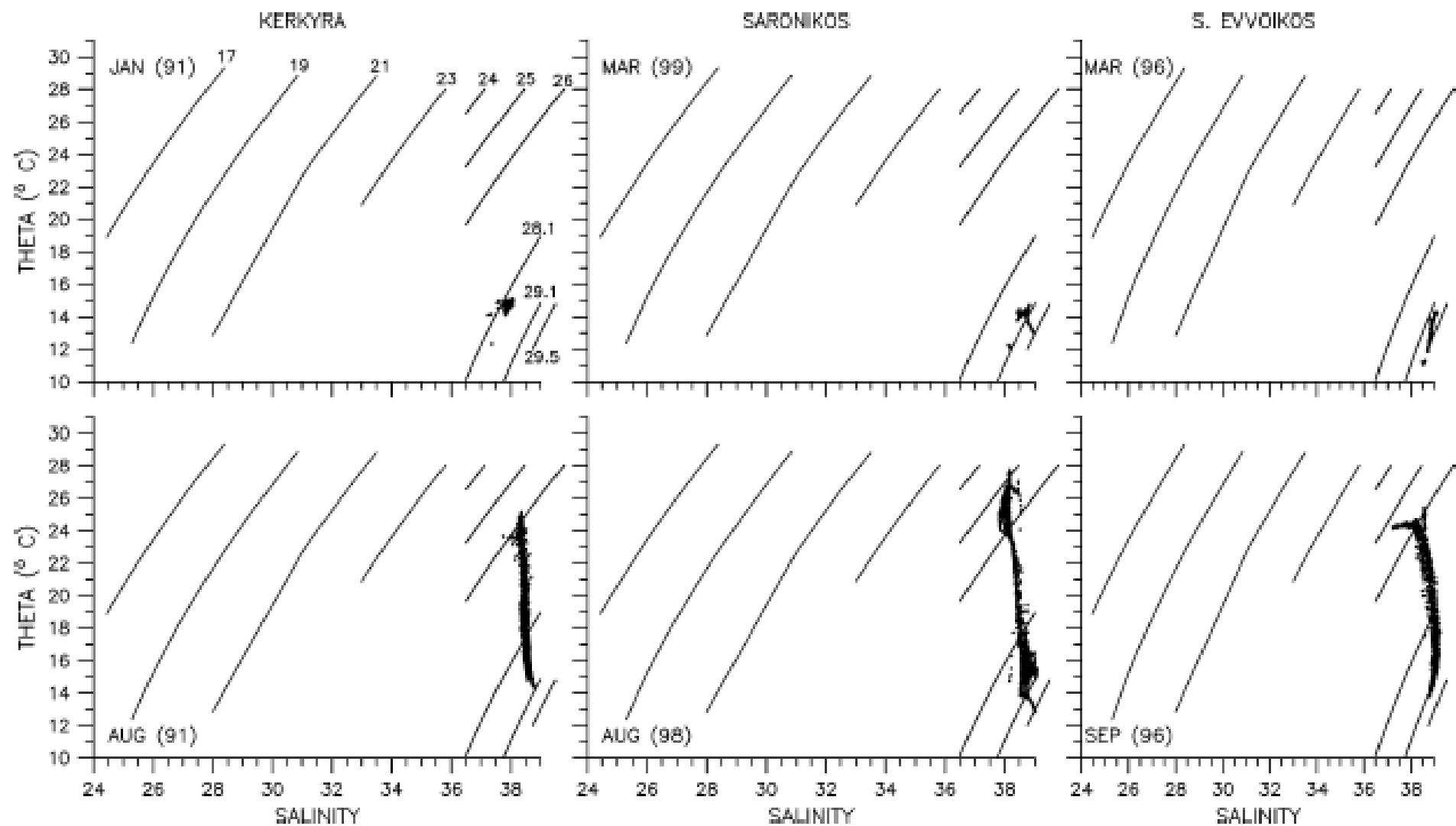
σ_θ : Atlantic Ocean at 25°W



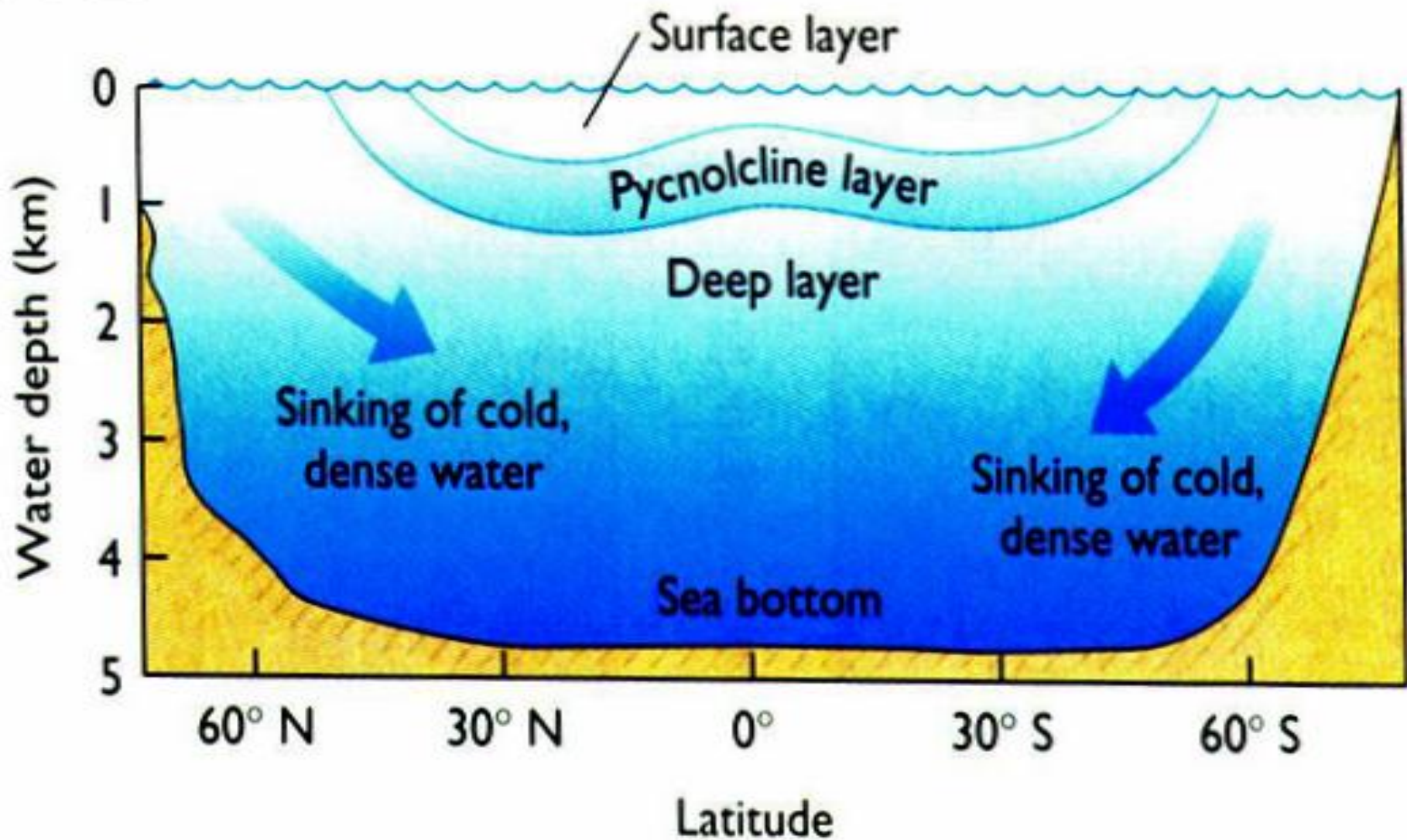


TEMPERATURE - SALINITY PLOT

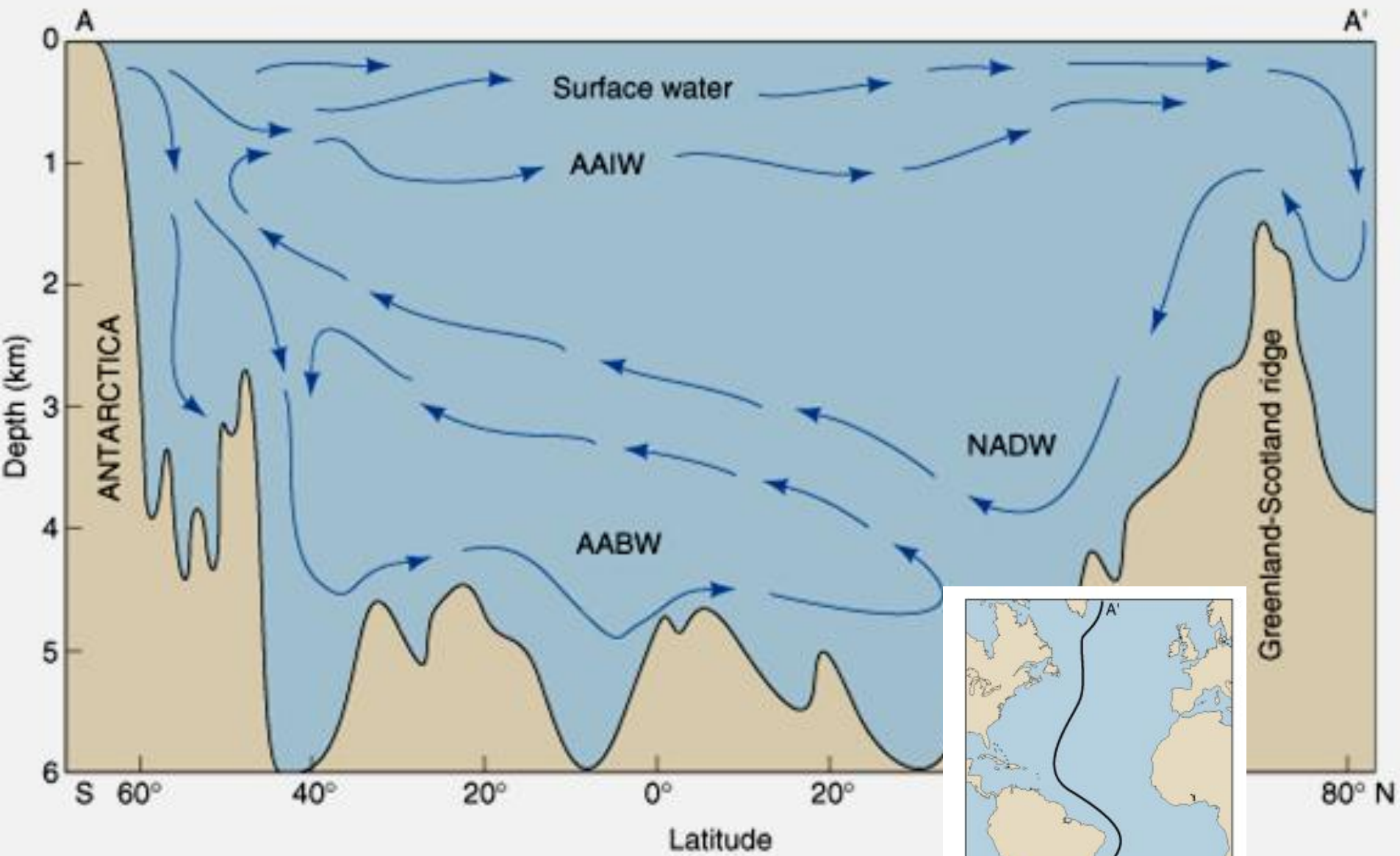
Figure 4-2. Temperature-Salinity (T-S) curve.



Source: BALOPOULOS & ZODIATIS, 1992; KONTOYIANNIS & PAPADOPOULOS, 1999; KONTOYIANNIS

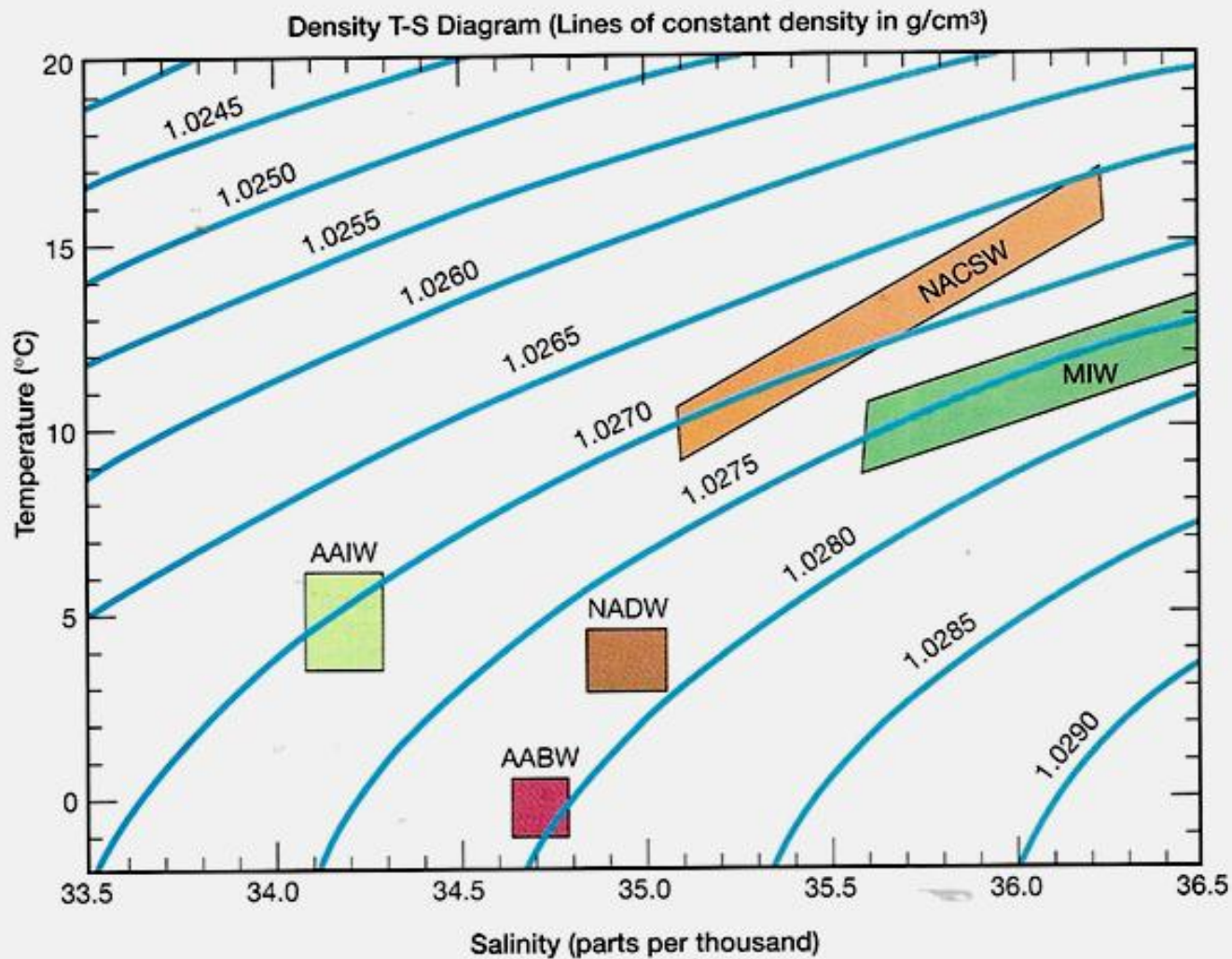


(b) DENSITY STRUCTURE OF THE OCEANS



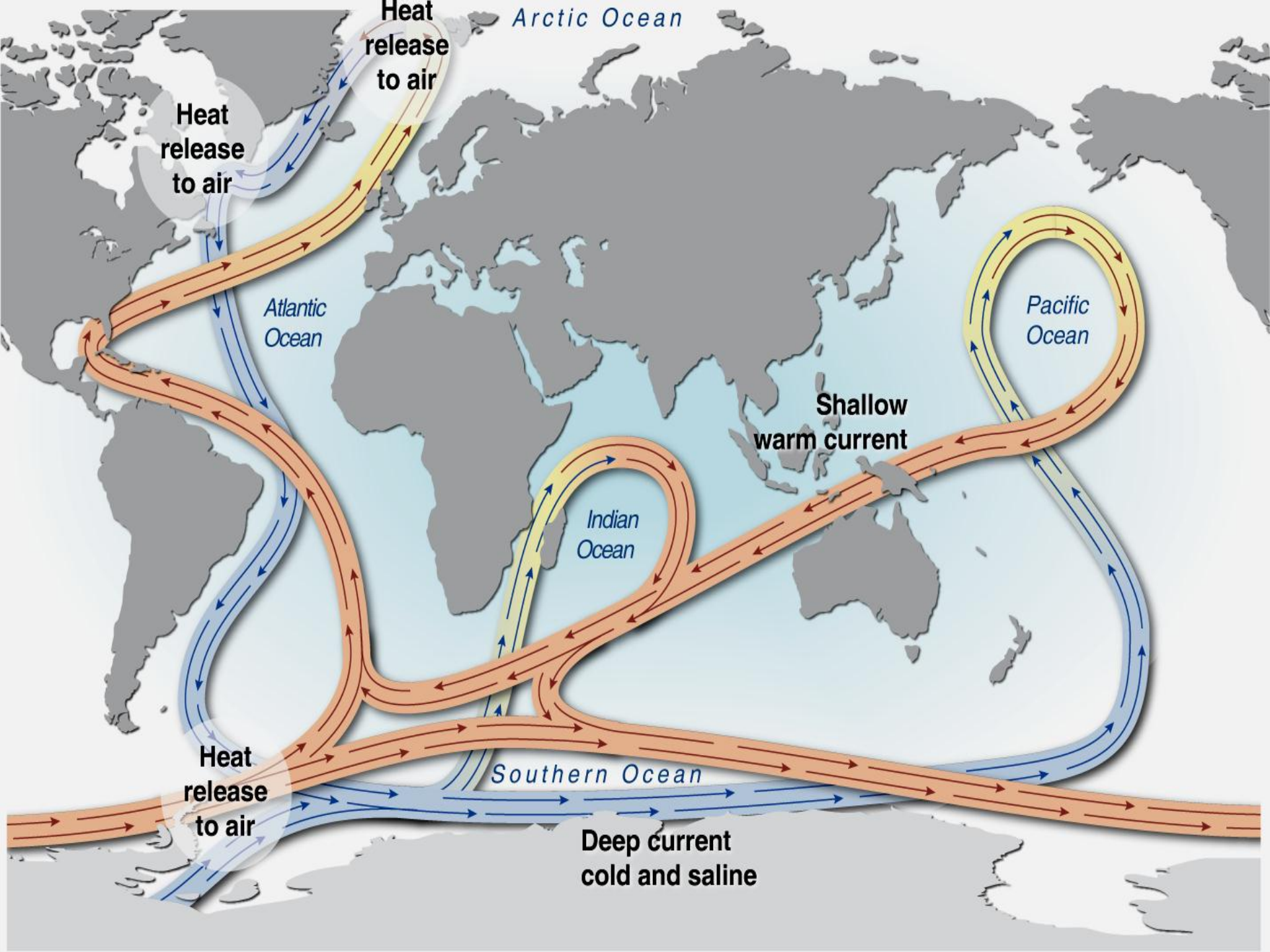
Υδάτινες μάζες: 4 επίπεδα στον παγκόσμιο ωκεανό

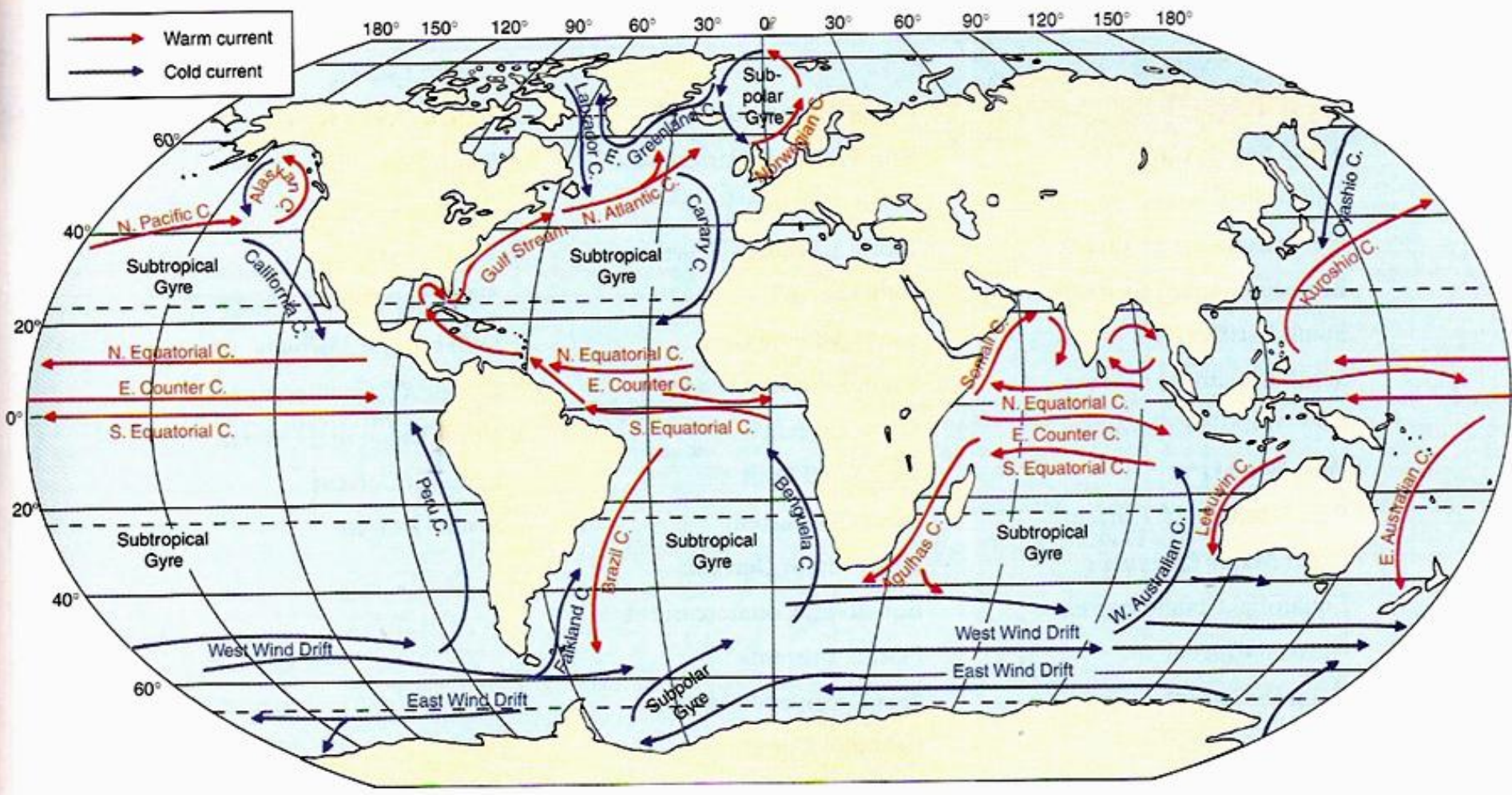
- (1) **Upper layer**: ventilated thermocline. Includes Mode Waters, Central Water, subtropical Underwater (salinity maximum water)
- (2) **Intermediate layer**: Labrador Sea Water, Mediterranean Overflow Water, Red Sea Water, North Pacific Intermediate Water, Antarctic Intermediate Water
- (3) **Deep layer**: North Atlantic Deep Water, Pacific Deep Water (aka Common Water), Indian Deep Water, Circumpolar Deep Water
- (4) **Bottom layer**: Antarctic Bottom Water (aka Lower Circumpolar Deep Water)

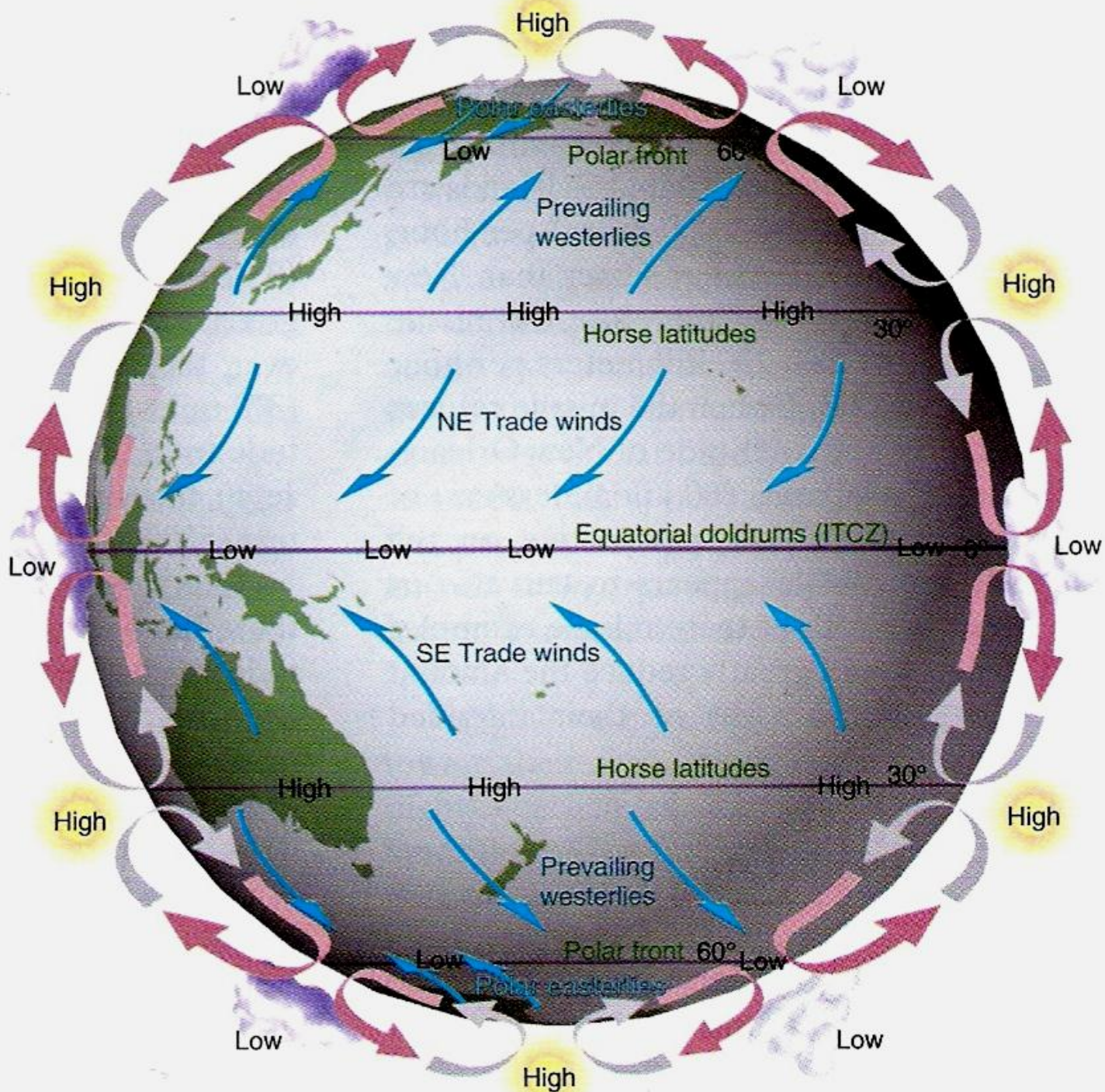


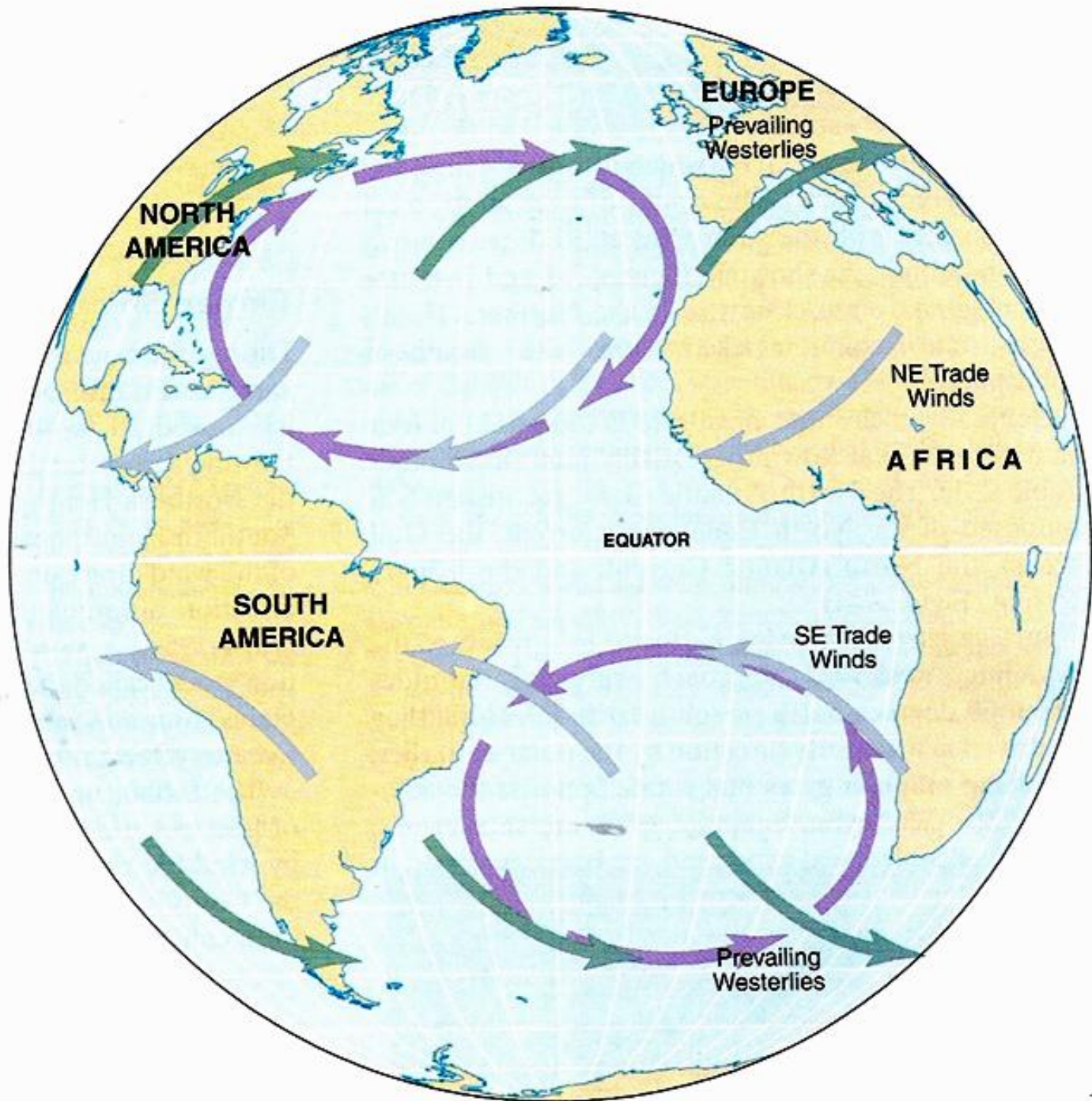
North Atlantic Water Masses:

- (AABW) Antarctic Bottom Water
- (AAIW) Antarctic Intermediate Water
- (NACSW) North Atlantic Central Surface Water
- (MIW) Mediterranean Intermediate Water
- (NADW) North Atlantic Deep Water

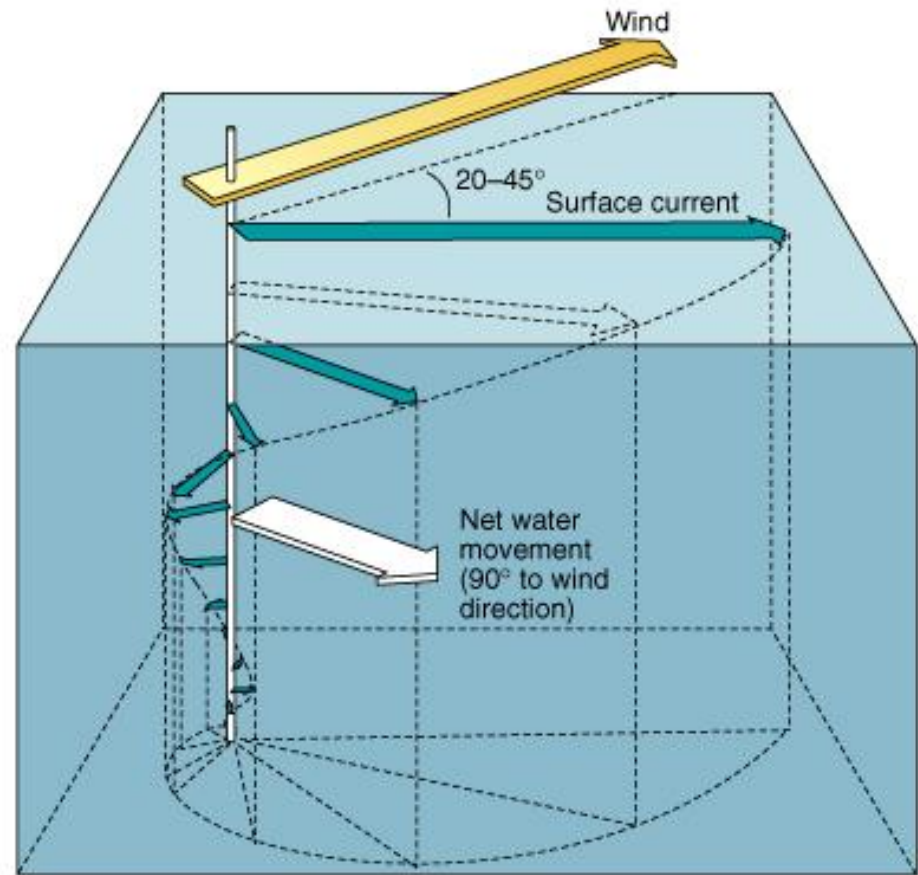
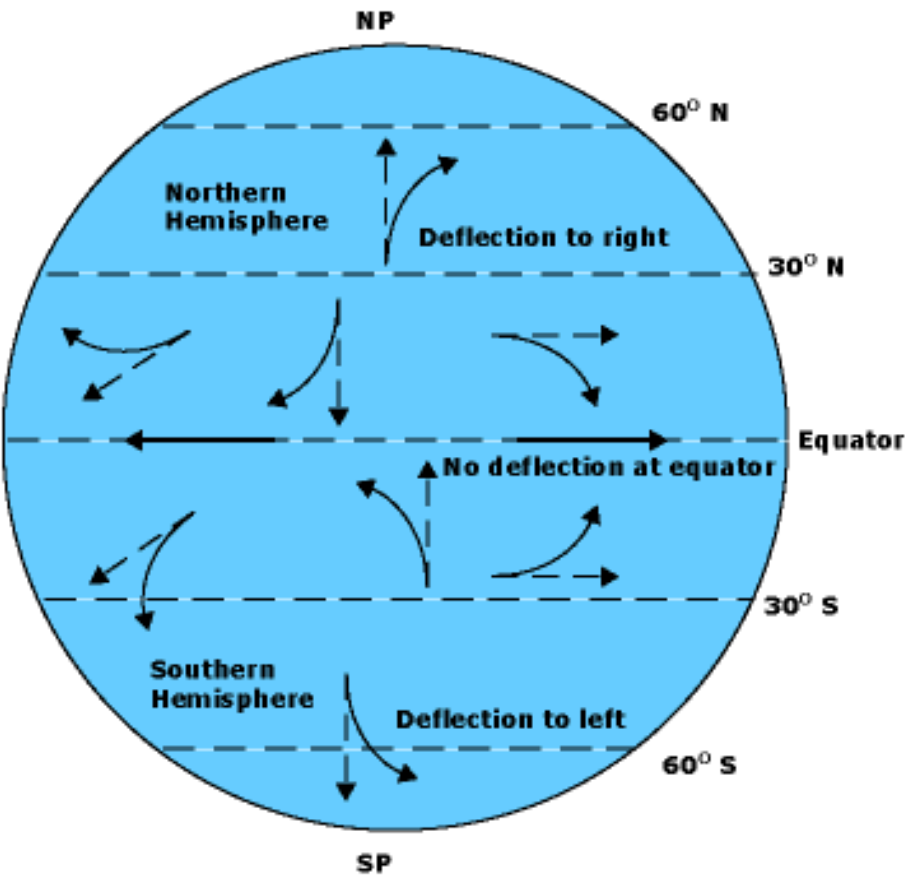








Maximum deflection at pole



Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Maximum deflection at pole

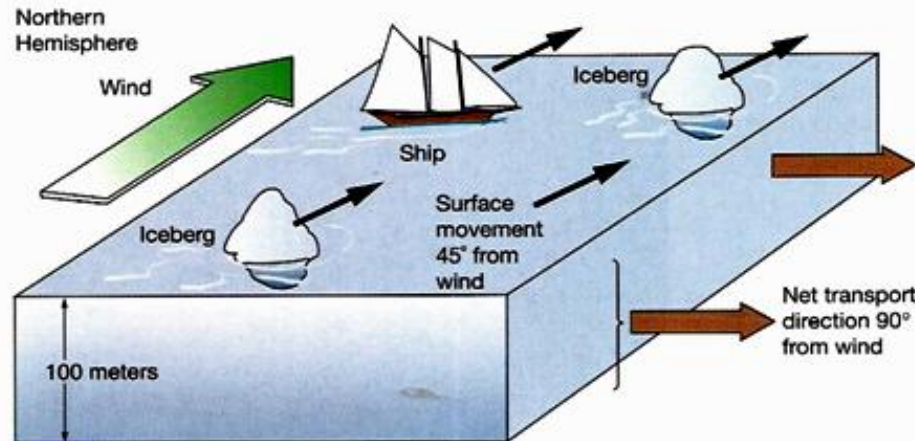
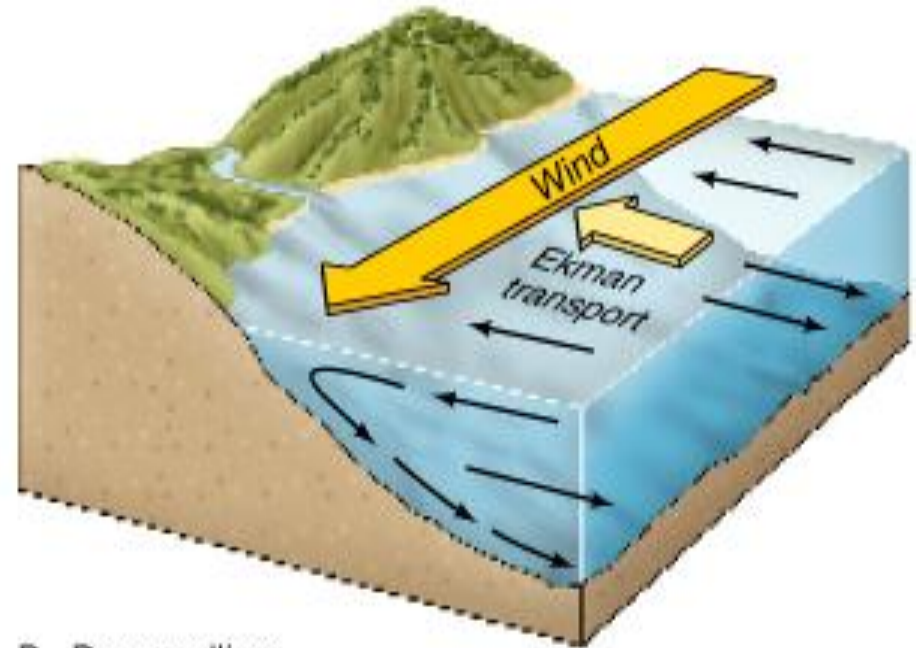


Figure 7-5 Transport of floating objects
Fridtjof Nansen first noticed that floating objects, such as icebergs and ships, were carried to the right of the wind direction in the Northern Hemisphere.

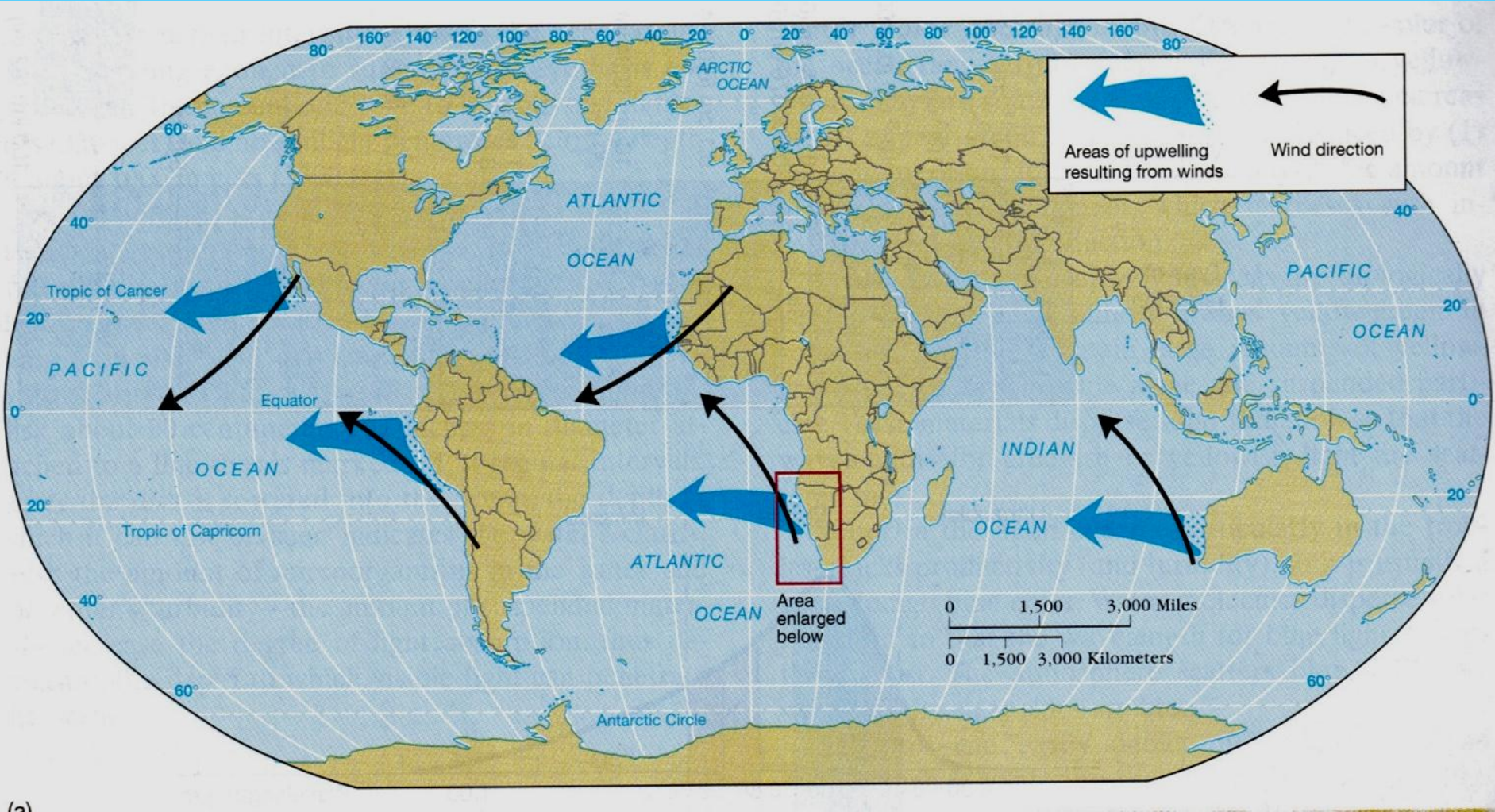


A. Upwelling

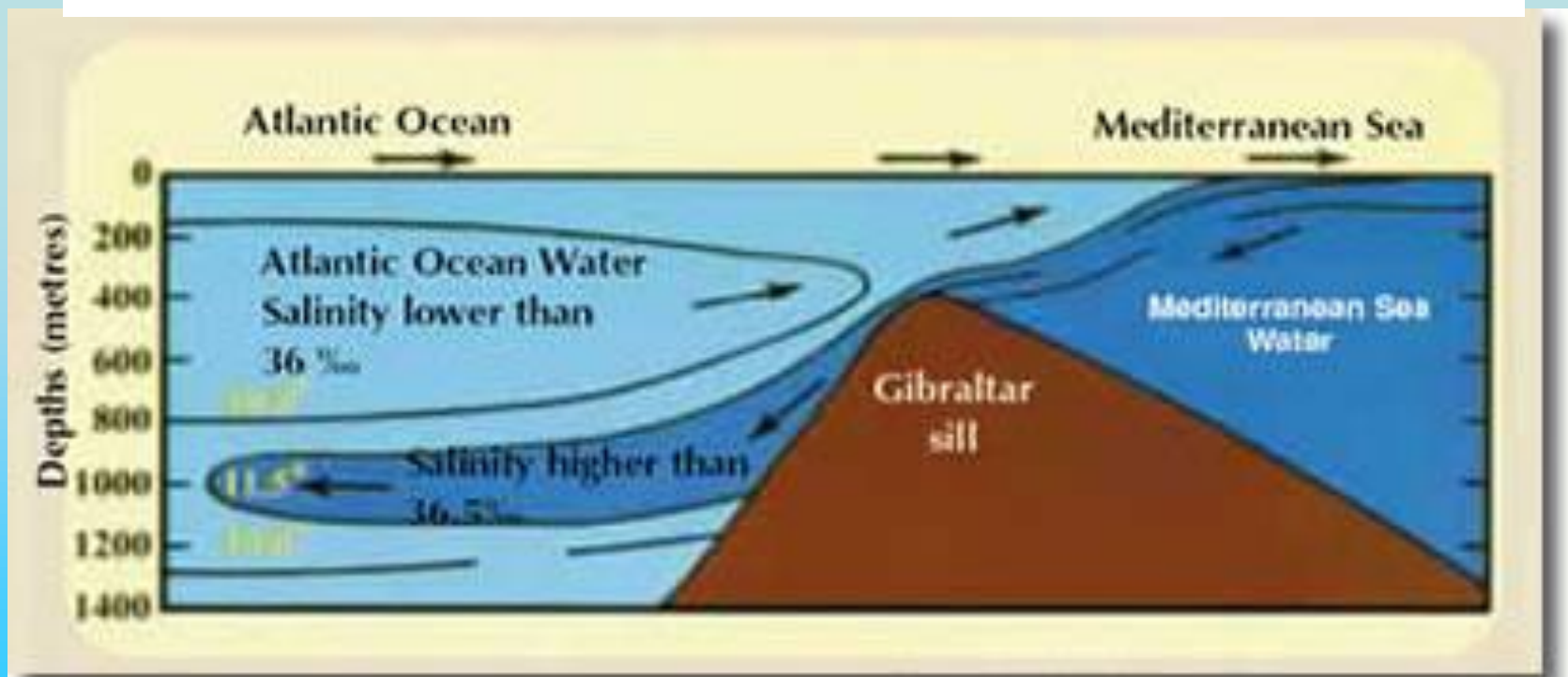
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

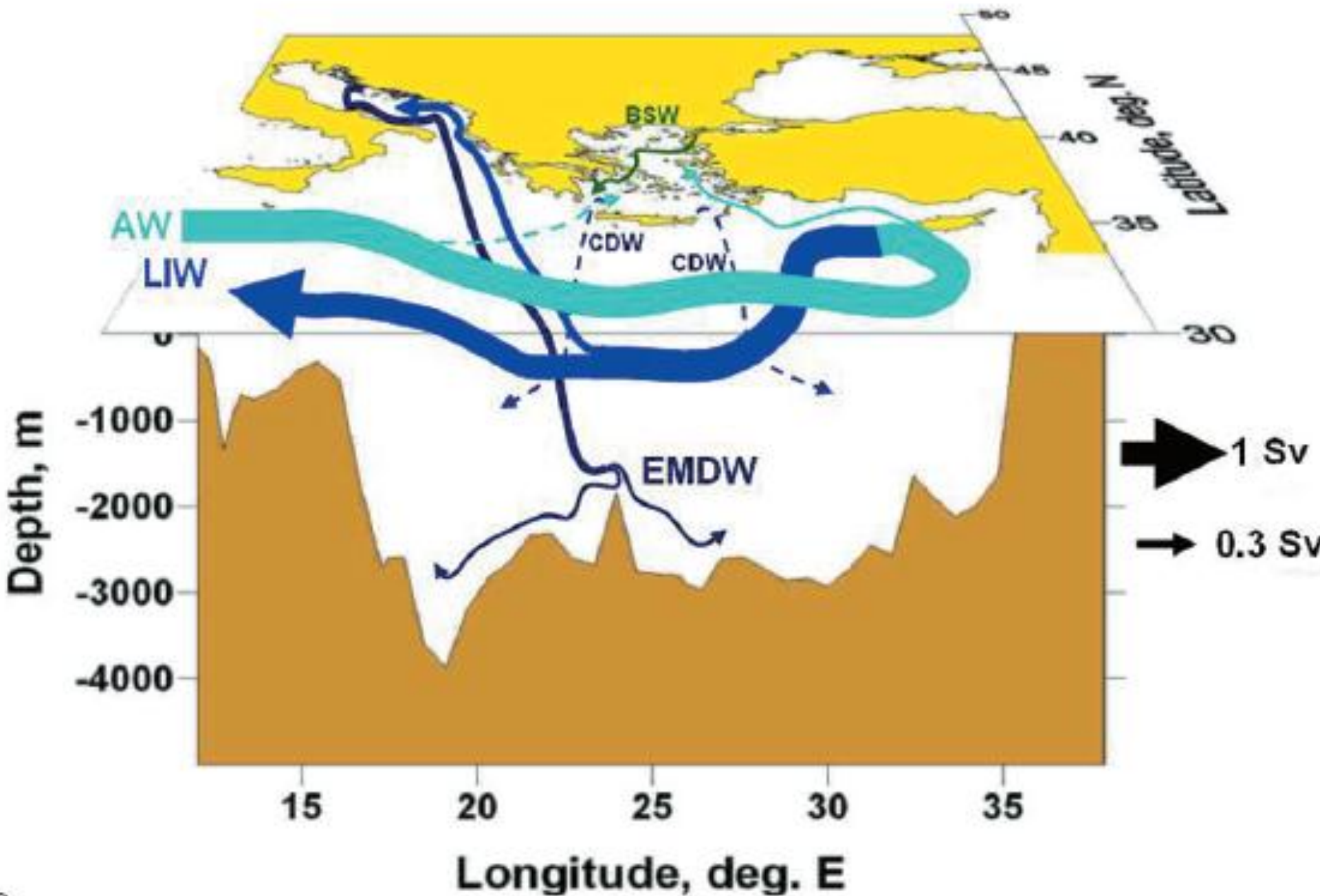


B. Downwelling

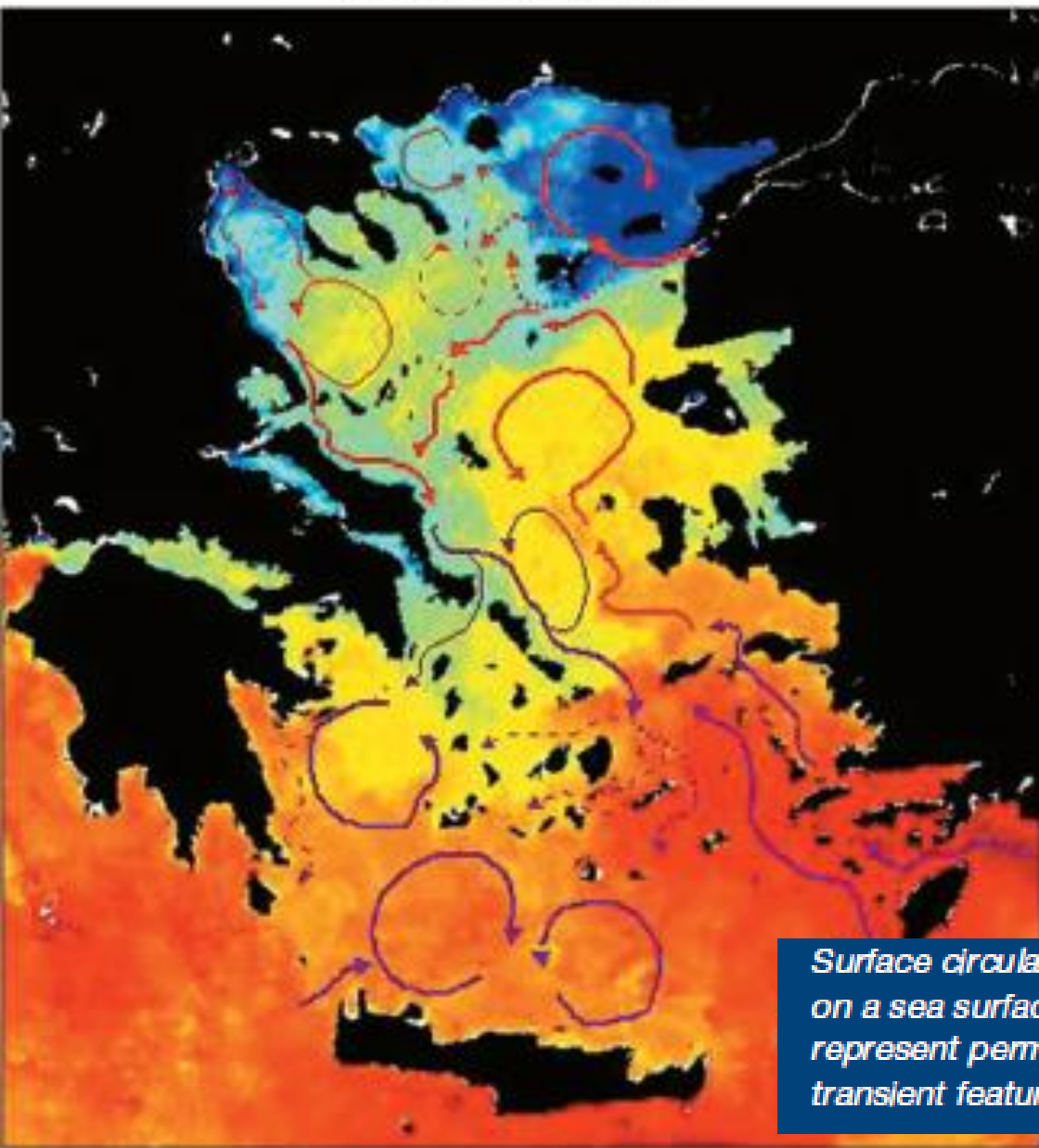


(a)





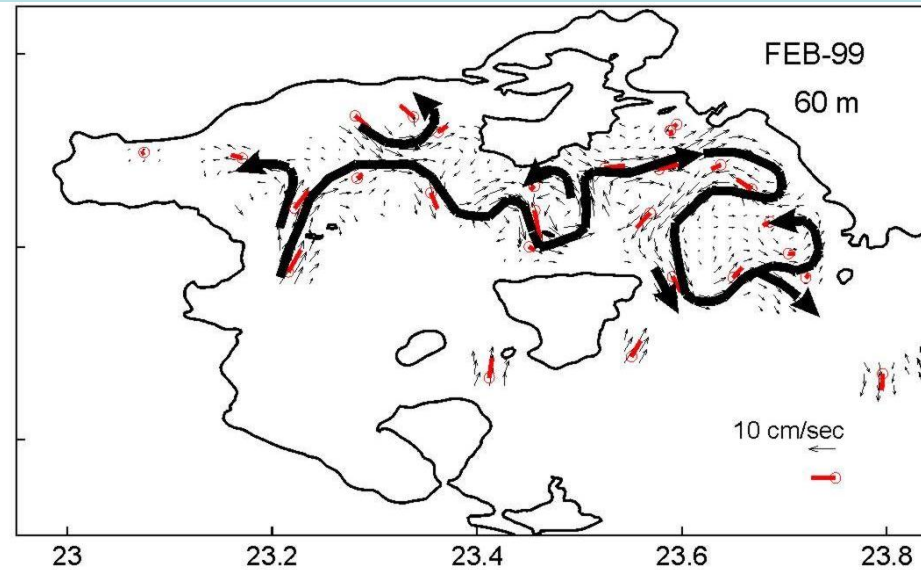
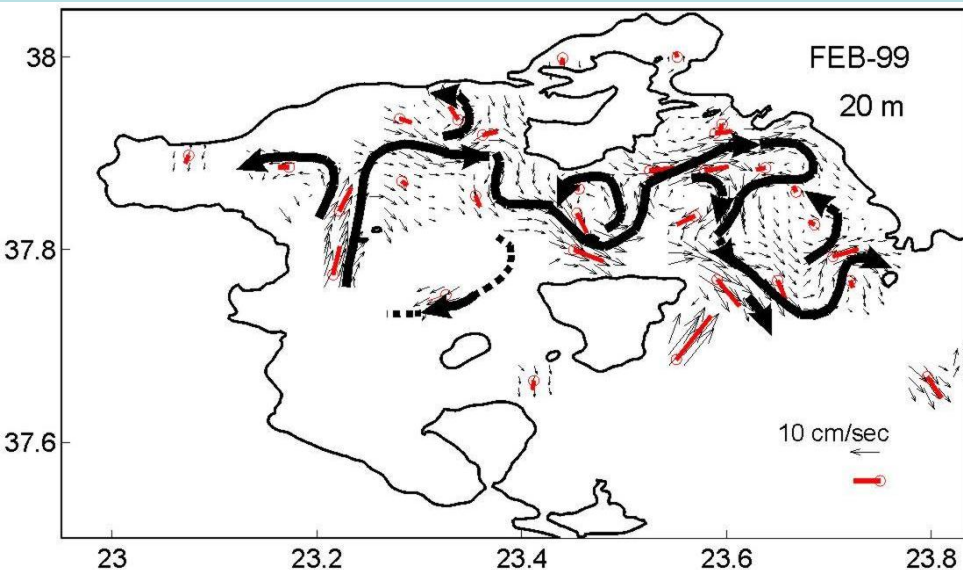
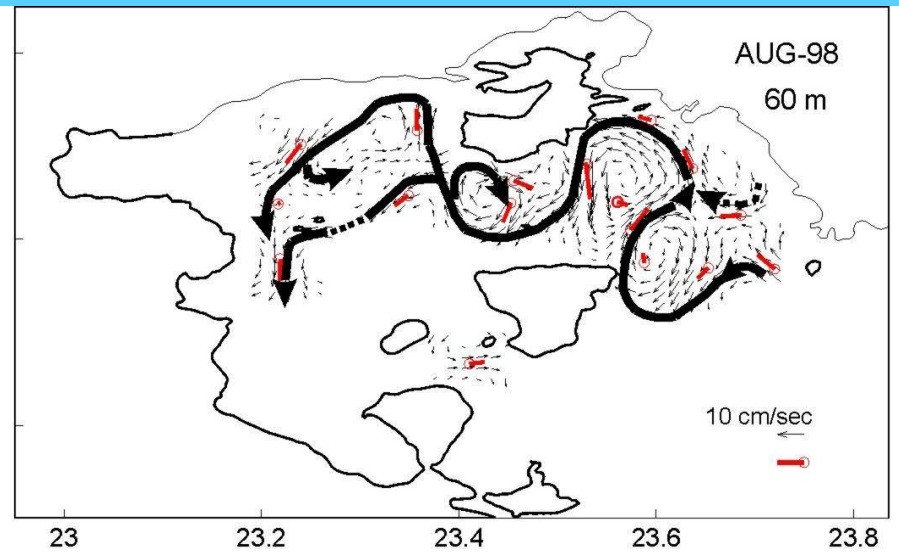
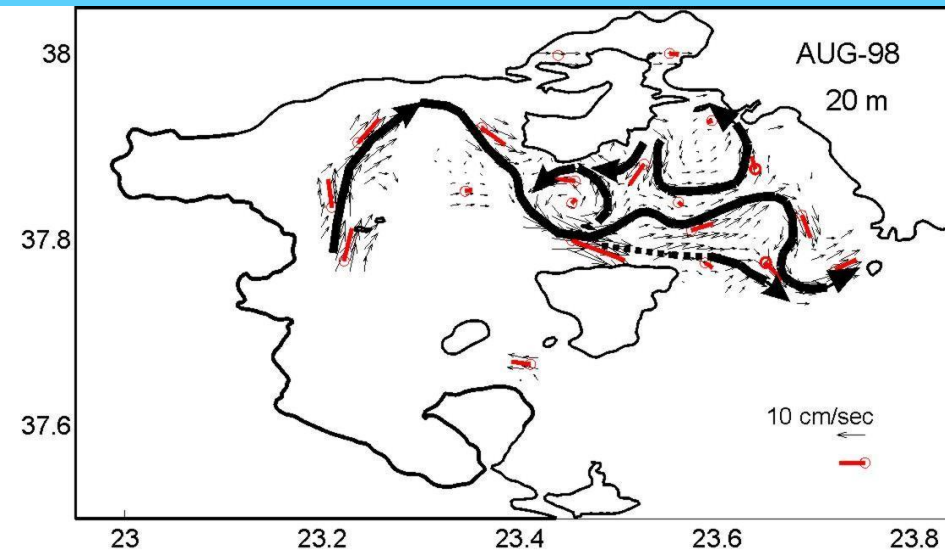
SST, 07 February 2000



Surface circulation of the Aegean Sea (arrows) superimposed on a sea surface temperature image from satellite (Solid lines represent permanent features and dashed lines recurrent or transient features).



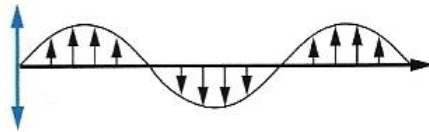
Κυκλοφορία στο Σαρωνικό κόλπο





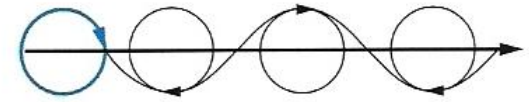
LONGITUDINAL WAVE

Particles (color) move back and forth in direction of energy transmission. These waves transmit energy through all states of matter.



TRANSVERSE WAVE

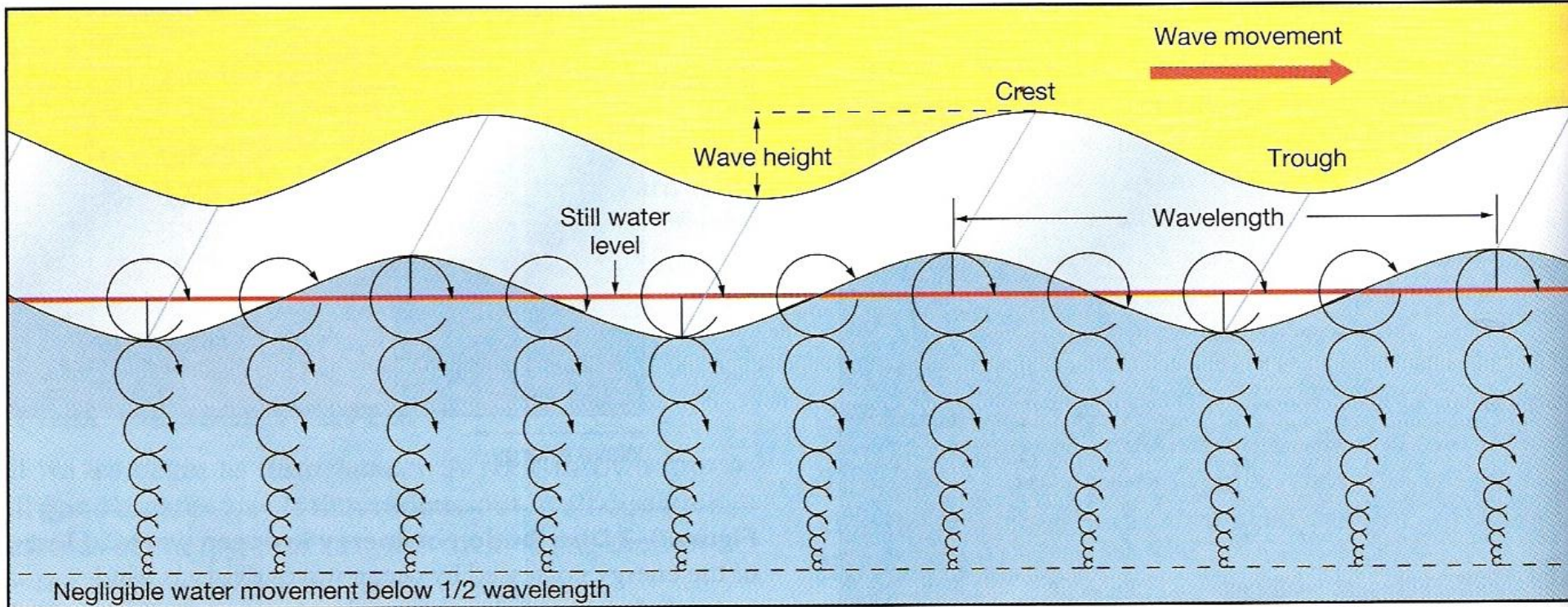
Particles (color) move back and forth at right angles to direction of energy transmission. These waves transmit energy only through solids.



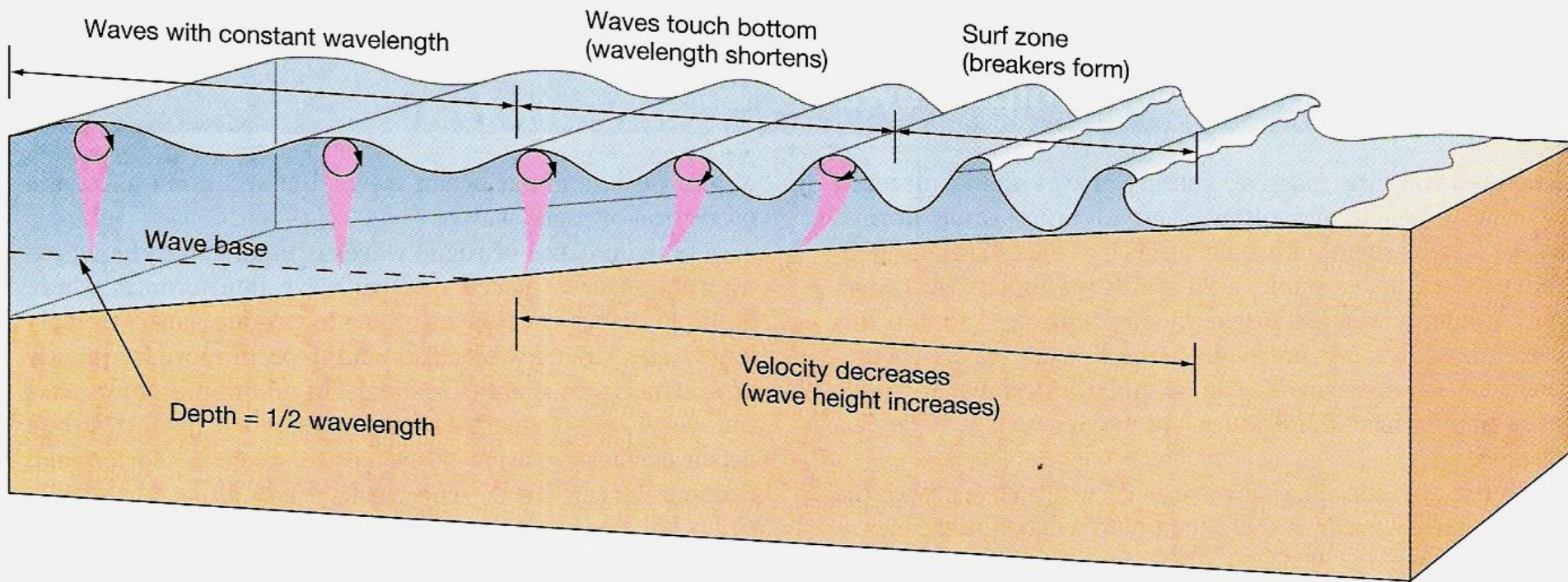
ORBITAL WAVE

Particles (color) move in orbital path. These waves transmit energy along interface between two fluids of different density (liquids and/or gases).

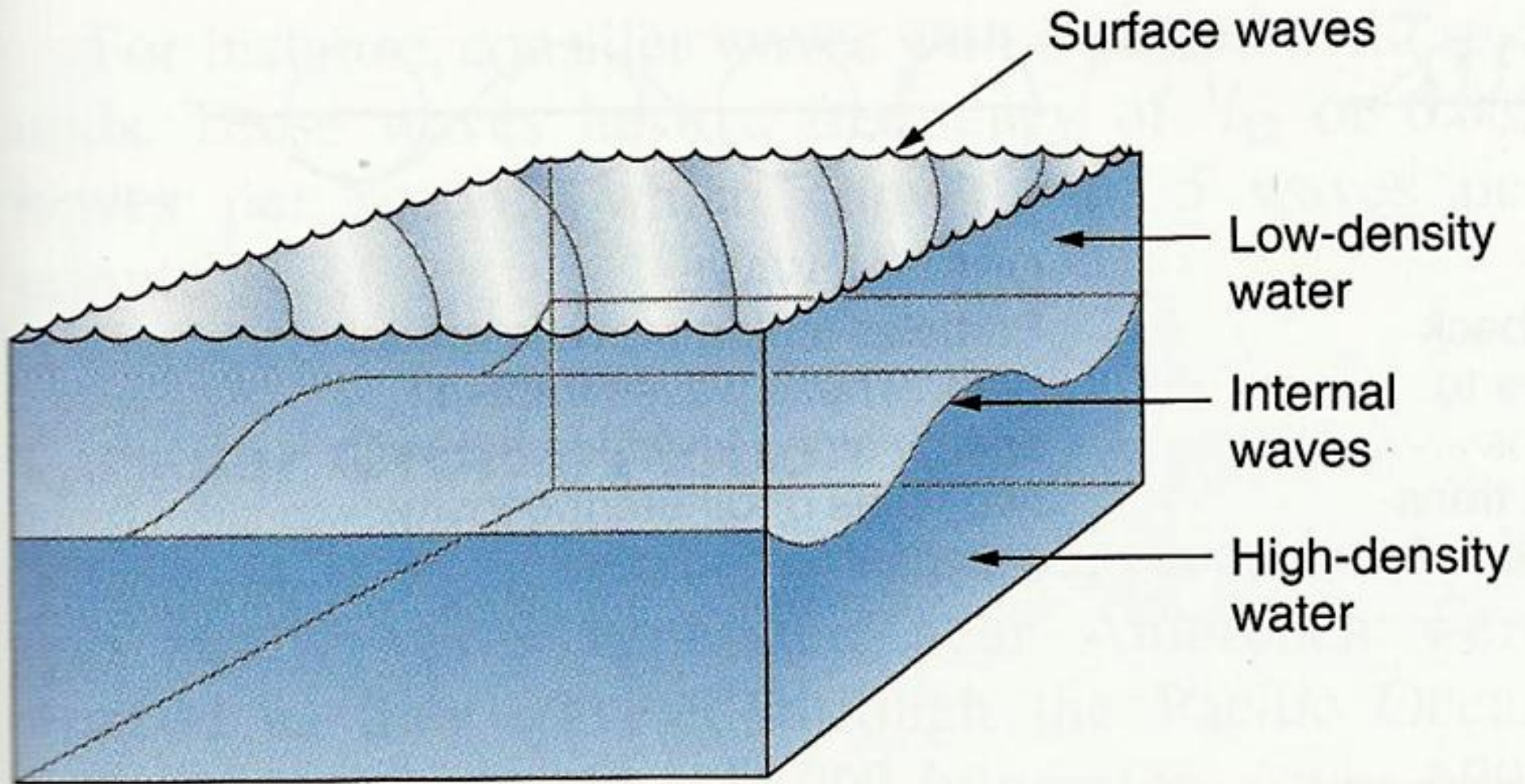
(a) Types of progressive waves



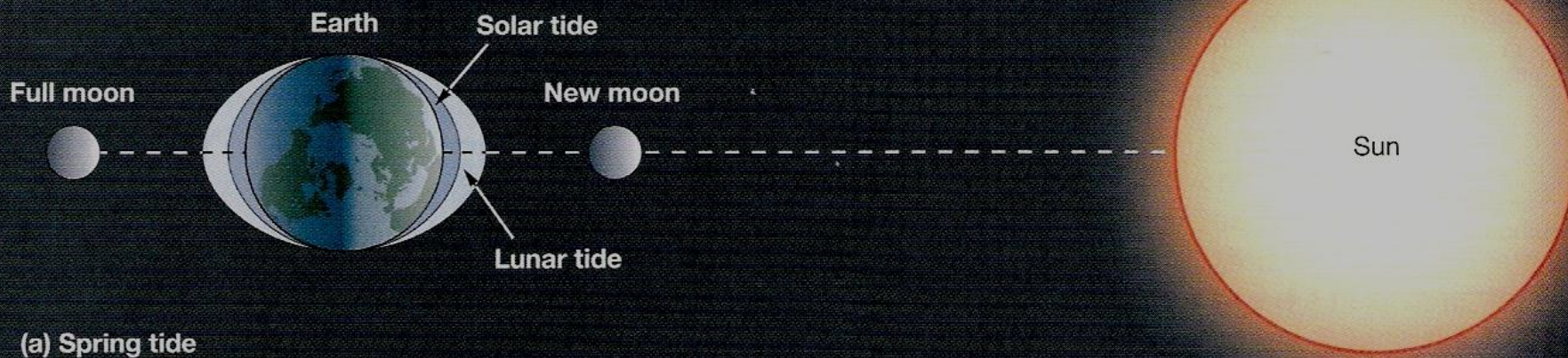
(b) Wave characteristics



Physical changes of a wave in the surf zone. As waves approach the shore and encounter water depths of less than one-half wavelength, the waves “feel bottom.” The *wave speed decreases* and waves stack up against the shore, causing the *wavelength to decrease*. This results in an *increase in wave height* to the point where the *wave steepness is increased* beyond the 1:7 ratio, causing the wave to pitch forward and break in the surf zone.

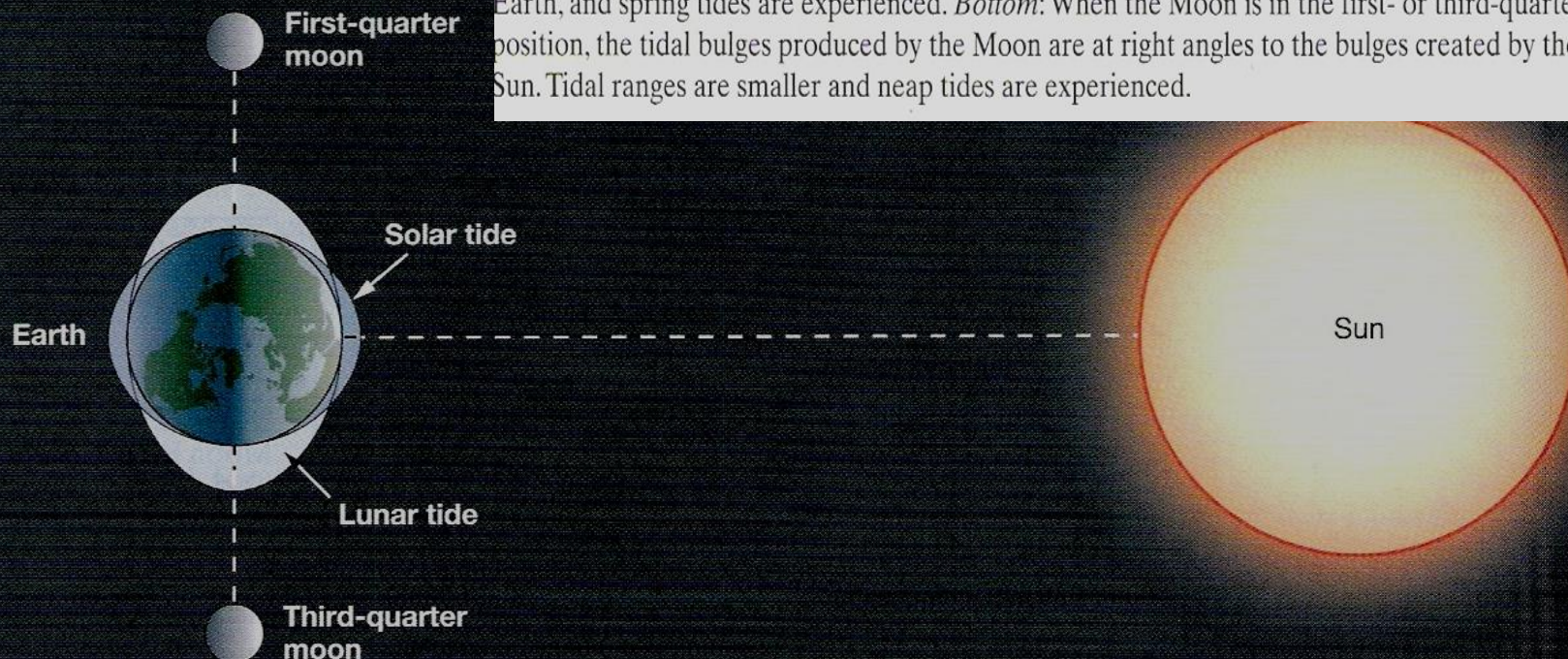


Internal wave. (a) An internal wave moving along the density interface (*pycnocline*) below the ocean surface.

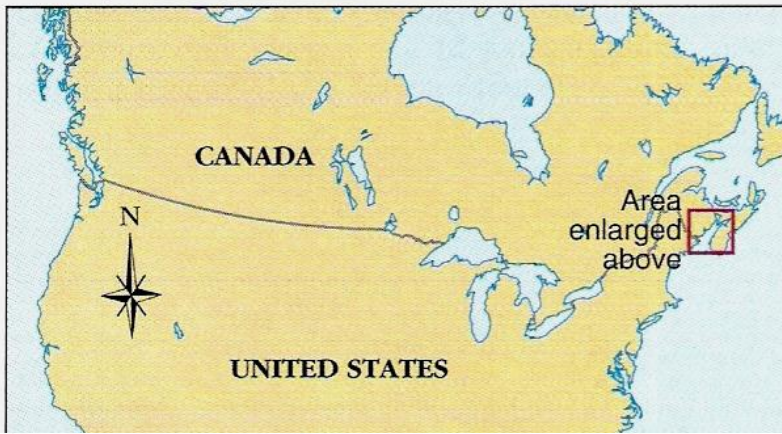
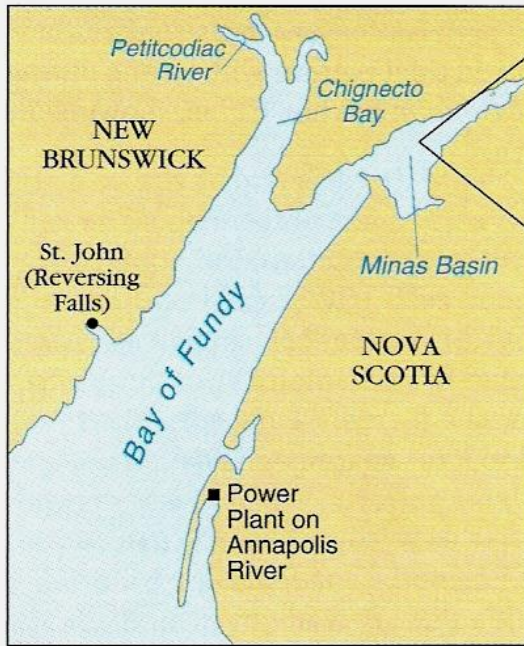


(a) Spring tide

Earth-Moon-Sun positions and the tides. *Top:* When the Moon is in the new or full position, the tidal bulges created by the Sun and Moon are aligned, there is a large tidal range on Earth, and spring tides are experienced. *Bottom:* When the Moon is in the first- or third-quarter position, the tidal bulges produced by the Moon are at right angles to the bulges created by the Sun. Tidal ranges are smaller and neap tides are experienced.



(b) Neap tide



The Bay of Fundy, site of the world's largest tidal range. Even though the maximum spring tidal range at the mouth of the Bay of Fundy is only 2 meters (6.6 feet), amplification of tidal energy causes a maximum tidal range at the northern end of Minas Basin of 17 meters (56 feet), often stranding ships (*insets*).

Βιβλιογραφία

- **K. Turekian : Oceans**
- **R.C.Sharma, M.Vatal : Oceanography for Geographers**
- **H.V.Thurman, A.P.Trujillo: Essentials of Oceanography**
- **M.Grant Gross: Oceanography, A view of the earth**
- **Σ.Λεοντάρης: Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία**
- **Δ.Ζαφειρόπουλος : Ο Γαλάζιος Πλανήτης**

Τέλος

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/CHEM162/>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημική Ωκεανογραφία. Ενότητα 1: Θερμοκρασία - Αλατότητα - Πυκνότητα». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/NOC83/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [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».



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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



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.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/9)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Earth. Copyrighted.

<https://angelslightworldwide.files.wordpress.com/2012/05/earth.jpg?w=714>

Εικόνα 2: Heat budget. Copyrighted.

Εικόνα 3: Earth ecliptic. Pearson Prentice Hall, Inc., 2008. Copyrighted.

https://classconnection.s3.amazonaws.com/32/flashcards/1067032/jpg/earth_ecliptic1355272811024.jpg

Εικόνα 4: Sea surface temperature. Copyrighted.

<http://weather.unisys.com/archive/sst/sst-040815.gif>

Εικόνα 5: Average temperature of ocean surface water. Copyrighted.

http://paos.colorado.edu/~toohey/fig_33.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/9)

Εικόνα 6: Sea surface temperature June 2002. Copyrighted.

Εικόνα 7: Sea surface temperature. Hellenic Center for Marine System. Copyrighted. <http://www.poseidon.hcmr.gr>

Εικόνα 8: A vertical section showing the mean distribution of temperature in the western Atlantic Ocean and two temperature depth profiles corresponding to locations A and B. Copyrighted.

http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_03.pdf

Εικόνα 9: Copyrighted.

Εικόνα 10: Ysi Salinity Meter. Copyrighted.

<http://www.rickly.com/wqi/images/YSI63MET.JPG>

Εικόνες 11-12: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/9)

Εικόνα 13: Protected and unprotected reversing thermometers in set position, that is, before reversal. Copyrighted.

http://publishing.cdlib.org/ucpressebooks/data/13030/6r/kt167nb66r/figures/kt167nb66r_fig086.gif

Εικόνα 14: Nansen water bottles before (I), during (II), and after (III) reversing. (From Dietrich et al. 1980). Copyrighted.

http://oceanworld.tamu.edu/students/satellites/images/nansen_bottle_1.jpg

Εικόνα 15: Διαγράμματα υδρόσφαιρας. Copyrighted.

http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/quimica/modulos/curso/uni_01/images/u1c1s4f9.jpg

Εικόνα 16: Oceanographic station plotting sheet. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/9)

Εικόνα 17: Atlantic (25W) potential density relative to 0 dbar. Copyrighted.

http://www-pord.ucsd.edu/~ltalley/talley_old_atlas/atl_sections/atl_25w/plots/A16_SIGMA0.gif

Εικόνα 18: Temperature - Salinity plot. Copyrighted.

Εικόνα 19: Diagrams salinity/theta for Kerkyra, Saronikos, S. Ennoikos. Balopoulos & Zodiatis 1992, Kontouiannis & Papadopoulos 1999, Kontouiannis. Copyrighted.

Εικόνα 20: Density structure of the oceans. Copyrighted.

http://ocean.stanford.edu/courses/bomc/chem/lecture_03.pdf

Εικόνα 21: Part of the Global Conveyor in the Atlantic Ocean. Copyrighted.

<http://polardiscovery.whoi.edu/antarctica/images/antarctica-circulation4en.jpg>

Εικόνα 22: Part of the Global Conveyor in the Atlantic Ocean. Copyrighted.

<http://polardiscovery.whoi.edu/antarctica/images/antarctica-circulation4en-a.jpg>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/9)

Εικόνα 23: Density T-S diagram. Pearson Prentice Hall, Inc., 2005. Copyrighted.

http://images.slideplayer.com/14/4329435/slides/slide_52.jpg

Εικόνα 24: World ocean thermohaline circulation. Copyrighted.

http://static.trunity.net/files/111001_111100/111095/620px-2_thermohaline_003.png

Εικόνα 25: Wind Driven Surface Currents. Copyrighted. http://www.geo.uni-bremen.de/geomod/Bilder/wind-driven_scg.gif

Εικόνα 26: Το Ρεύμα του Κόλπου. Pearson Prentice Hall, Inc., 2005. Copyrighted.

http://images.slideplayer.com/14/4329435/slides/slide_26.jpg

Εικόνα 27: Ζώνες πίεσης. Copyrighted. http://www.danielyeow.com/wp-content/uploads/hadley_cells.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (6/9)

Εικόνα 28: Subtropical gyres. Copyrighted.

http://www.centralia.edu/academics/earthscience/ocean/lectures/ocean_ch07.pdf

Εικόνα 29: How wind is deflected in each hemisphere. Copyrighted.

<http://www.theozonhole.com/images/cornsidc.gif>

Εικόνα 30: John Willey and Sons, Inc., 1999. Copyrighted.

<http://www.atmos.washington.edu/2006Q1/211/Week4X6.pdf>

Εικόνα 31: Illustration showing the processes of Ekman Transport. Copyrighted.

http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod10/iceberg_lg.jpg

Εικόνα 32: Downwelling and upwelling currents. Copyrighted.

http://www.ic.ucsc.edu/~wxcheng/envs23/lecture6/11_11Up_downwelling.jpg

Εικόνα 33: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (7/9)

Εικόνα 34: Prevailing currents. Public domain.

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MEDCURR.GIF>

Εικόνα 35: Oceans. Copyrighted.

http://www.harunyahya.com/image/miracles_of_the_Quran_1/48_The_Seas_not_Mingling_with_One_Another.jpg

Εικόνα 36: In the Eastern Mediterranean - Deep water circulation. Copyrighted.

<http://www.tramolatr.com.tr/foto/b/1293982645.jpg>

Εικόνα 37: Surface circulation of the Aegean sea. Copyrighted.

Εικόνα 38: Copyrighted.

Εικόνα 39: Type and characteristics of progressive waves. Essentials of oceanography. Harold V. Thurman, Alan P. Trujillo. Copyrighted.

http://topex.ucsd.edu/ps/trujillo_waves.pdf



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (8/9)

Εικόνα 40: Physical changes of a wave in the surf zone. Harold V. Thurman, Alan P. Trujillo. Copyrighted. http://topex.ucsd.edu/ps/trujillo_waves.pdf

Εικόνα 41: Internal waves. Copyrighted.

<https://classconnection.s3.amazonaws.com/686/flashcards/3002686/png/gul1365270530615.png>

Εικόνα 42: Οι θέσεις της Γης, της Σελήνης, του Ήλιου και οι παλίρροιες. Copyrighted.

http://www.iupui.edu/~g115/assets/mod12/spring_neap_orientation.JPG

Εικόνα 43: The bay of Fundy, site of the world's largest tidal range. Copyrighted.

http://faculty.fiu.edu/~rburgman/courses/OCE3014/oce3014_ch9.pdf



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (9/9)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: Reflection and absorption of solar energy relative to the angle of residence on a flat sea. Copyrighted.

Πίνακες 2-3: Sigma-T values. Copyrighted.

