

Φυσική εξασθένιση

## Εισαγωγή στην Ακουστική Ωκεανογραφία

# Φυσική Εξασθένηση

Βασικός μηχανισμός φυσικής εξασθένησης  
(απορρόφησης) στο νερό: **Συνεκτικότητα (Viscosity)**

Παράμετρος που καθορίζει το μέγεθος της  
απορρόφησης : **Χρόνος Χαλάρωσης : (Relaxation Time)**

Απώλεια ενέργειας : Εξαρτάται από το λόγο του χρόνου  
χαλάρωσης προς την περίοδο :

$$t_r = 1 / f_r$$

Μέγιστη απορρόφηση για λόγο =1

$$\frac{t_r}{T} = \frac{f}{f_r}$$

$$\frac{d|p|}{dx} = -a_e |p| \quad \text{Συντελεστής απορρόφησης}$$

$$|p| = |p_i| \exp[-a_e (x - x_0)] \quad \text{Επίπεδα κύματα}$$

$$|p| = |p_0| \frac{r_0}{r} \quad \text{Σφαιρικά κύματα}$$

$$|p| = |p_0| \frac{r_0}{r} \exp[-a_e (r - r_0)]$$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp i(kr - \omega t)$$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp i(kr - \omega t) \quad \text{Χωρίς φυσική εξασθένηση}$$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp[-a_e(r - r_0)] \exp[i(kr - \omega t)]$$

για  $r \gg r_0$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp[-a_e r] \exp[i(kr - \omega t)]$$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp[-a_e r] \exp[i(kr - \omega t)]$$

$$k_c = k + ia_e \quad k = \frac{\omega}{c}$$

$$p(r, t) = \frac{A}{r} \exp i(k_c r - \omega t)$$

$$p(x, t) = B \exp i(k_c x - \omega t)$$

$$TL = 20 \log_{10} \left| \frac{p_i}{p} \right| \quad |p| = |p_i| \exp[-a_e x] \quad x_0 = 0$$

$$TL = 20 \log_{10} \left| \frac{p_i}{p} \right| = a_e x (20 \log_{10} e) = 8,686 a_e x$$

$$a = 8,686 a_e \quad \text{dB/m}$$

$$k_c = k + ia_e = \frac{\omega}{c_c}$$

$$c_c = \frac{\omega}{k_c} = \frac{\omega}{k + ia_e}$$

Μιγαδική ταχύτητα διάδοσης

# Μηχανισμοί Φυσικής Απορρόφησης στο Θαλασσινό Νερό

Διαλυμένα Άλατα και Οξέα

•magnesium sulfate –MgSO<sub>4</sub>

•boric acid –H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>

Συνεκτικότητα

$$a = \frac{A f_1 f^2}{f_1^2 + f^2} + \frac{B f_2 f^2}{f_2^2 + f^2} + C f^2$$

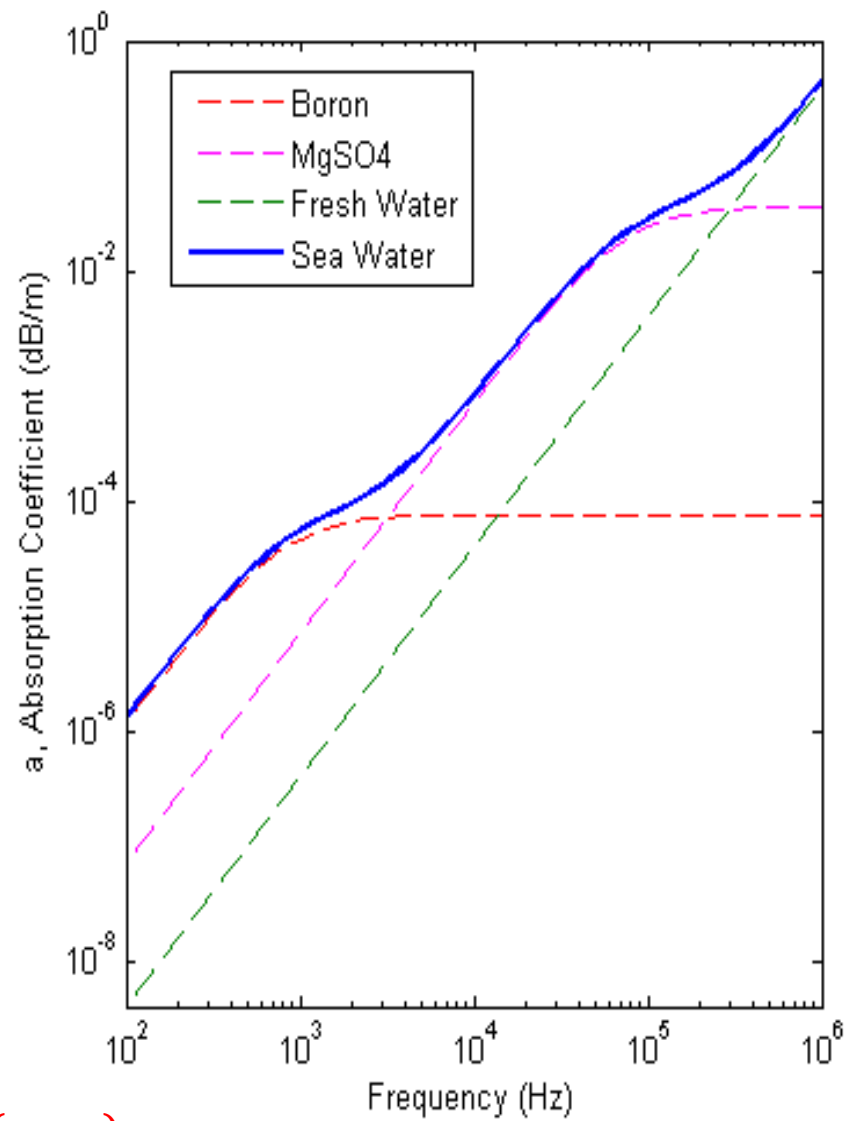
## Μηχανισμοί Φυσικής Απορρόφησης στο Θαλασσινό Νερό

$$a = \frac{A f_1 f^2}{f_1^2 + f^2} + \frac{B f_2 f^2}{f_2^2 + f^2} + C f^2 \quad \text{dB/m}$$

$$f_1(T), f_2(T), T (^{\circ}\text{C})$$

$$A(T), B(T, P_0), C(T, P_0) \quad C (^{\circ}\text{C}), P_0(\text{Atm})$$





Fisher and Simmons (1977)

## Παράδειγμα Υπολογισμού

$$f=1000 \text{ Hz}$$

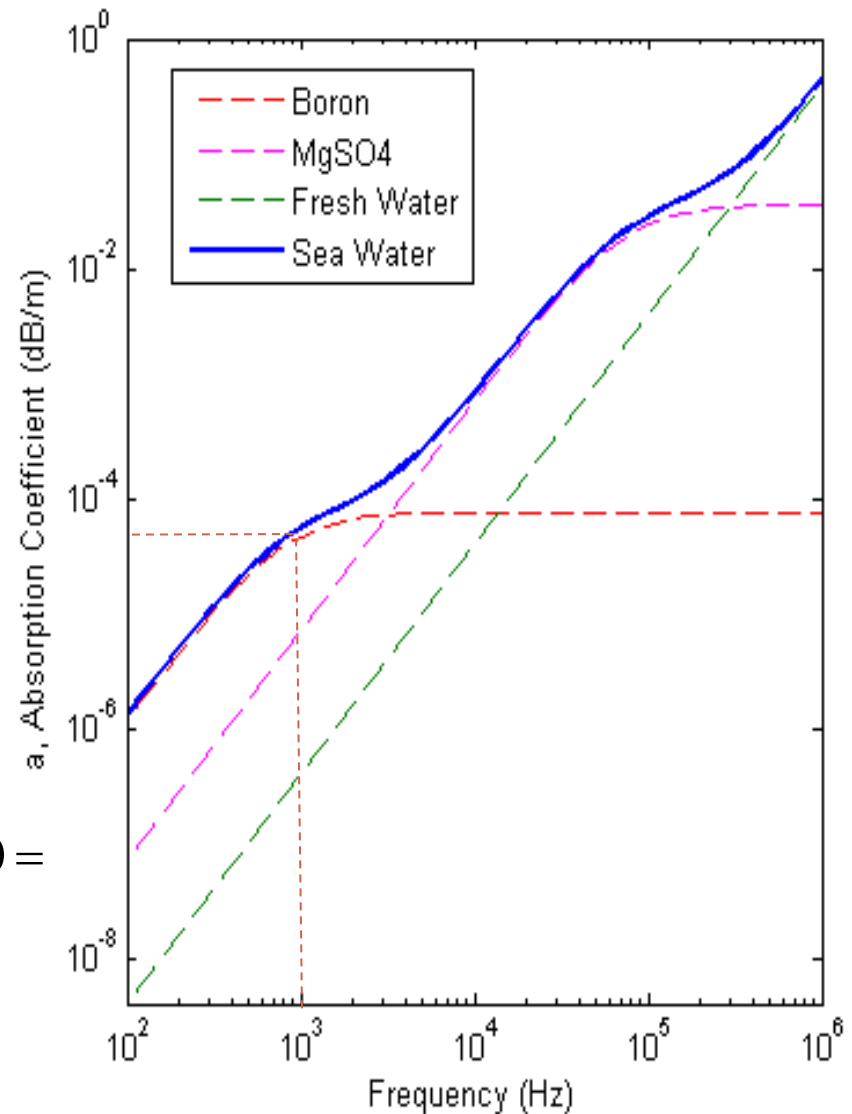
$$\alpha=8 \times 10^{-5} \text{ dB/m}$$

Σφαιρική Διάδοση

$$TL = 20 \log_{10} R + aR$$

$$R=10000 \text{ m}$$

$$TL = 20 \log_{10} 10000 + 8 \times 10^{-5} \times 10000 = 80 + 0,8 = 80,8 \text{ dB}$$



Fisher and Simmons (1977)

## Παράδειγμα Υπολογισμού

$$f=10000 \text{ Hz}$$

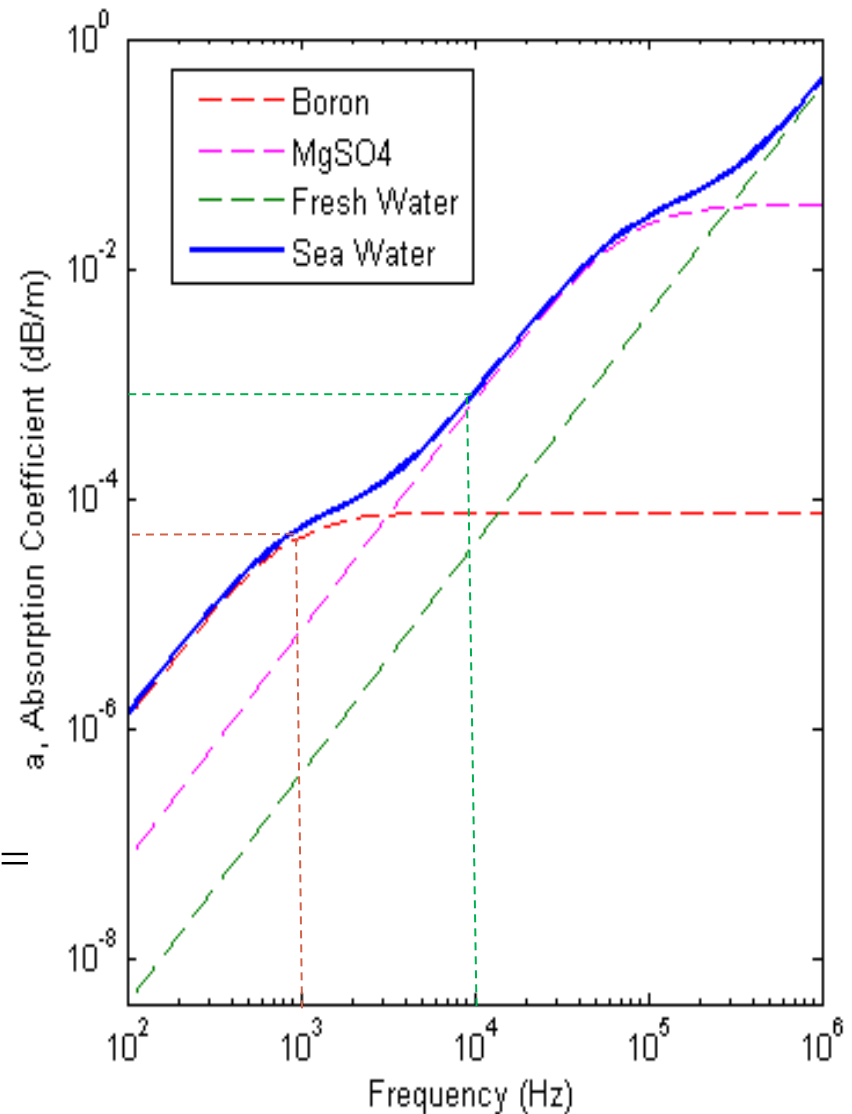
$$\alpha=8 \times 10^{-4} \text{ dB/m}$$

Σφαιρική Διάδοση

$$TL = 20 \log_{10} R + aR$$

$$R=10000 \text{ m}$$

$$TL = 20 \log_{10} 10000 + 8 \times 10^{-4} \times 10000 =$$
$$80 + 8 = 88 \text{ dB}$$



Fisher and Simmons (1977)

## Απορρόφηση στα θαλασσινά ιζήματα

Είδος Ιζήματος	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Ταχύτητες (m/sec)		$\alpha_p$ (dB/(m·kHz))
		$c_p$	$c_s$	
Χονδρή άμμος	2030	1850	250	0,47
Μέση άμμος	1980	1750	250	0,5
Λεπτή άμμος	1970	1740	200	0,51
Πηλούχος άμμος	1830	1677	450	0,69
Αμμώδης πηλός	1650	1550	370	0,3-0,76
Πηλός	1600	1600	270	0,24-0,68
Άμμος άργιλος πηλός	1500	1578	400	0,11
Αργιλούχος πηλός	1420	1530	300	0,08
Πηλούχος άργιλος	1400	1520	240	0,07
Άργιλος	1280	1490	180	0,06