

Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας

**Παράκτια και μεταβατικά οικοσυστήματα**

**Διάλεξη 6. Βενθικοί βιοτικοί δείκτες  
& εφαρμογές τους στο πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60/EC**

**Μέρος II**

Διδάσκων: Αθανάσιος Ευαγγελόπουλος

Γραφείο Α3  
(Εργαστήριο Θαλάσσιας Βιοποικιλότητας)  
[tevagelo@marine.aegean.gr](mailto:tevagelo@marine.aegean.gr)

2017 - 2018

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

AMBI & M-AMBI

BENTIX

BOPA

EEl

ISD

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

AMBI & M-AMBI

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Ο βιοτικός δείκτης AMBI (AZTI Marine Biotic Index) αναπτύχθηκε στο τεχνολογικό κέντρο AZTI της Ισπανίας (Borja et al. 2000) και βασίζεται στο μοντέλο των Pearson & Rosenberg (1978)
- Ο M-AMBI είναι πολυμετρική μορφή του AMBI (Muxika et al. 2007): αποτελεί σύνθεση των τιμών του AMBI, του πλούτου ειδών και του δείκτη ποικιλότητας του Shannon
- Οι AMBI και M-AMBI αφορούν στα παράκτια και μεταβατικά υδατικά σώματα και υπολογίζονται από δεδομένα αφθονίας της βενθικής μακροπανίδας μαλακού υποστρώματος

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Ο AMBI έχει υιοθετηθεί στα πλαίσια της WFD ως εθνική μεθοδολογία για τα παράκτια ύδατα στη Γαλλία
- Ο M-AMBI έχει υιοθετηθεί στα πλαίσια της WFD ως εθνική μεθοδολογία για τα παράκτια ύδατα σε Ιταλία και Σλοβενία
- Για τον υπολογισμό των τιμών των δεικτών AMBI και M-AMBI χρησιμοποιούμε το ειδικό λογισμικό AMBI του AZTI
- Η βάση δεδομένων του AMBI περιλαμβάνει σήμερα (έκδοση Νοεμβρίου 2014) κοντά στα 8000 taxa βιοκοινοτήτων μαλακού υποστρώματος σε παράκτια θαλάσσια και υφάλμυρα οικοσυστήματα από τη Β. Θάλασσα μέχρι τη Μεσόγειο, τη Β. και Ν. Αμερική, την Ασία κ.α.

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

Τα μακροβενθικά ασπόνδυλα μπορούν να διακριθούν σε 5 ομάδες, ανάλογα με την ευαισθησία τους στην οργανική ρύπανση:

Group I: Species very sensitive to organic enrichment and present under unpolluted conditions (initial state).

Group II: Species indifferent to enrichment, always present in low densities with non-significant variations with time (from initial state, to slight unbalance).

Group III: Species tolerant to excess organic matter enrichment. These species may occur under normal conditions, but their populations are stimulated by organic enrichment (slight unbalanced situations).

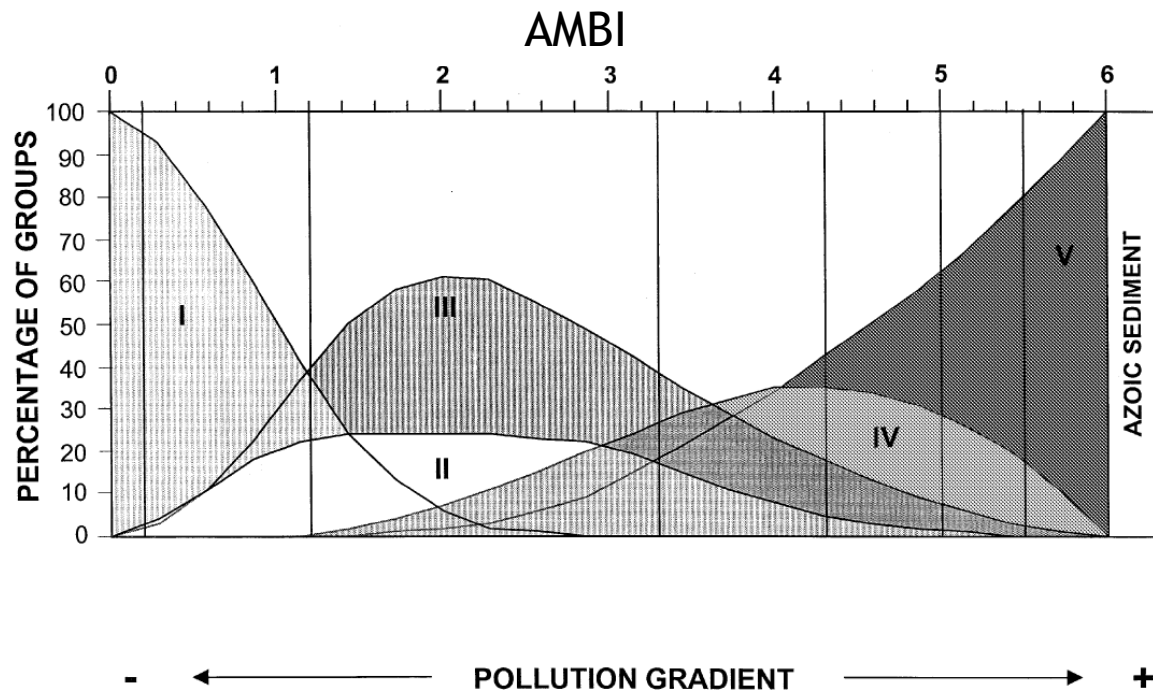
Group IV: Second-order opportunistic species (slight to pronounced unbalanced situations). Mainly small sized polychaetes: subsurface deposit-feeders, such as cirratulids.

Group V: First-order opportunistic species (pronounced unbalanced situations). These are deposit-feeders, which proliferate in reduced sediments.

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

Οι Borja et al. (2000) πρότειναν ένα δείκτη, τον AMBI, που παίρνει συνεχείς τιμές στο διάστημα [0, 6] και την τιμή 7 σε “αζωικές συνθήκες”:

$$\text{AMBI} = \{ (0 \cdot \% \text{GI}) + (1.5 \cdot \% \text{GII}) + (3 \cdot \% \text{GIII}) + (4.5 \cdot \% \text{GIV}) + (6 \cdot \% \text{GV}) \} / 100$$



# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Όρια κλάσεων οικολογικής ποιότητας (AMBI)

Classification	AMBI index	EQR value
High	$1.2 < \text{AMBI} < 0$	$> 0.83 - 1$
Good	$3.2 < \text{AMBI} < 3.2$	$> 0.53 - 0.75$
Moderate	$5 < \text{AMBI} < 3.2$	$> 0.39 - 0.53$
Poor	$5 < \text{AMBI} < 6$	$> 0.21 - 0.39$
Bad	$> 6$	$< 0.21$

Simboura & Reizopoulou 2008

$$\text{AMBI (EQR)} = 1 - (\text{AMBI} / 7)$$



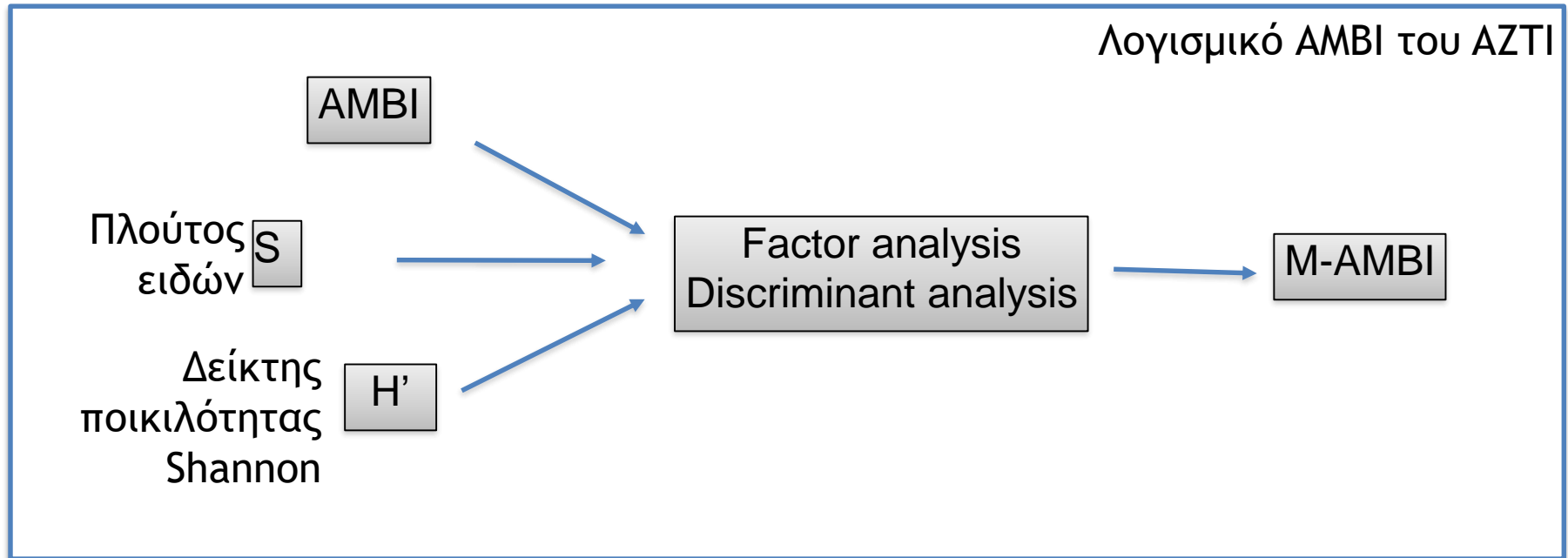
# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί Δείκτες II

Ο AMBI είναι δυνατό να οδηγήσει σε λανθασμένη ταξινόμηση της κατάστασης οικολογικής ποιότητας σε περιπτώσεις όπως:

- Τα εσωτερικά, χαμηλής αλατότητας τμήματα εκβολικών συστημάτων
- Περιοχές με φυσική πίεση (π.χ. ίζημα φυσικά εμπλουτισμένο σε οργανική ύλη), όπου τα «ευκαιριακά» είδη είναι φυσιολογικό να έχουν αυξημένες αφθονίες

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Το προαναφερθέν μειονέκτημα του AMBI οδήγησε στην τροποποίηση του και στην επινόηση του πολυμετρικού AMBI, του M-AMBI (Muxika et al. 2007):



Ο M-AMBI παίρνει τιμές από 0 έως 1, όπως προβλέπεται για τον EQR από τη WFD

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Κατά τον υπολογισμό του M-AMBI από το ειδικό λογισμικό του AZTI πρέπει να δοθούν τιμές για AMBI, πλούτο ειδών και δείκτη ποικιλότητας του Shannon για κακή και υψηλή κατάσταση οικολογικής ποιότητας, όπως οι παρακάτω:

Τιμές για συνθήκες αναφοράς για τον τύπο υδατικού σώματος υπό μελέτη

	AMBI	S	H'
υψηλή	0	120*/40**	6*/5**
κακή	6	0	0

Simboura & Reizopoulou 2008

\*μικτό υπόστρωμα: κλάσμα ιλυοαργίλου < 80%

\*\*λασπώδες υπόστρωμα: κλάσμα ιλυοαργίλου > 80%

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Όρια κλάσεων οικολογικής ποιότητας (M-AMBI)

M-AMBI

Classification	EQR value
High	>0.83-1.00
Good	>0.62-0.83
Moderate	>0.41-0.62
Poor	>0.20-0.41
Bad	<0.20

Simboura & Reizopoulou 2008

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

BENTIX

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Ο βιοτικός δείκτης BENTIX αναπτύχθηκε στο ΕΛΚΕΘΕ (Simboura & Zenetos 2002)
- Ο BENTIX είναι βιοτικός δείκτης καθορισμού της οικολογικής κατάστασης παράκτιων και μεταβατικών υδατικών σωμάτων και υπολογίζεται από δεδομένα αφθονίας της βενθικής μακροπανίδας μαλακού υποστρώματος
- Ο BENTIX γενικά έχει βέλτιστη λειτουργικότητα στα παράκτια oligotροφικά συστήματα της Ανατολικής Μεσογείου και αφορά σε βενθικά ενδιαιτήματα χωρίς φυτική κάλυψη ή αραιή κάλυψη
- Ο BENTIX δεν δουλεύει για την πανίδα των ριζωμάτων της *Posidonia* (Σύμπουρα, προσ. επικ.)
- Ο BENTIX βασίζεται στο μοντέλο των Pearson & Rosenberg (1978)
- Ο BENTIX έχει προταθεί για υιοθέτηση στα πλαίσια της WFD ως εθνική μεθοδολογία για τα παράκτια ύδατα στην Ελλάδα και Κύπρο

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί Δείκτες II

- Για τον υπολογισμό των τιμών των δεικτών AMBI και M-AMBI χρησιμοποιούμε το ειδικό λογισμικό του ΕΛΚΕΘΕ (add-on για MS Excel 2007)
- Η βάση δεδομένων του BENTIX 1.1 περιλαμβάνει 1250 taxa βιοκοινοτήτων μαλακού υποστρώματος σε παράκτια θαλάσσια και υφάλμυρα οικοσυστήματα της Ελλάδας και της Κύπρου

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

Σύμφωνα με τους Simboura & Zenetos (2002), τα μακροβενθικά ασπόνδυλα της Μεσογείου μπορούν να διακριθούν σε 3 ομάδες, ανάλογα με την ευαισθησία τους στην οργανική ρύπανση:

<b>EGI</b>	<i>Είδη πολύ ευαίσθητα και είδη αδιάφορα στην οργανική ρύπανση</i>
<b>EGII</b>	<i>Είδη ανθεκτικά στην οργανική ρύπανση, η αφθονία τους αυξάνει σε συνθήκες ελαφριάς οργανικής ρύπανσης</i>
<b>EGIII</b>	<i>Ευκαιριακά είδη πρώτης και δεύτερης τάξης (συνθήκες ελαφριάς - έντονης οργανικής ρύπανσης)</i>

<b>BENTIX</b>	<b>AMBI &amp; M-AMBI</b>
<b>EGI</b>	<b>EGI+EGII</b>
<b>EGII</b>	<b>EGIII</b>
<b>EGIII</b>	<b>EGIV+EGV</b>



# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί Δείκτες II

- Σήμερα, για τον υπολογισμό του BENTIX τα μακροβενθικά ασπόνδυλα ταξινομούνται σε 2 ομάδες, ανάλογα με την ευαισθησία τους στην οργανική ρύπανση:

<i>GS</i>	<i>Ευαίσθητα είδη</i>	<i>EGI</i>
<i>GT</i>	<i>Ανθεκτικά είδη</i>	<i>EGII+EGIII</i>

- Ο BENTIX στην αρχική του μορφή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{BENTIX} = \{6*\%EGI+2*(\%EGII+\%EGIII)\}/100$$

- Σήμερα, ο BENTIX υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{BENTIX} = \{6*\%GS+2*\%GT\}/100$$

- Ο BENTIX παίρνει συνεχείς τιμές στο διάστημα [2, 6] και την τιμή 0 σε αζωικές συνθήκες

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Όρια κλάσεων οικολογικής ποιότητας (BENTIX)

Μικτό  
υπόστρωμα\*

Classification	Bentix index	EQR value
High	4.5 < Bentix < 6	> 0.75 - 1
Good	3.5 < Bentix < 4.5	> 0.58 - 0.75
Moderate	2.5 < Bentix < 3.5	> 0.42 - 0.58
Poor	2 < Bentix < 2.5	> 0.35 - 0.42
Bad	0	< 0.35

Simboura & Reizopoulou 2008

Λασπώδες  
υπόστρωμα\*\*

Bentix  
(modified  
scale)

>0.67

0.50–0.67

0.42–0.50

0.33–0.42

<0.33

$$\text{BENTIX (EQR)} = \text{BENTIX} / 6$$

\*μικτό υπόστρωμα: κλάσμα ιλυοαργίλου < 80%

\*\*λασπώδες υπόστρωμα: κλάσμα ιλυοαργίλου > 80%

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

ΒΟΡΑ

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Ο βιοτικός δείκτης BOPA (Dauvin & Ruellet, 2007) βασίστηκε στη μελέτη των Gomez-Gesteira and Dauvin (2000) για την αποτελεσματικότητα του λόγου ευκαιριακά είδη πολυχαίτων/είδη αμφιπόδων στην αναγνώριση περιστατικών θαλάσσιας ρύπανσης από πετρελαιοειδή.
- Για το δείκτη BOPA, τα ευκαιριακά είδη πολυχαίτων είναι ανθεκτικά, αδιάφορα ή ευνοούνται από διαταραχές και τα αμφίποδα (εκτός του γένους *Jassa*) είναι ευαίσθητα σε περιβαλλοντικές πιέσεις.
- Ο βιοτικός δείκτης BOPA έχει προταθεί για χρήση στα πλαίσια της WFD στην Ισπανία (Valencia, Murcia και Andalusia).

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

Οι τιμές του δείκτη BOPA υπολογίζονται από τα δεδομένα αφθονίας των ειδών, χρησιμοποιώντας τον ακόλουθο τύπο:

$$BOPA = \log \left( \left( \frac{fp}{fa + 1} \right) + 1 \right)$$

Όπου  $fp$  είναι η συχνότητα των ευκαιριακών ειδών πολυχαίτων και  $fa$  είναι η συχνότητα των ειδών των αμφιπόδων (εκτός του γένους *Jassa*).

Ευκαιριακά είδη πολυχαίτων: οικολογικές ομάδες ειδών EGIV + EGV σύμφωνα με δείκτη AMBI/M-AMBI

Ο δείκτης BOPA παίρνει τιμές μεταξύ 0 (όταν  $fp = 0$ ) και 0.30103 (όταν  $fa = 0$ ).

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Όρια κλάσεων οικολογικής ποιότητας (BOPA)

Classification	BOPA index	EQR value
High	$0 < \text{BOPA} < 0.045$	$> 0.85 - 1$
Good	$0.045 < \text{BOPA} < 0.139$	$> 0.54 - 0.85$
Moderate	$0.139 < \text{BOPA} < 0.193$	$> 0.36 - 0.54$
Poor	$0.193 < \text{BOPA} < 0.267$	$> 0.11 - 0.36$
Bad	$0.267 < \text{BOPA} < 0.301$	$< 0.11$

$$\text{EQR (BOPA)} = 1 - (\text{BOPA}/0.30103)$$

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

ΕΕΙ

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Ο βιοτικός δείκτης Ecological Evaluation index (EEI) αναπτύχθηκε από τους Orfanidis et al. (2001)
- Ο EEI είναι βιοτικός δείκτης καθορισμού της οικολογικής κατάστασης παράκτιων και μεταβατικών υδατικών σωμάτων και βασίζεται σε δεδομένα κάλυψης μακροφυκών και αγγειοσπέρμων



# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Ο ΕΕΙ βασίζεται στη γνώση μας ότι:
  - Υποβαθμισμένα θαλάσσια περιβάλλοντα χαρακτηρίζονται από ετήσια είδη, με υψηλούς ρυθμούς αύξησης (παραγωγικότητα) και αναπαραγωγικό δυναμικό
  - Μη ρυπασμένα περιβάλλοντα κυριαρχούνται από πολυετή είδη, με χαμηλούς ρυθμούς αύξησης και αναπαραγωγικό δυναμικό
- Ο ΕΕΙ έχει προταθεί για υιοθέτηση στα πλαίσια της WFD ως εθνική μεθοδολογία για τα παράκτια ύδατα στην Ελλάδα, Κύπρο και Σλοβενία (MED-GIG 2009) και για τα μεταβατικά ύδατα στην Ελλάδα (MED-GIG 2010c)

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Βιβλιογραφικά δεδομένα για λειτουργικές ομάδες και οικολογικές στρατηγικές μακροφυκών και αγγειόσπερμων:

Ecological State Group	Functional form group	External morphology	Internal anatomy	Productivity	Longevity (Succession)	Growth Strategies (sensu Grime)	Genera
II	A. Sheet-Group	Thin tubular and sheet like (foliose)	Uncorticated, one-several cells thick	High	Annuals (Opportunistic)	Ruderal	<i>Ulva, Enteromorpha, Scytosiphon</i> (erect phase), <i>Dictyota</i>
II	B. Filamentous-Group	Delicately branched (filamentous)	Uniseriate, multiseriate or lightly corticated	High	Annuals (Opportunistic)	Ruderal	<i>Cyanophyceae, Chaetomorpha, Cladophora, Polysiphonia, Ceramium, Spyridia</i>
II	C. Coarsely Branched-Group	Coarsely branched upright	Corticated	Species specific	Annuals (Mid-successional)	Stress-tolerant-Ruderal or Stress-tolerant-Competitors	<i>Acanthophora, Caulerpa, Chordaria, Gracilaria, Laurencia, Liagora</i>
I	D. Thick Leathery-Group	Thick blades and branches	Differentiated, heavily corticated thick walled	Low	Perennials (Late-successional)	Competitors	<i>Cystoseira, Chondrus, Fucus, Laminaria, Padina, Sargassum, Udotea</i>
I	E. Jointed Calcareous-Group	Articulated, calcareous, upright	Calcified genicula, flexible intergenicula	Low	Perennials (Late-successional)	Competitors	<i>Amphiroa, Corralina, Galaxaura, Halimeda, Jania</i>
I	F. Crustose-Group	Epilithic, prostrate, encrusting	Calcified or uncalcified parallel cell rows	Low	Perennials (Late-successional)	Competitors	<i>Hydrolithon, Lithothamnion, Peyssonnelia, Porolithon</i>
I	G. Seagrasses	Highly differentiated from foliose to cylindrical (Leaves, rhizomes, roots, flowers, fruits)	Hghly differentiated (epidermis, mesophyll, vascular system)	Low	Perennials (Pioneers to late-successional)	Stress-tolerant	<i>Cymodocea, Posidonia, Ruppia</i>

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Τα βιβλιογραφικά δεδομένα για λειτουργικές ομάδες και οικολογικές στρατηγικές μακροφυκών και αγγειόσπερμων αξιοποιούνται για την κατάταξη των ειδών σε δύο ομάδες :

Ομάδες οικολογικής κατάστασης	Οικολογική κατάσταση
<i>ESGI (late-successional species)</i>	<i>Μη υποβαθμισμένη</i>
<i>ESGII (opportunistic species)</i>	<i>Υποβαθμισμένη</i>

Προκαταρκτική κατάταξη γενών μακροφυκών της Ελλάδας σε ESG (Orfanidis et al. 2003)

Genus	ESG
<i>Acetabularia</i>	I
<i>Acanthophora</i> <sup>a</sup>	II
<i>Amphiroa</i>	I
<i>Anadyomene</i>	I
<i>Antithamnion</i>	II
<i>Bryopsis</i>	II
<i>Calithamnion</i>	II
<i>Caulerpa</i>	II
<i>Ceramium</i>	II
<i>Chaetomorpha</i>	II
<i>Champia</i> <sup>a</sup>	II
<i>Chondria</i> <sup>a</sup>	II
<i>Cladophora</i>	II
<i>Codium</i>	II
<i>Colpomenia</i>	II
<i>Corallina</i>	I
<i>Cystoseira</i>	I
<i>Dasya</i>	II
<i>Dermatolithon</i>	I
<i>Dictyopteris</i>	II
<i>Dictyota</i>	II
<i>Ectocarpus</i>	II
<i>Enteromorpha</i>	II
<i>Erithrotrichia</i>	II
<i>Flabellia</i>	I
<i>Fosliella</i>	I
<i>Gelidiella</i> <sup>a</sup>	II
<i>Gelidium</i> <sup>a</sup>	II
<i>Gigartina</i> <sup>a</sup>	II
<i>Gonyotrichum</i>	II
<i>Gracilaria</i> <sup>a</sup>	II
<i>Griffithsia</i>	II
<i>Halimeda</i>	I
<i>Halopteris</i> <sup>a</sup>	II
<i>Herposiphonia</i>	II
<i>Hypnea</i> <sup>a</sup>	II
<i>Jania</i>	I
<i>Laurencia</i> <sup>a</sup>	II
<i>Lithothamnion</i>	I
<i>Lomentaria</i> <sup>a</sup>	II
<i>Lophosiphonia</i>	II
<i>Padina</i>	I
<i>Petalonia</i>	II
<i>Peyssonelia</i>	I
<i>Polysiphonia</i>	II
<i>Pseudochlorodesmis</i>	II
<i>Sargassum</i>	I
<i>Scytosiphon</i>	II
<i>Spermothamnion</i>	II
<i>Sphacelaria</i> <sup>a</sup>	II
<i>Taonia</i>	I
<i>Ulva</i>	II
<i>Valonia</i> <sup>a</sup>	II



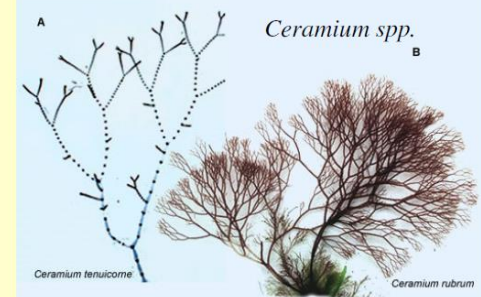
# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II



**ESG I**



**ESG II**



## ESG I

- Thick leathery, jointed calcareous, crustose groups
  - Low productivity
  - Perennials
  - Competitors
- e.g. *Cystoseira*, *Corralina*, *Hydolithon*



λειτουργικές  
μορφολογικές  
ομάδες

οικολογικές  
στρατηγικές

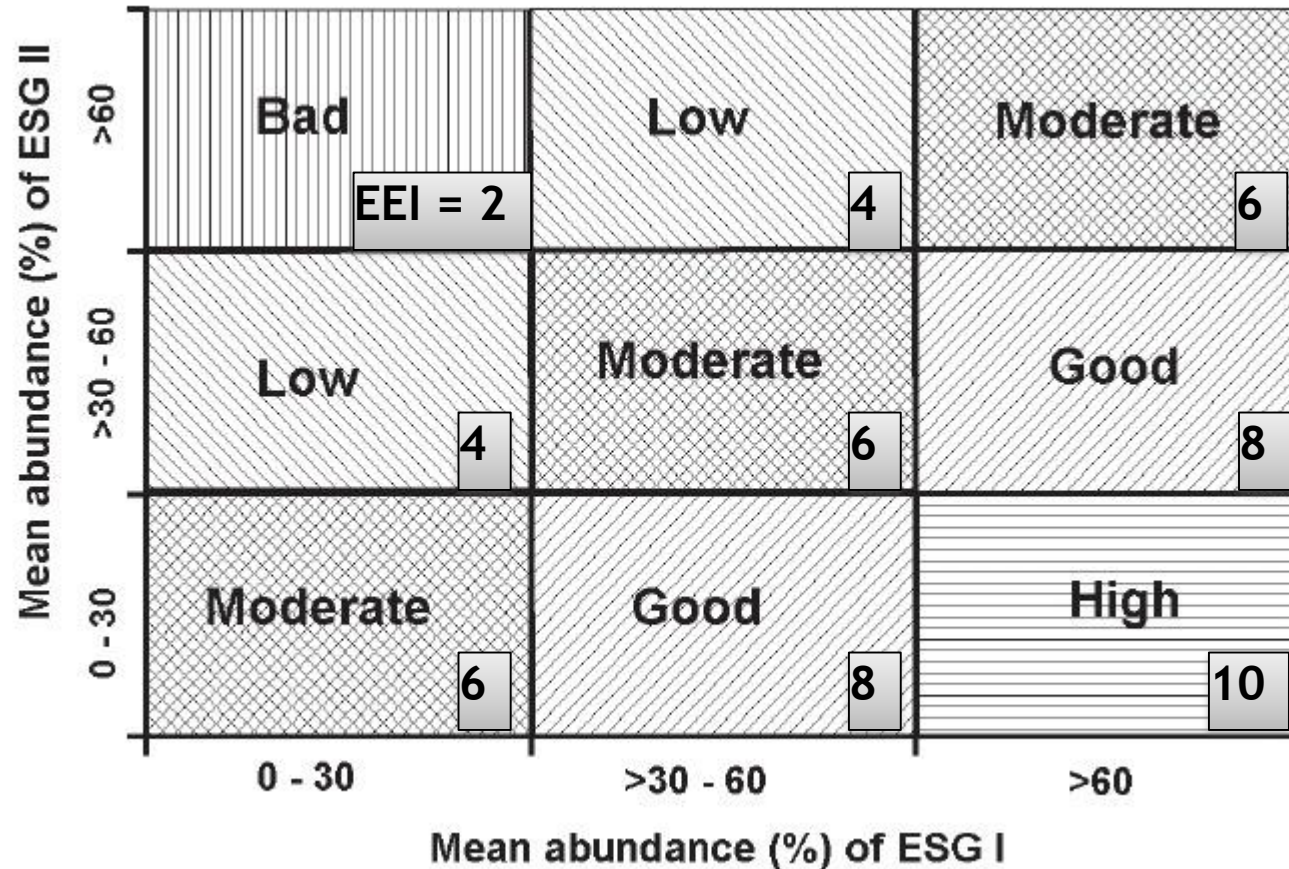
## ESG II

- Sheet filamentous coarsely branched groups
  - High productivity
  - Annuals
  - Ruderals
- e.g. *Ulva*, *Cladophora*, *Enteromorpha*

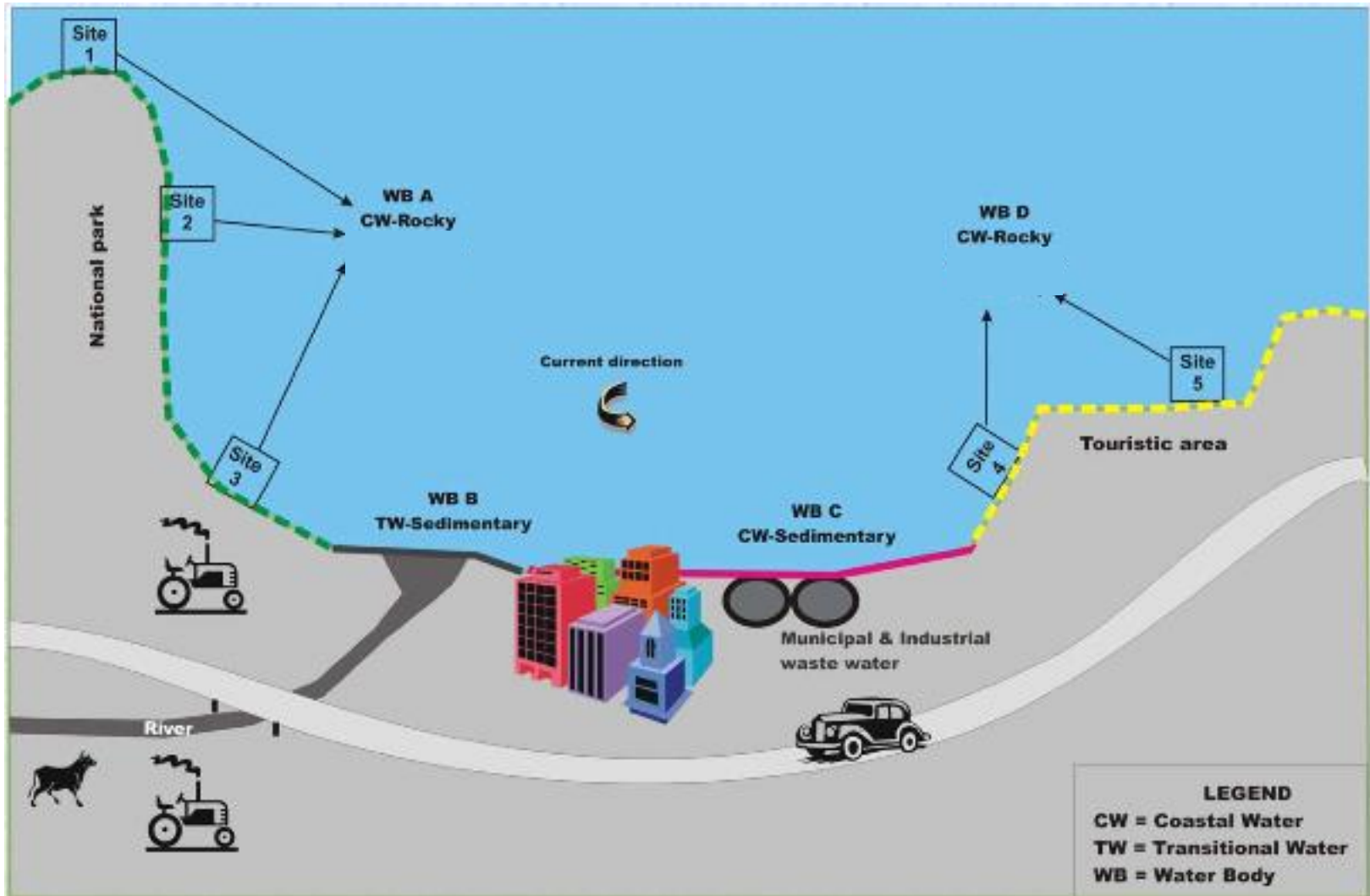


# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Ο ΕΕΙ παίρνει τις διακριτές τιμές 2, 4, 6, 8, 10:



# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II



The mean absolute coverage (%) of ESG I and II of samples in the sites 1, 2 and 3 of WB A was: site 1 (140 and 20), site 2 (70 and 25) and site 3 (80 and 50). This corresponds to high (EEI 10), high (EEI 10), and good (EEI 8) ESCs for areas covering 20, 40 and 40% of WBs coastline, respectively. EEI for whole WB is:  $EEI = (10 \times 0.2) + (10 \times 0.4) + (8 \times 0.4) = 2 + 4 + 3.2 = 9.2$ , which corresponds to High ESC.

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

•Όρια κλάσεων κατάστασης οικολογικής ποιότητας σε ζυγισμένες τιμές EEI και EEI EQR (Orfanidis et al. 2003):

Κλάση	EEI	EEI EQR
<i>υψηλή</i>	<i>(8, 10]</i>	<i>(0.75, 1]</i>
<i>καλή</i>	<i>(6, 8]</i>	<i>(0.5, 0.75]</i>
<i>μέτρια</i>	<i>(4, 6]</i>	<i>(0.25, 0.5]</i>
<i>ελλειπής</i>	<i>(2, 4]</i>	<i>(0, 0.25]</i>
<i>κακή</i>	<i>2</i>	<i>0</i>

•Οι τιμές του EEI EQR προκύπτουν από τις τιμές EEI σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{EEI EQR} = 1.25 \cdot (\text{EEI} / \text{RC}) - 0.5, \text{ RC} = 10$$

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

ISD



# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

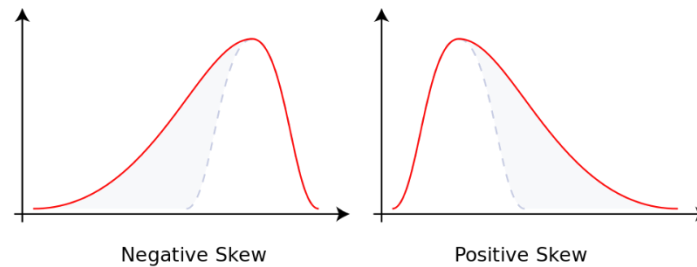
- Ο βιοτικός δείκτης Index of Size Distribution (ISD) αναπτύχθηκε από τους Reizoroulou and Nikolaidou (2007)
- Ο ISD είναι βιοτικός δείκτης καθορισμού της οικολογικής κατάστασης λιμνοθαλασσών (μεταβατικά ύδατα) και προκύπτει από δεδομένα σωματικού μεγέθους (βιομάζας) των ειδών της βενθικής μακροπανίδας
- Ο ISD βασίζεται στη γνώση ότι το μέσο σωματικό μέγεθος (βιομάζα) των ατόμων της βενθικής μακροπανίδας είναι μειωμένο σε ρυπασμένες περιοχές (Pearson & Rosenberg 1978)
- Ο ISD έχει προταθεί για υιοθέτηση στα πλαίσια της WFD ως εθνική μεθοδολογία για τα μεταβατικά ύδατα στην Ελλάδα (MED-GIG 2010b)

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

Ο ISD είναι ίσος με το μέτρο της ασυμμετρίας (skewness) των καμπυλών κατανομής συχνότητας των βαρών των ατόμων της βενθικής μακροπανίδας ανά γεωμετρική κλάση σωματικού μεγέθους (βιομάζας)

Αρνητική ασυμμετρία της καμπύλης

Θετική ασυμμετρία της καμπύλης



Κυριαρχούν μεγαλύτερου  
σωματικού μεγέθους άτομα

Κυριαρχούν μικρότερου  
σωματικού μεγέθους άτομα

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

Ο ISD είναι ίσος με το μέτρο της ασυμμετρίας (skewness) των καμπυλών κατανομής συχνοτήτων των βαρών των ατόμων της βενθικής μακροπανίδας ανά γεωμετρική κλάση σωματικού μεγέθους (βιομάζας)

Οι δέκα πρώτοι όροι γεωμετρικής προόδου με λόγο  $q = 2$  και πρώτο όρο  $a = 1$  :

$a_n = a * q^n$	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
-----------------	---	---	---	---	----	----	----	-----	-----	-----

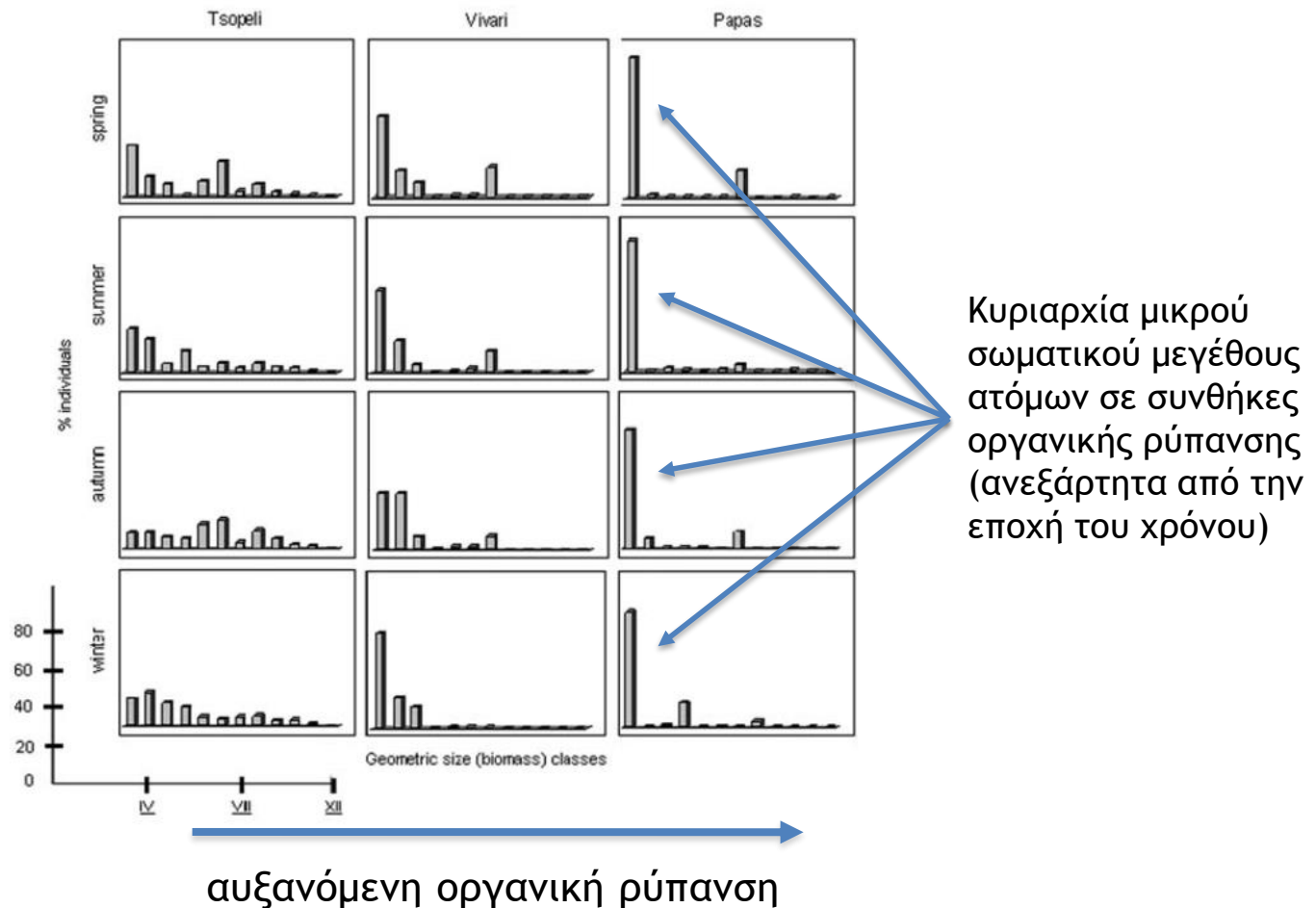
Οι τρεις πρώτες γεωμετρικές κλάσεις σωματικού μεγέθους:

Γεωμετρική κλάση μεγέθους	Μεγέθη
I	0.1 mg
II	0.2 - 0.3 mg
III	0.4 – 0.7 mg
...	...

Το μέγεθος διπλασιάζεται από τη μια κλάση στην άλλη

# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Ο ISD είναι ίσος με το μέτρο της ασυμμετρίας (skewness) των καμπυλών κατανομής συχνότητας των βαρών των ατόμων της βενθικής μακροπανίδας



# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

Όρια κλάσεων κατάστασης οικολογικής ποιότητας σε τιμές ISD και ISD EQR (Reizoroulou & Nikolaidou 2007):

EcoQ	ISD	EQR
High	$-1 \leq \text{ISD} < 1$	1
Good	$1 \leq \text{ISD} < 2$	0.60
Moderate	$2 \leq \text{ISD} < 3$	0.39
Poor	$3 \leq \text{ISD} < 4$	0.20
Bad	Azoic conditions	0

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί Δείκτες II

## Βιβλιογραφία

### Papers:

Borja, A., J. Franco, V. Pérez, 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12): 1100-1114.

Borja, A., I. Muxika, 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 787-789.

Borja, A., A.B. Josefson, A. Miles, I. Muxika, F. Olsgard, G. Phillips, J.G. Rodríguez, B. Rygg, 2007. An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 42-52.

Borja, A., J. Mader, I. Muxika, J.G. Rodríguez, J. Bald, 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1377-1379.

Gibson, G.R., Bowman, M.L., Gerritsen, J. & B.D. Snyder, 2000. Estuarine and coastal waters: Bioassessment and biocriteria technical guidance, EPA 822-B-00-024. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington DC.

Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Bretagne Occidentale. Vol. 1, 359 pp, Vol. 2, 337 pp.

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

- Dauvin, J.C. & Ruellet, T., 2007. Polychaete/amphipod ratio revisited: Implementation of the Water Framework Directive in European marine waters. *Marine Pollution Bulletin* 55, 215-224.
- Gomez Gesteira, L. & Dauvin, J.C., 2000. Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1017-1027.
- Muxika, I., Á. Borja, J. Bald, 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive, *Marine Pollution Bulletin*, 55: 16-29.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P. & N. Stamatis, 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science* 2 (2): 45-65.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P. & N. Stamatis, 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 3 (1): 27-33.
- Pearson, T. & R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229 - 311.
- Reizopoulou, S. & A. Nikolaidou, 2007. Index of size distribution (ISD): a method of quality assessment for coastal lagoons. *Hydrobiologia* 577: 141-149.
- Simboura, N. & A. Zenetos, 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science* 3/2:77-111.
- Simboura, N. & S. Reizopoulou, 2008. An intercalibration of classification metrics of benthic macroinvertebrates in coastal and transitional ecosystems of the Eastern Mediterranean ecoregion (Greece). *Marine Pollution Bulletin*, 56:116-126.

# WFD - Βενθικοί Βιοτικοί δείκτες II

## Reviews:

Magni, P., Hyland, J., Manzella, G., Rumohr, H., Viaroli, P. & Zenetos A. (Eds.) (2004). Proceedings of the Workshop "Indicators of Stress in the Marine Benthos", Torregrande-Oristano, Italy, 8-9 October 2004, Paris, UNESCO/IOC, IMC. IOC Workshop Reports 195, 46 pp.

Ponti, M., Pinna, M., Vadrucci, M.R. & Orfanidis, S. (2006). Biotic indices of transitional ecosystem health. TWReferenceNET - EU INTERREG IIIB - CADSES PROJECT 3B073. Di.S.Te.B.A., University of Lecce, Lecce, 68 pp.

UNEP/MAP/MED POL (2004). Guidelines for the development of ecological status and stress reduction indicators for the Mediterranean region. MAP Technical Reports Series No. 154, UNEP/MAP, Athens, 85 pp.



# WFD - Βενθικοί βιοτικοί δείκτες II

## Web sites:

AMBI: <http://ambi.azti.es/>

BENTIX: <http://www.hcmr.gr/en/the-bentix-index/>