



# Λιμνοποτάμιο Περιβάλλον και Οργανισμοί

Ενότητα 21: Στατιστικές Αναλύσεις

Καθηγήτρια Λαζαρίδου Μαρία  
Τμήμα Βιολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
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 τη 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.





**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

**ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ**



# **Στατιστικές αναλύσεις**

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Γενικά
2. Φύσικο-χημικές παράμετροι
3. Βιολογικά στοιχεία
4. Στατιστικές μέθοδοι
5. Primer
6. Fuzzy
7. CANOCO
8. Σύγκριση Αφθονίας/Βιομάζας (ABC)

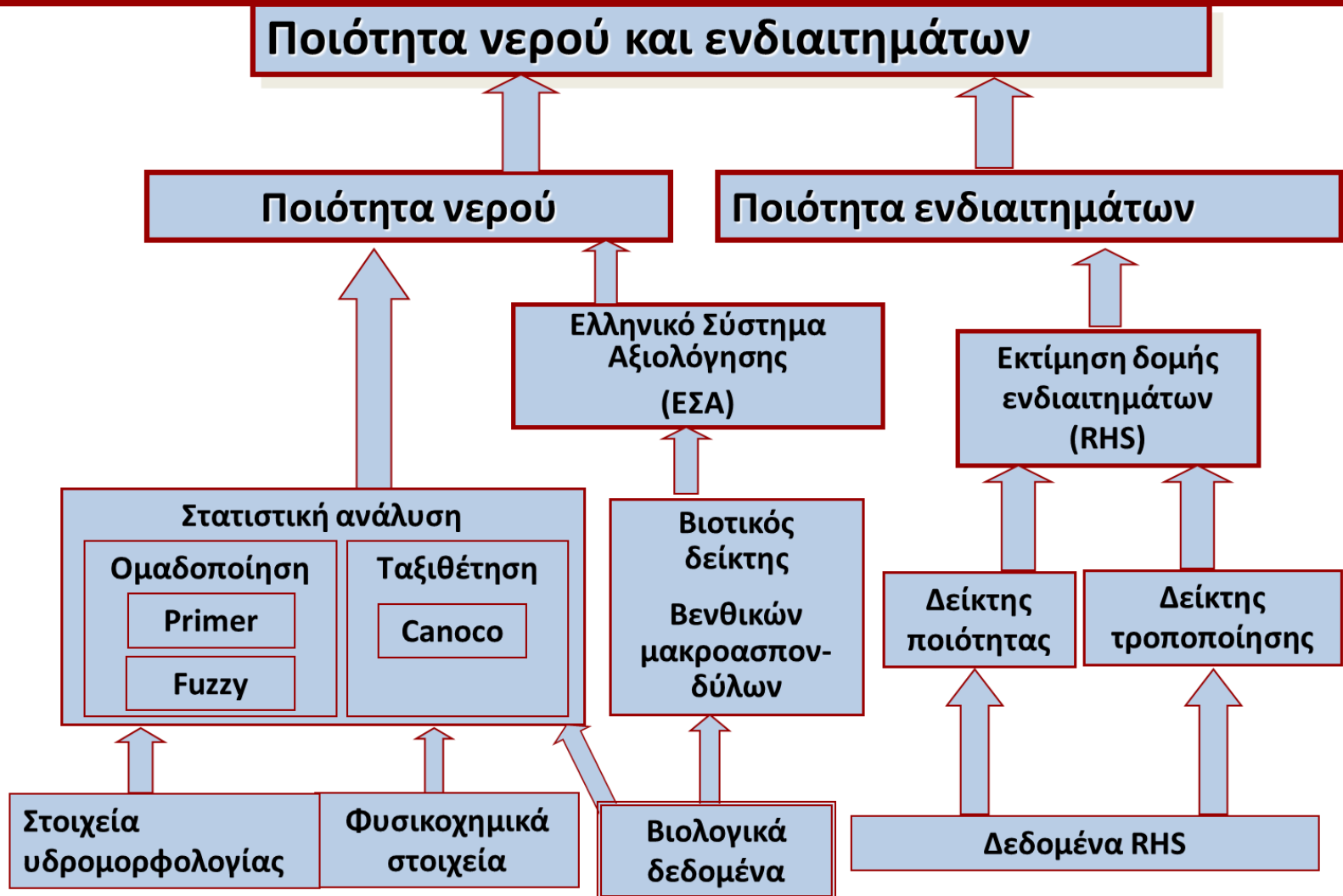


# Σκοποί ενότητας

- Να έρθει ο φοιτητής σε επαφή με τη συσχέτιση Φύσικο-χημικών παράμετρων με τα βιολογικά στοιχεία μέσα από στατιστικές μεθόδους και προγράμματα όπως Primer, Fuzzy, CANOCO



# Γενικά



# Φυσικοχημικές Παράμετροι

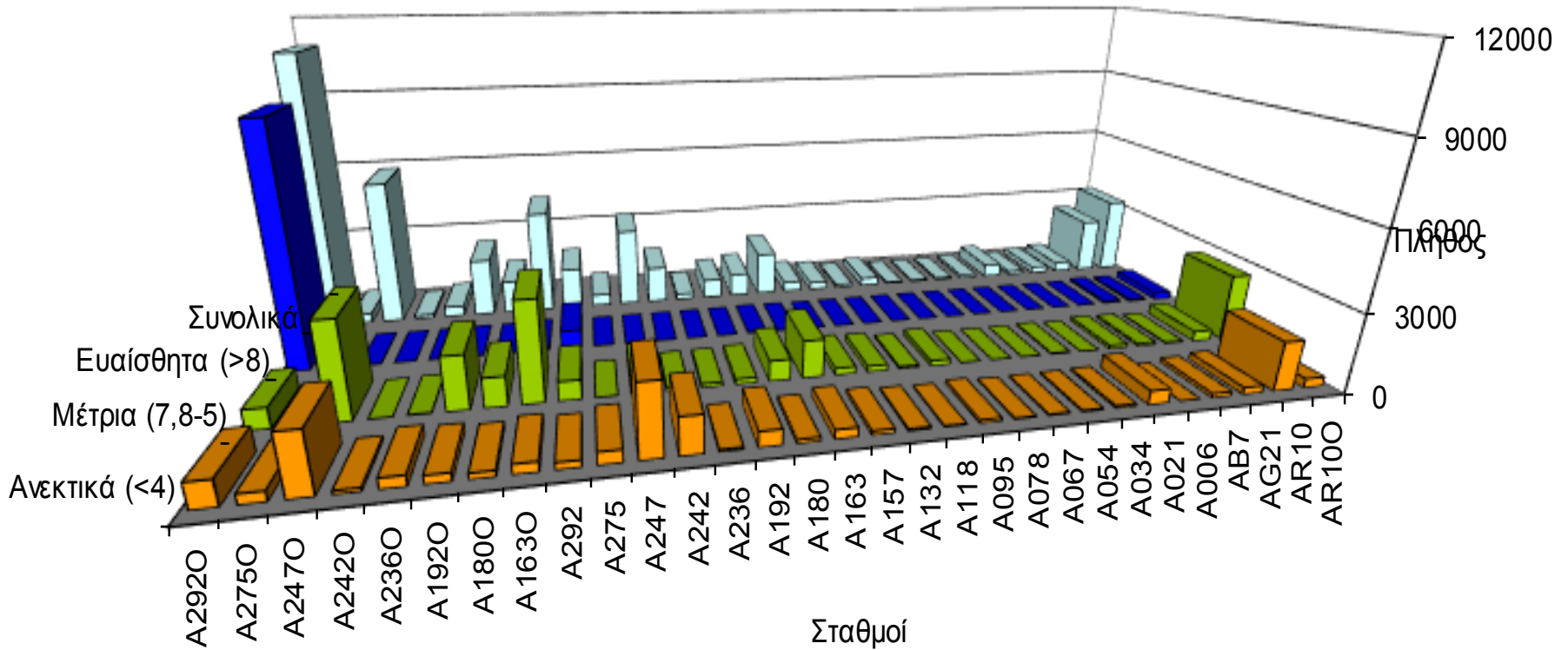
| Σταθμοί                          | Ωρα   | D.O.(%)     | D.O.<br>(mg/l) | pH          | Θ (°C)      | Αγωγ/τα<br>(μS) | TDS<br>(μgr/l) | TSS<br>(mg/l) | Θολερότ<br>ητα | -PO4<br>(μgr/l) | -NH4<br>(μgr/l) | NO2<br>(μgr/l) | NO3<br>(μgr/l) |
|----------------------------------|-------|-------------|----------------|-------------|-------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| <b>Όλα ΕΕ</b>                    |       |             |                |             |             | 400             |                |               |                |                 | 500             | 100            | 50.000         |
| <b>Ενδεικτικές<br/>Ε.Ε.τιμές</b> |       | >75%        |                | 6,5- 8,5    | 25          |                 |                |               |                |                 | 60              |                | 25.000         |
| <b>A292O</b>                     | 13:00 | 119,2       | 13,25          | 8,45        | 10,6        | 346             | 172            | 38,0          | όχι            | 182,88          | <b>252,2</b>    | 19,71          | 1553,6         |
| <b>A275O</b>                     | 17:30 | <b>55,8</b> | 6,04           | 7,87        | 11,8        | <b>516</b>      | 259            | 14,0          | ναι            | 746,49          | <b>576,0</b>    | 71,82          | 1221,9         |
| <b>A247O</b>                     | 16:30 | 102,7       | 11,21          | 7,58        | 11,4        | 384             | 219            | 38,0          | όχι            | 264,06          | <b>225,2</b>    | 59,30          | 2335,3         |
| <b>A242O</b>                     | 14:00 | 91,2        | 9,96           | 7,64        | 11,4        | <b>521</b>      | 263            | 38,0          | ναι            | 398,58          | <b>1965,6</b>   | <b>110,25</b>  | 3837,8         |
| <b>A236O</b>                     | 12:30 | 86,5        | 9,18           | 7,83        | 11,9        | <b>655</b>      | 350            | 42,0          | όχι            | 2583,5          | <b>508,5</b>    | 70,07          | 2073,6         |
| <b>A192O</b>                     | 12:00 | 96,7        | 10,53          | 7,71        | 11,4        | <b>730</b>      | 369            | 12,0          | όχι            | 1498            | <b>508,5</b>    | 56,97          | 2215,2         |
| <b>A180O</b>                     | 13:45 | 118,2       | 12,55          | 8,07        | 12,6        | <b>469</b>      | 264            | 10,0          | όχι            | 1092,1          | <b>252,2</b>    | 62,51          | 1406,6         |
| <b>A163O</b>                     | 15:30 | 125,1       | 12,88          | 8,13        | 14          | <b>591</b>      | 313            | 18,0          | ναι            | 1347,2          | <b>387,1</b>    | 81,14          | 1983,9         |
| <b>A292</b>                      | 9:00  | 99,2        | 9,29           | 8,12        | 18,8        | 306             | 153            | 48,0          | ναι            | 990,0           | <b>144,3</b>    | 8,06           | 2933,5         |
| <b>A275</b>                      | 11:30 | <b>56,2</b> | 5,11           | 7,84        | 19,9        | 364             | 204            | 24,0          | ναι            | 122,6           | <b>899,8</b>    | 47,66          | 2009,2         |
| <b>A247</b>                      | 13:00 | 128,8       | 10,97          | 8,24        | 23,3        | <b>408</b>      | 206            | 46,0          | ναι            | 87,8            | <b>387,1</b>    | 86,38          | 3600,6         |
| <b>A242</b>                      | 14:30 | 129,4       | 10,84          | 8,36        | 24,3        | <b>448</b>      | 225            | 44,0          | ναι            | 131,8           | <b>468,1</b>    | 86,38          | 3746,9         |
| <b>A236</b>                      | 15:30 | 114,7       | 9,34           | 7,07        | <b>25,8</b> | <b>436</b>      | 218            | 1,0           | ναι            | 584,1           | <b>400,6</b>    | 80,56          | 4033,4         |
| <b>A192</b>                      | 19:30 | 117,2       | 9,65           | 8,46        | 24,7        | <b>553</b>      | 283            | 0,8           | ναι            | 1474,8          | <b>76,8</b>     | 7,77           | 3105,0         |
| <b>A180</b>                      | 20:00 | 124,6       | 10,03          | <b>8,66</b> | <b>26,2</b> | <b>700</b>      | 322            | 14,0          | ναι            | 1198,8          | <b>171,3</b>    | 10,97          | 3663,3         |
| <b>A163</b>                      | 16:00 | 174,8       | 13,73          | <b>9,00</b> | <b>27,8</b> | <b>634</b>      | 321            | 24,0          | ναι            | 1363,5          | <b>265,7</b>    | 12,43          | 3245,1         |
| <b>A158</b>                      | 8:30  | 84,5        | 7,7            | 7,67        | 19,9        | <b>456</b>      | 233            | 63,7          | ναι            | 899,6           | 42,2            | 4,88           | 1591,9         |
| <b>A132</b>                      | 16:30 | 100         | 8,68           | 8,40        | 23,2        | <b>474</b>      | 242            | 80,1          | ναι            | 905,5           | 18,2            | 3,81           | 1481,6         |
| <b>A118</b>                      | 18:30 | 98,2        | 8,3            | 8,35        | 23,7        | <b>522</b>      | 258            | 125,0         | ναι            | 1055,6          | <b>159,9</b>    | 65,55          | 1521,2         |
| <b>A095</b>                      | 7:30  | 79,1        | 6,73           | 7,96        | 23,1        | <b>550</b>      | 278            | 125,2         | ναι            | 871,2           | 32,6            | 10,42          | 905,2          |
| <b>A078</b>                      | 10:30 | 88,2        | 7,44           | 7,93        | 23,5        | <b>565</b>      | 284            | 125,6         | ναι            | 754,5           | 30,0            | 7,84           | 874,0          |
| <b>A067</b>                      | 11:30 | <b>68,5</b> | 5,65           | 7,98        | 23,3        | <b>528</b>      | 260            | 38,8          | ναι            | 972,7           | <b>412,1</b>    | 15,38          | 751,2          |
| <b>A054</b>                      | 13:00 | 110,5       | 8,84           | 8,29        | <b>26,6</b> | <b>735</b>      | 369            | 91,2          | ναι            | 1052,9          | 52,3            | 22,38          | 755,3          |
| <b>A034</b>                      | 15:30 | 108,2       | 8,41           | <b>8,50</b> | <b>27,6</b> | <b>762</b>      | 381            | 118,5         | ναι            | 1328,5          | 57,5            | 11,93          | 570,1          |
| <b>A021</b>                      | 17:00 | 123,5       | 9,6            | <b>8,67</b> | <b>28,3</b> | <b>829</b>      | 415            | 97,3          | ναι            | 1018,6          | <b>219,6</b>    | 23,94          | 684,6          |
| <b>A006</b>                      | 18:00 | 134,6       | 10,6           | <b>8,81</b> | <b>28,1</b> | <b>4860</b>     | 2430           | 63,4          | ναι            | 649,9           | 5,2             | 10,42          | 430,7          |
| <b>AB7</b>                       | 17:00 | 77,7        | 6,65           | 7,61        | 23,7        | <b>938</b>      | 468            | 28,4          | όχι            | 886,9           | 27,6            | 7,71           | 382,8          |
| <b>AG21</b>                      | 14:00 | 87          | 7,82           | 7,29        | 19,8        | <b>632</b>      | 317            | 91,0          | όχι            | 42,8            | <b>110,0</b>    | 0,23           | 245,5          |
| <b>AR10</b>                      | 17:00 | 137,2       | 11,02          | <b>8,76</b> | <b>27,2</b> | <b>1018</b>     | 506            | 32,0          | όχι            | 194,5           | <b>292,7</b>    | 8,35           | 824,4          |
| <b>AR10O</b>                     | 10:30 | 102,7       | 11,73          | 8,34        | 9,5         | <b>902</b>      | 453            | 18,0          | όχι            | 758,1           | <b>414,1</b>    | 43,58          | 1503,4         |



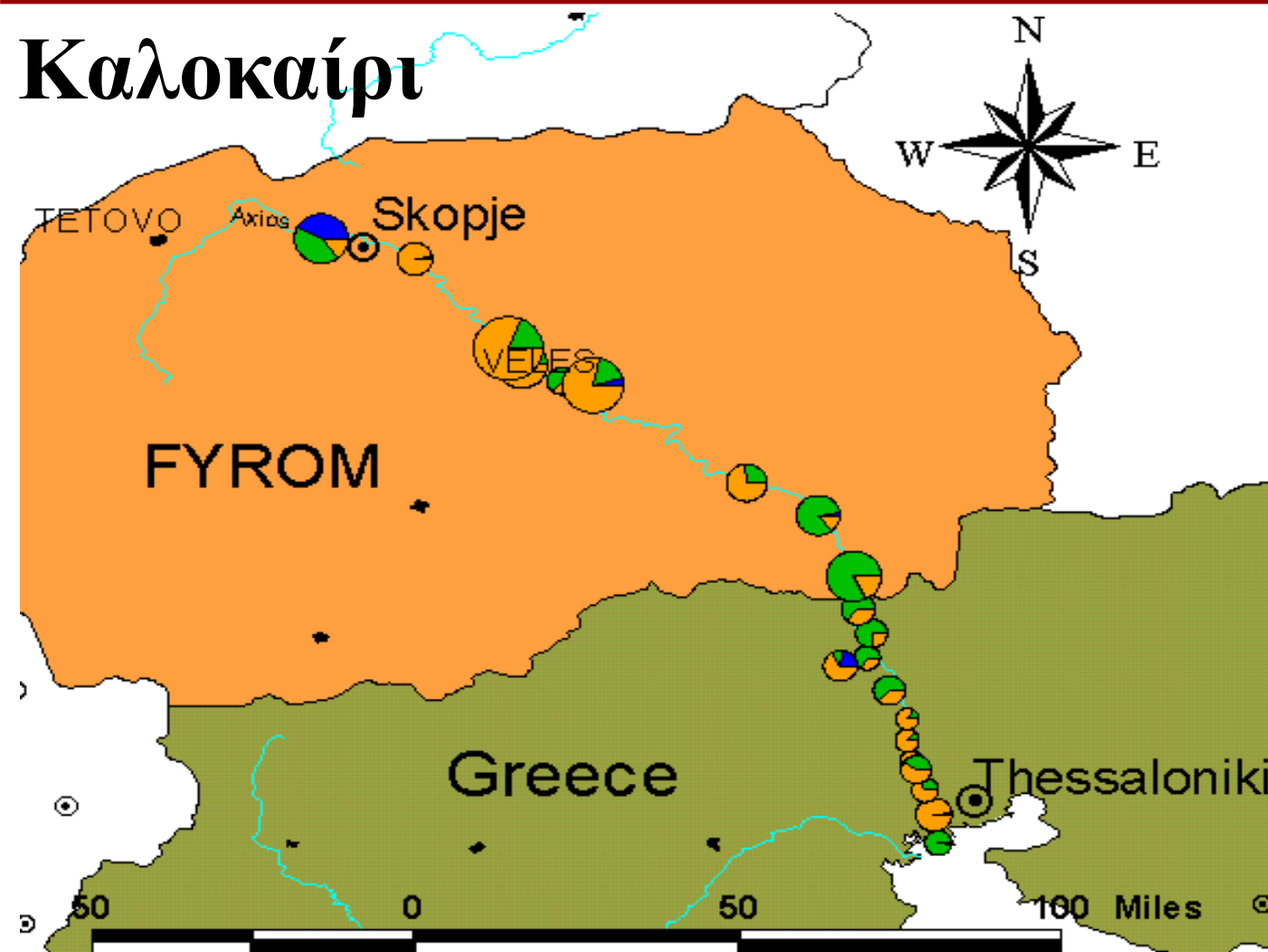


# Βιολογικά Στοιχεία

## Πλήθος ζώων ανά κατηγορία βαθμολόγησης και σταθμό



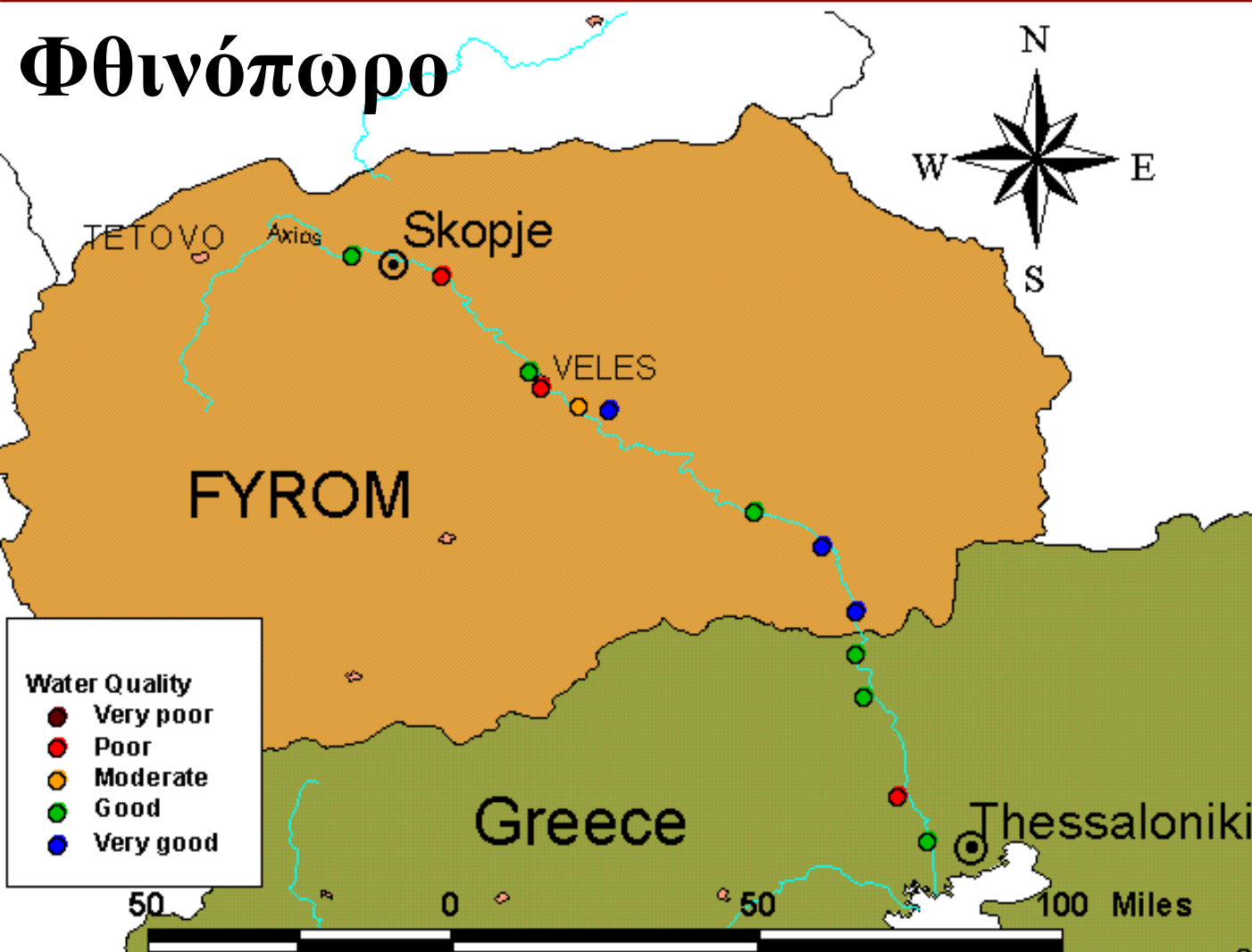
# Βιολογικά Στοιχεία



| Σταθ | Περιοχή                |
|------|------------------------|
| A006 | Εκβολές                |
| A021 | Αυτοκιν/μος κατάντη    |
| A034 | Ανατολικό              |
| A054 | Γέφυρα                 |
| A067 | Κουφάλια(Φράγμα Έλλης) |
| A078 | Ακροπόταμος            |
| A095 | Άσπρος                 |
| A118 | Πολύκαστρο             |
| A132 | Πευκόδασος             |
| A158 | Εύζωνοι                |
| A163 | Negorci                |
| A180 | Miravci                |
| A192 | Demir Karija           |
| A236 | Zgropolci              |
| A242 | Topolca                |
| A247 | Veles UpStrm           |
| A275 | Dracevo                |
| A292 | Skopja UpStrm          |
| AB7  | Βαρδαρόβαση-Βαλτοχώρι  |
| AG21 | Γοργόπης-Γουμένισσα    |
| AR10 | Bregalnisa-Ubogo       |

# Βιολογικά Στοιχεία

## Φθινόπωρο



| Σταθ | Περιοχή                |
|------|------------------------|
| A006 | Εκβολές                |
| A021 | Αυτοκιν/μος κατάντη    |
| A034 | Ανατολικό              |
| A054 | Γέφυρα                 |
| A067 | Κουφάλια(Φράγμα Έλλης) |
| A078 | Ακροπόταμος            |
| A095 | Άσπρος                 |
| A118 | Πολύκαστρο             |
| A132 | Πευκόδασος             |
| A158 | Εύζωνοι                |
| A163 | Negorci                |
| A180 | Miravci                |
| A192 | Demir Kapija           |
| A236 | Zgropolci              |
| A242 | Topolca                |
| A247 | Veles UpStrm           |
| A275 | Dracevo                |
| A292 | Skorja UpStrm          |
| AB7  | Βαρδαρόβαση-Βαλτοχώρι  |
| AG21 | Γοργόπης-Γουμένισσα    |
| AR10 | Bregalnisa-Ubogo       |

# Στατιστικές Μέθοδοι

- Ομαδοποίησης:
  - Primer
  - Fuzzy
  
- Ταξιθέτησης:
  - Canoco

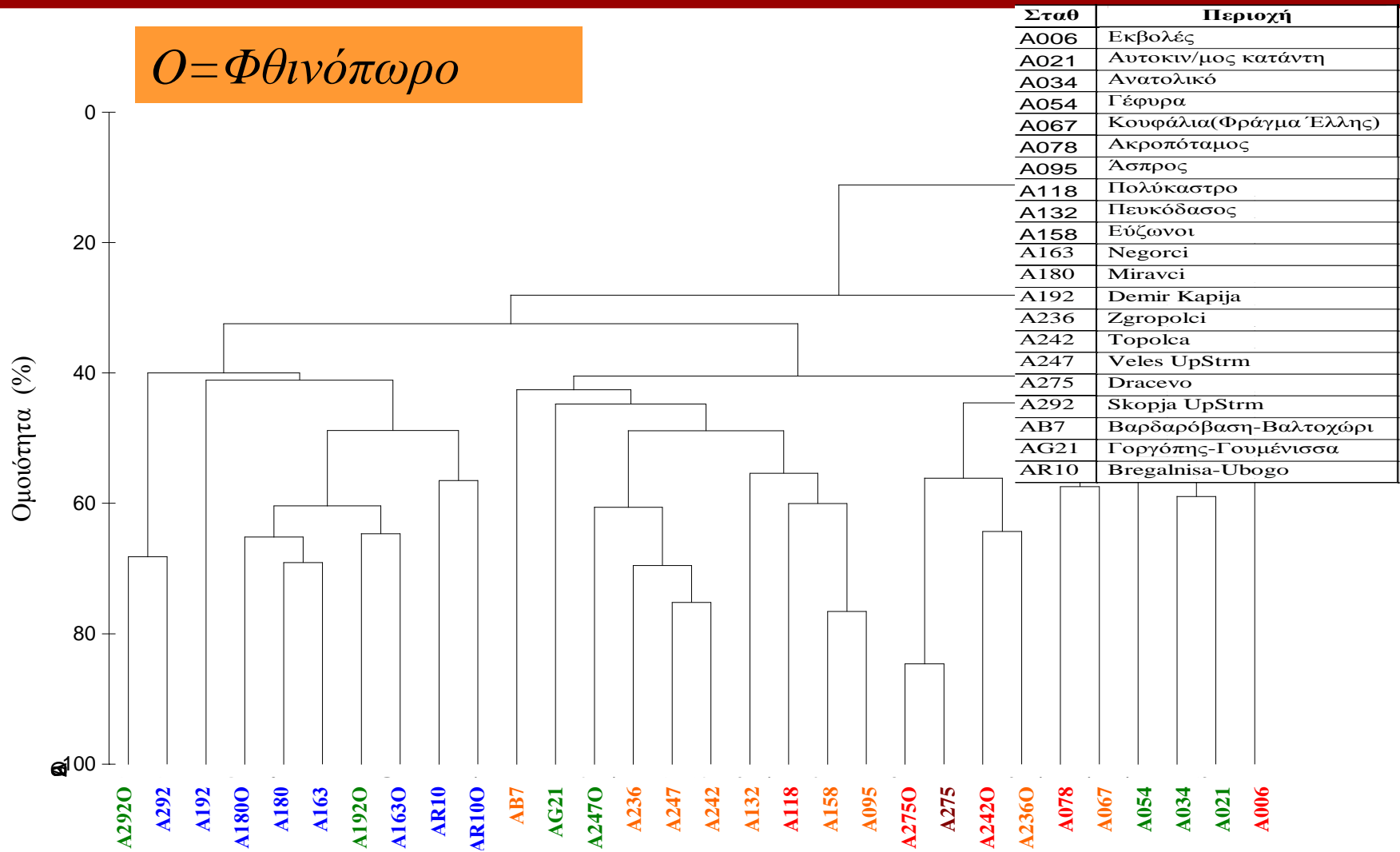


# Primer

- Το στατιστικό πακέτο Primer 5.1.2. χρησιμοποιείται για τη σύγκριση της ομοιότητας μεταξύ των διαφορετικών κοινοτήτων ασπόνδυλων (περίπτωση των βενθικών μακροασπονδύλων). Σχηματίζεται δενδρόγραμμα για την ομαδοποίηση των σταθμών σύμφωνα με την ομοιότητά τους ως προς τις βενθικές τους κοινότητες χρησιμοποιώντας το δείκτη ομοιότητας Bray-Curtis.
- Στη συνέχεια η μέθοδος Simper μπορεί να αναλύσει τα δεδομένα του δενδρογράμματος & να εκφράσει τις ομοιότητες & τις διαφορές τους ως ποσοστό των οικογενειών στις οποίες οφείλονται οι διαφορές ή οι ομοιότητες ανάμεσα στις διάφορες ομάδες.



# Primer



# Fuzzy

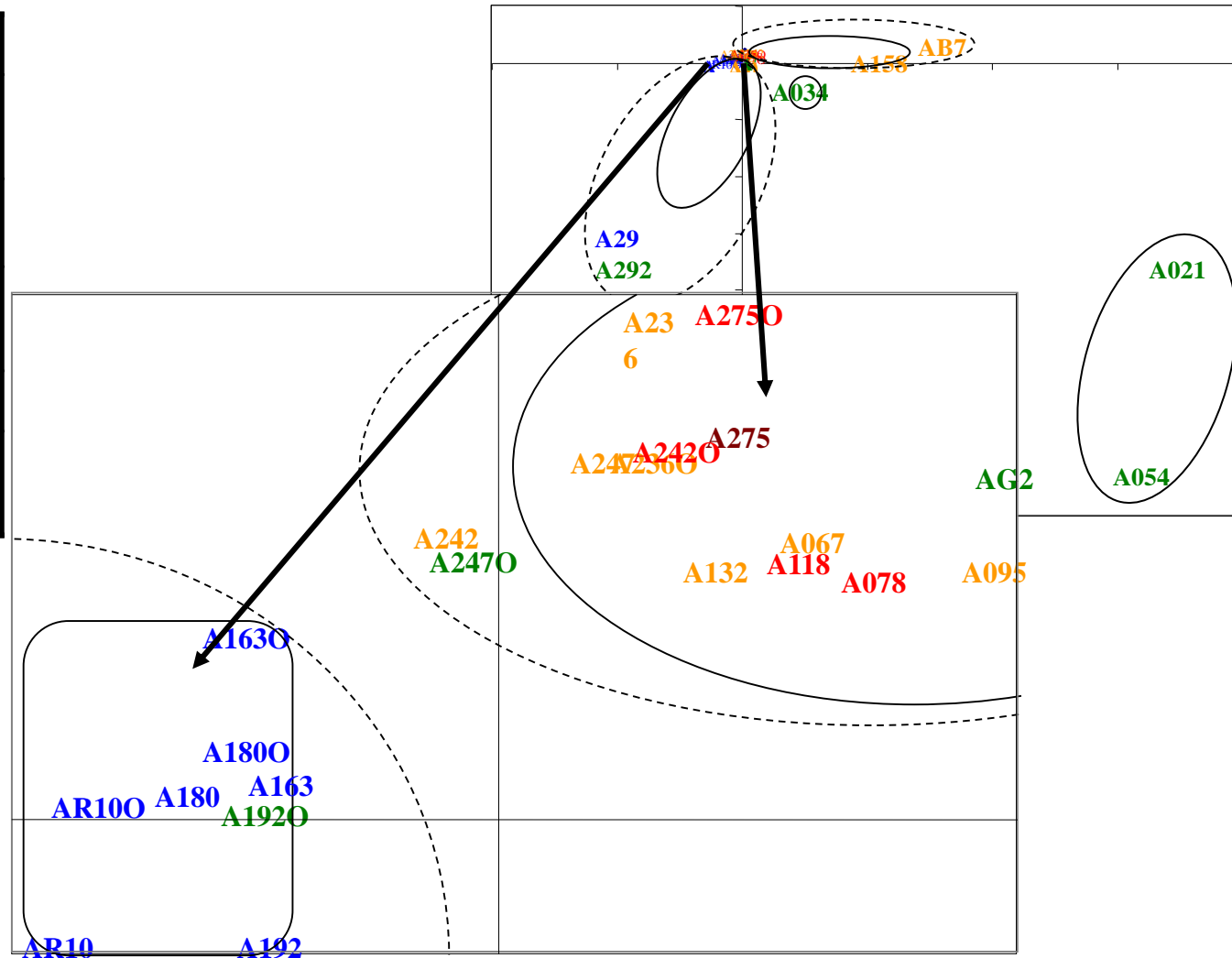
Με τη μέθοδο ομαδοποίησης FUZZY (Equihua, 1990), οι σταθμοί δειγματοληψίας ταξιθετούνται & κατανέμονται σε ομάδες (clusters) βάση της ομοιότητάς τους, όσον αφορά στους πληθυσμούς των βενθικών μακροασπονδύλων. Η ανάλυση αυτή δέχεται την ύπαρξη συνέχειας μεταξύ των πληθυσμών από τους διαφορετικούς σταθμούς ενός ποτάμιου συστήματος, αλλά & διακριτότητας ως προς την πανιδική τους σύσταση.

- ✓ Οι τιμές της **Fuzzy membership** (συντελεστής συμμετοχής) είναι συνήθως (0.5-0.7) & σπάνια ανέρχονται στο 0.9, συμφωνώντας με το γεγονός ότι δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ των σταθμών αλλά επικρατεί συνέχεια κάτω από κανονικές, μη διαταραγμένες συνθήκες.



# Fuzzy

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Πλήθος δειγμάτων          | 30                |
| Πλήθος ταξινομικών ομάδων | 75                |
| Πλήθος ομάδων fuzzy       | 4                 |
| Μετασχηματισμός δεδομένων | $\text{Log}(X+1)$ |
| Μέθοδος                   | fuzzyOMeans       |
| Συντελεστής συμμετοχής    | 0,7730846         |





# Canoco

## Canoco I

- Για τη μελέτη των σχέσεων μεταξύ περιβαλλοντικών μεταβλητών, ειδών & σταθμών δειγματοληψίας (οι οποίες δεν είναι γραμμικές), εφαρμόζεται η ταξιθετική μέθοδος Ανάλυσης Κανονικών Αντιστοιχιών (A.K.A.) (Canonical Correspondence Analysis ή C.C.A.), η οποία αποτελεί μια από τις επιλογές του προγράμματος CANOCO (Canonical Community Ordination) (Ter Braak, 1986 & Ter Braak, 1988).
- Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο άξονας ταξιθέτησης αποτελεί το γραμμικό συνδυασμό των περιβαλλοντικών μεταβλητών έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η διασπορά των τιμών των ειδών. Η ταξιθέτηση γίνεται σε τέσσερις άξονες, σε καθένα από τους οποίους αντιστοιχεί μια ιδιοτιμή, η οποία αποτελεί μέτρο της συνεισφοράς του στη συνολική διακύμανση των δεδομένων. Επειδή συνήθως οι δύο πρώτοι άξονες εμφανίζουν τις υψηλότερες ιδιοτιμές, συχνά επιλέγεται το επίπεδο των δύο πρώτων αξόνων για να απεικονιστούν οι περιβαλλοντικές μεταβλητές, τα είδη & οι σταθμοί. Ο κάθε άξονας παίρνει το «όνομα» του από τον/ τους παράγοντες που έχουν τη μεγαλύτερη βαρύτητα σ' αυτόν.



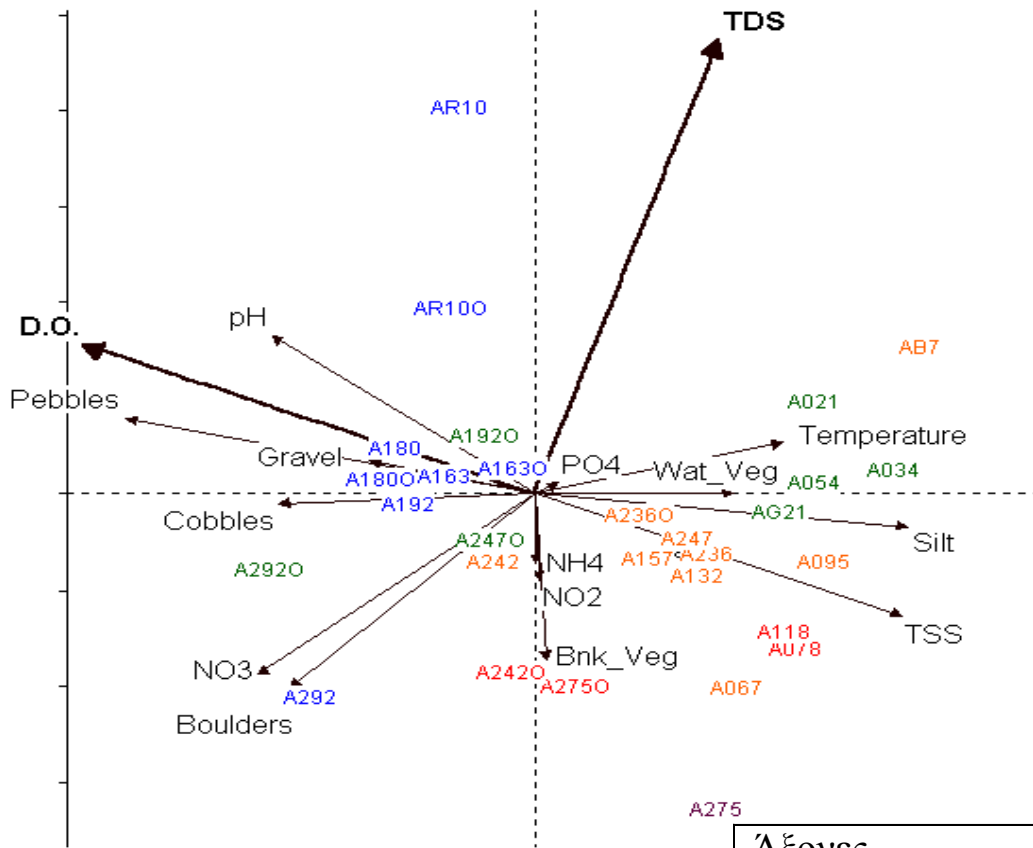
# Canoco

## Canoco II

- Η τοποθέτηση των σταθμών, των ειδών και των περιβαλλοντικών μεταβλητών στο επίπεδο αυτό γίνεται από τη μέθοδο. Ελέγχουμε με το Monte Carlo test, ποιοι από τους συντελεστές είναι στατιστικά σημαντικοί ( $P < 0.05$ ). Ακολουθώντας τρέχουμε την RDA/CCA με όλες τις παραμέτρους.
- Στην περίπτωση που δύο ή περισσότερες περιβαλλοντικές μεταβλητές παρουσιάζουν συντελεστή διόγκωσης (inflation factor) πάνω από 20, τότε σημαίνει πως υπολογίζονται δύο φορές κάποιες παράμετροι (οπότε ο ένας πρέπει να αφαιρεθεί π.χ. DO% και DO mg/l). Οι παράμετροι με συντελεστή μεγαλύτερο από 20 αφαιρούνται και αυτοί με 0 δεν είναι σημαντικοί. Διώχνουμε πρώτα τους αλληλοσυσχετιζόμενους ελέγχοντας το συντελεστή διόγκωσης. Πρέπει όλες οι παράμετροι να έχουν σ.δ. < 20. Πρέπει επίσης οι άξονες της ανάλυσης μας να έχουν  $P < 0.05$ .



# Canoco



| NAME        | AX1          | AX2         |
|-------------|--------------|-------------|
|             | 0,140        | 0,088       |
| <b>D.O.</b> | <b>-0,65</b> | 0,28        |
| pH          | -0,38        | 0,30        |
| Temp/re     | 0,36         | 0,10        |
| <b>TDS</b>  | 0,27         | <b>0,86</b> |
| TSS         | 0,53         | -0,23       |
| Boulders    | -0,35        | -0,37       |
| Cobbles     | -0,37        | -0,02       |
| Pebbles     | -0,59        | 0,15        |
| Gravel      | -0,24        | 0,06        |
| Silt        | 0,54         | -0,06       |
| Wat_Veg     | 0,29         | 0,01        |
| Bnk_Veg     | 0,02         | -0,31       |
| PO4         | 0,04         | 0,02        |
| NH4         | 0,00         | -0,13       |
| NO2         | 0,01         | -0,16       |
| NO3         | -0,40        | -0,34       |

| Άξονες                          | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Ιδιοτιμές:                      | 0,330 | 0,258 | 0,241 | 0,217 |
| Συσχετίσεις ειδών περιβάλλοντος | 0,959 | 0,980 | 0,920 | 0,927 |
| Αθροιστικό ποσοστό διακύμανσης  |       |       |       |       |
| Σχέσης ειδών - περιβάλλοντος:   | 15,4  | 27,5  | 38,8  | 49,0  |



# Σύγκριση Αφθονίας/Βιομάζας (ABC)

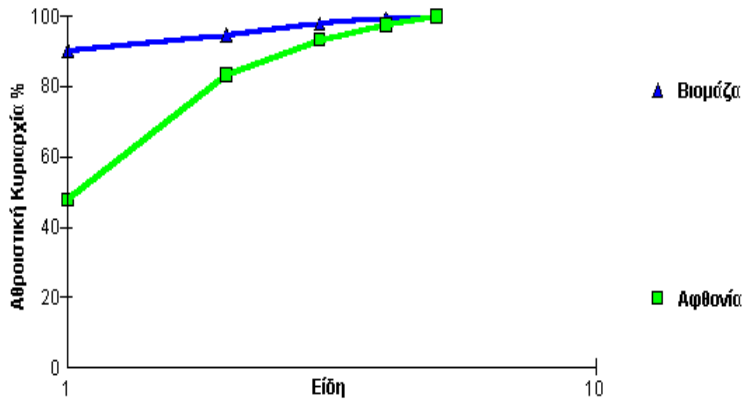
- Χρησιμοποιείται το στατιστικό πακέτο PRIMER 5 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) για να συγκρίνουμε την αφθονία & τη βιομάζα των ειδών.
- Στην επόμενη διαφάνεια καμπύλες k-κυριαρχίας αφθονίας & βιομάζας Εφημεροπτέρων ειδών από τρεις σταθμούς, δυο εκ των οποίων ανάντη & κατόντη ιχθυογενετικού σταθμού. Η μέθοδος ABC όπως αρχικά περιγράφηκε από τον Warwick (1986) περιλαμβάνει την απεικόνιση χωριστών καμπύλων k-κυριαρχίας, για την αφθονία & τη βιομάζα των ειδών, στο ίδιο γράφημα & σύγκριση της μορφής αυτών των καμπύλων. Τα είδη κατατάσσονται στον άξονα των x (σε λογαριθμική κλίμακα) με σειρά σημαντικότητας είτε όσον αφορά στην αφθονία τους είτε όσον αφορά στη βιομάζα, ενώ στον άξονα των y παριστάνεται το ποσοστό κυριαρχίας (αθροιστική κλίμακα). Η μέθοδος ABC προσδιορίζει επίπεδα διαταραχής, που μπορεί να έχουν προκληθεί από ρύπανση ή άλλα αίτια στις κοινότητες των βενθικών μακροασπονδύλων (Clarke & Warwick, 1994).



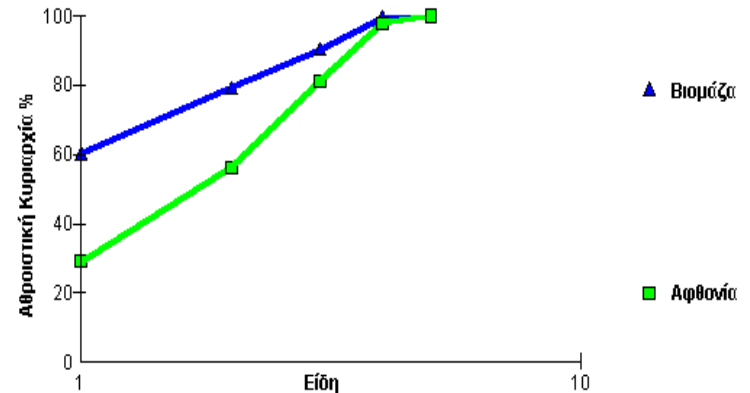
# Σύγκριση Αφθονίας/Βιομάζας (ABC)

Ανάλυση ως προς τα εφημερόπτερα: 8<sup>A</sup>. Μετρίως διαταραγμένος μόνο την Άνοιξη

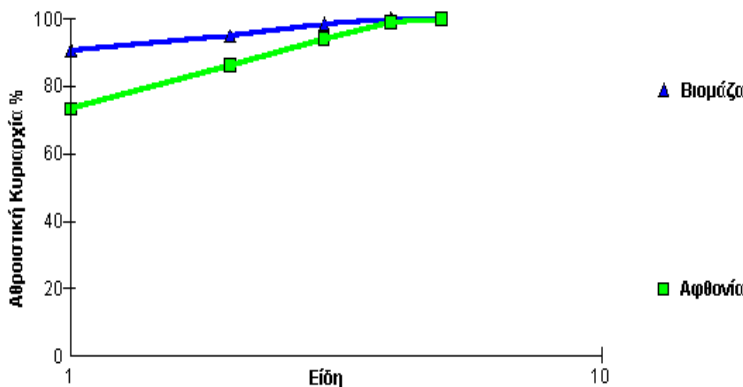
Καλοκαίρι



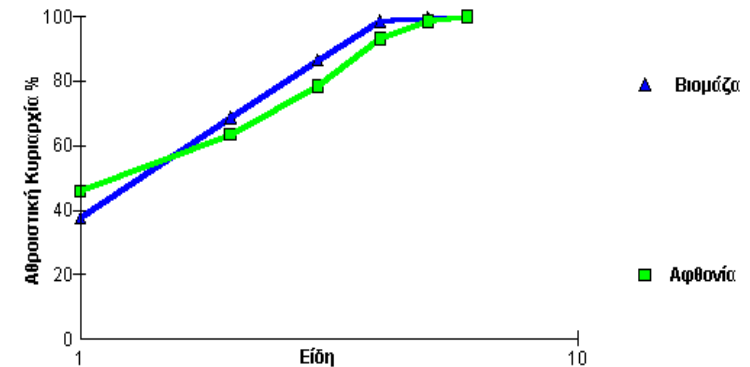
Χειμώνας



Φθινόπωρο



Άνοιξη



# Βιβλιογραφία

- Carr, M. R., 1997. PRIMER User Manual. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. UK.
- Clarke K.R. & Warwick R.M., (1994). Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. Plymouth Marine Laboratory, UK
- Equihua M., 1990. FUZZY clustering of ecological data. Journal of Ecology 78:519 –534
- Field, J. G., Clark, K. R., Warwick, R. M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Mar. Ecol. Progr. Ser., 8: 37-52.
- Ter Braak C. J. F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology, 67, 5, p. 1167-1179
- Ter Braak C. J. F., 1988. CANOCO – a FORTRAN program for canonical community ordination (version 2.1.). Technical report: LWA –88 –02.





# Τέλος Ενότητας 21

Επεξεργασία: Λατινόπουλος Διονύσης  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

