

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών

# Ειδικά Θέματα Ιχθυολογίας

Εργαστηριακός οδηγός

Ιωάννης Δ. Λεονάρδος

Καθηγητής

## Εργαστηριακή άσκηση : κατά βάρος αύξηση – δείκτες ευρωστίας

### Σκοπός

Η κατά βάρος αύξηση είναι ένα σημαντικό μέρος του ευρύτερου κεφαλαίου της αύξησης, είναι απαραίτητη στη μελέτη της βιολογίας των ψαριών, στη συγκριτική μελέτη ενός ή περισσότερων πληθυσμών του ίδιου είδους καθώς και στην εκτίμηση των επιπτώσεων μεταβολών παραμέτρων του περιβαλλοντικών στα ψάρια. Σε αυτή την ομάδα ασκήσεων περιγράφονται η κατά βάρος αύξηση, οι δείκτες ευρωστίας καθώς και ένας δείκτης της αναπαραγωγικής κατάστασης των ψαριών. Παρουσιάζονται πληροφορίες για τις μεθόδους υπολογισμού των παραμέτρων της αύξησης, οι τεχνικές και η μεθοδολογία υπολογισμού των.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο θα μπορείτε να:

- Βρίσκετε τις παραμέτρους αύξησης ενός οργανισμού όταν σας δίνονται μετρήσεις μήκους και βάρους του.
- Περιγράφετε μια γραφική παράσταση στην οποία θα παρουσιάζονται μετρήσεις μήκους και βάρους
- Διαπιστώνετε αν οι παράμετροι των εξισώσεων μήκους - βάρους αντιστοιχούν σε ισομετρική ή αλλομετρική μορφή αύξησης
- Συγκρίνετε τις παραμέτρους της κατά βάρος αύξησης δυο διαφορετικών πληθυσμών του ίδιου είδους και να διαπιστώνετε αν διαφέρουν στατιστικά μεταξύ τους και ποιος πληθυσμός παρουσιάζει υψηλότερο ρυθμό κατά βάρος αύξησης.
- Υπολογίζετε τους δείκτες ευρωστίας ενός πληθυσμού ψαριών
- Συγκρίνετε τις τιμές των δεικτών ευρωστίας δυο διαφορετικών πληθυσμών ή των δυο φύλων του ίδιου πληθυσμού και να διαπιστώνετε ποιο από τα δυο συγκρινόμενα μέρη είναι πιο εύρωστο.
- Υπολογίζετε τον σχετικό ηπατοσωματικό δείκτη και το σχετικό βάρος γονάδας ενός πληθυσμού ψαριών

### Έννοιες κλειδιά

- Σχέσεις μήκους - βάρους
- Ισομετρική, αλομετρική αύξηση
- Δείκτες ευρωστίας, Δείκτης ευρωστίας κατά Fulton, σχετικός δείκτης ευρωστίας
- Σύγκριση των παραμέτρων αύξησης
- Γοναδοσωματικός δείκτης, Σχετικό βάρος γονάδας
- Ηπατοσωματικός δείκτης, Σχετικός ηπατοσωματικός δείκτης,
- Παλινδρόμηση
- Ανάλυση της συνδιακύμανσης (ANCOVA)

### Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Αυτό το κεφάλαιο ασχολείται με τη μελέτη της κατά βάρος αύξησης των ψαριών. Στοιχεία του μήκους και του βάρους των ψαριών είναι θεμέλιοι λίθοι στην αλιευτική έρευνα και τη διαχείριση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Τέτοιου είδους μετρήσεις είναι απαραίτητες στον υπολογισμό της αύξησης των υδρόβιων οργανισμών, της παραγωγικότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων καθώς επίσης στις μονάδες εκτροφής και στα εργαστήρια.

### Σχέσεις μήκους - βάρους

Από τη μελέτη των σχέσεων που συνδέουν το μήκος και το βάρος των ψαριών μπορεί να προκύψουν χρήσιμες πληροφορίες ως προς το σχήμα του σώματός τους.

Η εκθετική εξίσωση :  $W = aL^b$  (όπου  $W$  είναι το βάρος του ψαριού,  $L$  είναι το μήκος,  $a$  και  $b$  είναι παράμετροι της εξίσωσης) , έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο μοντέλο καθώς εκφράζει το βάρος σαν συνάρτηση του μήκους (Εικόνα 1).

Γενικά, τιμές του  $b$  μικρότερες του 3.0 δείχνουν ψάρι το οποίο αναπτύσσεται λιγότερο σε όγκο, καθώς το μήκος αυξάνει (περισσότερο επίμηκες),  $b$  μεγαλύτερο του 3.0 αντιστοιχεί σε ψάρι το οποίο γίνεται περισσότερο ογκώδες καθώς το μήκος αυξάνει (λιγότερο επίμηκες). Για τα περισσότερα ψάρια οι τιμές του  $b$  είναι μεγαλύτερες του 3.0. Αν το  $b$  είναι ίσο με 3.0, τότε η μορφή της αύξησης χαρακτηρίζεται ισομετρική, αυτό σημαίνει ότι το σχήμα δεν αλλάζει καθώς το ψάρι μεγαλώνει, ενώ σε αντίθετη περίπτωση ( $b \neq 3$ ) η μορφή της αύξησης χαρακτηρίζεται ως αλομετρική. Είναι πιθανόν το σχήμα του σώματος να αλλάζει παρόλο ότι το  $b$  παραμένει ίσο με 3.0.

Οι παράμετροι  $a$  και  $b$  μπορούν να υπολογιστούν λαμβάνοντας τους δεκαδικούς λογαρίθμους και των δυο μερών της προηγούμενης οπότε αυτή λαμβάνει τη μορφή

$$\log W = \log a + b \log L$$

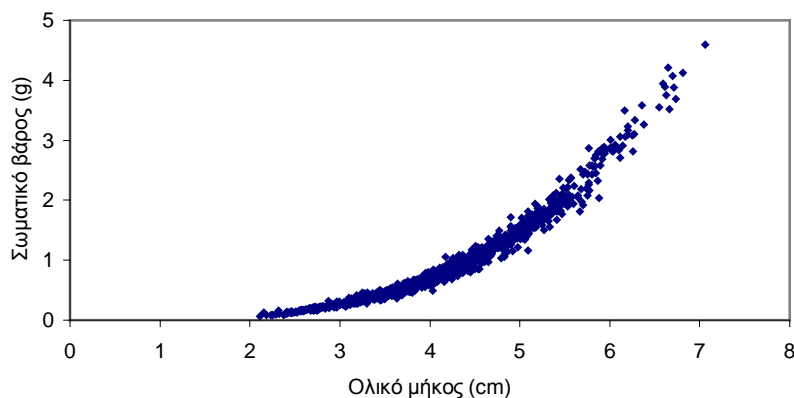
Οι τιμές  $\log a$  και  $\log b$  μπορούν να υπολογιστούν για ένα πλήθος ζευγών τιμών μήκους και βάρους με τη βοήθεια της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων ή την τεχνική της GM παλινδρόμησης (παλινδρόμηση των γεωμετρικών μέσων) ( Ricker 1973, 1975) η οποία και συνιστάται. Αυτά που στη πραγματικότητα χρησιμοποιούνται είναι λογιστικά φύλλα (Excel) ή στατιστικά προγράμματα (SPSS, SAS, Minitab, Statistika, κ.ά). Είναι απαραίτητο κάθε φορά να αναφέρεται η μέθοδος που θα χρησιμοποιείται.

Για να επιλυθεί η εξίσωση και να υπολογιστούν οι παράμετροι της για ένα πληθυσμό ψαριών, θα πρέπει πρώτα να σχεδιαστεί η γραφική παράσταση του λογάριθμου του βάρους ως προς τον λογάριθμο του μήκους, στη συνέχεια να υπολογιστεί η γραμμή της παλινδρόμησης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων. Ο συντελεστής της παλινδρόμησης (η κλίση της γραμμής) είναι η παράμετρος  $b$  και η τιμή του  $\log a$  είναι το σημείο τομής της γραμμής της παλινδρόμησης στον άξονα  $Y$ .

Οι παράμετροι της εξίσωσης μήκους-βάρους διαφέρουν όχι μόνο μεταξύ των ειδών αλλά συχνά και μεταξύ των πληθυσμών του ίδιου είδους. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του ένα ψάρι περνά από διάφορα στάδια ανάπτυξης (*stanzas*) (Vasnetsov 1953a), καθένα

από τα οποία μπορεί να έχει τις δικές του σχέσεις μήκους- βάρους (Εικ. 3). Μπορεί να παρουσιάζονται διαφορές ωστόσο και μεταξύ των δυο φύλων, κατά τη διάρκεια της γεννητικής ωριμότητας ακόμη και κατά τη διάρκεια της ημέρας (εξαιτίας μεταβολών στη πληρότητα του στομάχου). Κατά συνέπεια είναι απαραίτητο να υπολογίσουμε ένα αριθμό παλινδρομήσεων για κάθε ομάδα ψαριών (πληθυσμούς, φύλα, στάδια ανάπτυξης) και με τη βοήθεια της ανάλυσης της συνδιακύμανσης (ANCOVA) να ελέγξουμε για την ύπαρξη τυχόν στατιστικά σημαντικών διαφορών πριν προχωρήσουμε στην συγχώνευση των ομάδων (Le Creen, 1951, Zar, 1984).

Μεταξύ των διαφόρων *stanzas*, ο συντελεστής *b* συχνά παραμένει σταθερός κατά τη διάρκεια ενός έτους ή μεταξύ μιας σειράς διαφορετικών περιβαλλόντων. Οι τιμές του συντελεστή *a* συχνά μεταβάλλονται εποχικά, κατά τη διάρκεια μιας ημέρας ή και μεταξύ των διαφορετικών οικοτόπων (Εικ. 2). Μεταβολές στις τιμές του *b* συχνά παρατηρούνται μεταξύ *stanzas*, κατά τη μεταμόρφωση, τη πρώτη γεννητική ωριμότητα και μεταξύ μεγάλων περιβαλλοντικών μεταβολών. Ωστόσο κατά τη διάρκεια ενός *stanza* είναι συνηθισμένο να υπολογίζουμε κάποιες μέσες σχέσεις οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν στη μελέτη της αύξησης, της παραγωγής και σε διάφορες άλλες μελέτες.



Εικόνα 1. Γραφική παράσταση της σχέσης ολικού μήκους (TL)-σωματικού βάρους (NW) του είδους *Aphanius fasciatus* από δείγμα 978 ατόμων τα οποία συλλέχθηκαν στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου (Λεονάρδος, 1996)

Όταν συλλέγουμε στοιχεία για τις μελέτες μήκους- βάρους, μετράμε ατομικά το κάθε ψάρι με ακρίβεια χιλιοστού του μέτρου και στη συνέχεια το ζυγίζουμε με σημαντική ακρίβεια. Πάντοτε αναφέρουμε τις μετρήσεις μήκους καθότι οι τιμές ποικίλουν ανάλογα με το αν χρησιμοποιούμε ολικό, μεσουραίο ή σταθερό μήκος<sup>1</sup>. Ψάρια με μήκος μικρότερο των

<sup>1</sup> **Ολικό μήκος** : το μήκος από την άκρη του ρύγχους μέχρι την άκρη του ουραίου πτερυγίου

30 cm θα πρέπει να τοποθετούνται για λίγο σε απορροφητικό χαρτί για να απομακρύνεται το νερό που υπάρχει στην επιφάνειά τους, πριν τα ζυγίσουμε. Πέντε ψάρια από κάθε κλάση μεγέθους (π.χ. 1-cm) συνήθως αποτελούν ένα ικανοποιητικό δείγμα. Μετρήστε περισσότερα ψάρια αν υπάρχουν διαφορές στις σχέσεις μήκους- βάρους μεταξύ των μεγεθών ή μεταξύ των φύλων. Δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνονται μεταξύ των μετρήσεων μήκους - βάρους ψάρια με πολύ μικρό μέγεθος αν η ακρίβεια ή η ευαισθησία των οργάνων μέτρησης του βάρους ή του μήκους είναι πολύ μικρή.

### Δείκτες ευρωστίας

Οι δείκτες ευρωστίας ή κατάστασης μπορούν να υπολογιστούν και να χρησιμοποιηθούν σε συγκρίσεις πιο εύκολα από τις παραμέτρους  $a$  και  $b$  της σχέσης μήκους - βάρους. Υπάρχουν τριών ειδών δείκτες ευρωστίας: Ο συντελεστής ευρωστίας κατά Fulton, ο σχετικός συντελεστής ευρωστίας και το σχετικό βάρος.

Ο συντελεστής ευρωστίας κατά Fulton υπολογίζεται από τη σχέση :

$$K \text{ ή } C = (W / L^3) \times X$$

Όπου  $W$  είναι το βάρος,  $L$  είναι το μήκος του ψαριού,  $X$  είναι μια σταθερά που εξαρτάται από τις χρησιμοποιούμενες μονάδες μέτρησης και λαμβάνει τιμές 10, 100 ή 1000.

Στη χρήση του συντελεστή ευρωστίας κατά Fulton προκύπτει ένα πρόβλημα εξαιτίας του γεγονότος ότι αυτός συχνά ποικίλει ακόμη και μεταξύ των ψαριών του ίδιου είδους λόγω του ότι εξαρτάται από τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται. Ακόμη και εξαιτίας του γεγονότος ότι οι  $K$  και  $C$  αυξάνονται σε σχέση με το μήκος για ψάρια που ο συντελεστής  $b$  είναι μεγαλύτερος του 3, έτσι οι συγκρίσεις θα πρέπει να περιορίζονται μόνο μεταξύ ψαριών παρόμοιου μήκους. Συγκρίσεις του συντελεστή  $K$  μεταξύ διαφορετικών ειδών είναι συνήθως δύσκολο να γίνουν διότι είναι σπάνιο να συναντήσουμε ψάρια με το ίδιο σχήμα. Για παράδειγμα ο Bennett (1970) αναφέρει ότι τα είδη των ψαριών largemouth bass (*Micropterus salmoides*) και το bluegills (*Lepomis macrochirus*) βρίσκονται σε κανονικές ή μέσες συνθήκες όταν ο συντελεστής  $C$  κυμαίνεται από 4.6 ως 5.5 για το largemouth bass και από 7.1 ως 8.0 για το bluegills. Ο συντελεστής ευρωστίας κατά Fulton μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συγκρίσεις μεταξύ ψαριών του ίδιου είδους, μπορεί να δείξει διαφορές σε σχέση με το φύλο, την εποχή, ή την περιοχή σύλληψης του ψαριού. Μια σημαντική προϋπόθεση στη χρήση του συντελεστή ευρωστίας κατά Fulton

---

**Μεσουραίο μήκος :** το μήκος από το ρύγχος μέχρι την εσοχή της ουράς.

**Σταθερό μήκος:** το μήκος από το ρύγχος μέχρι το τέλος της σπονδυλικής στήλης του ψαριού.

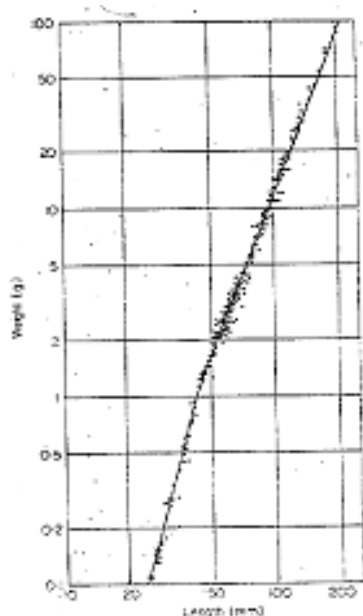
είναι για το υπό μελέτη είδος οι τιμές του εκθέτη  $b$  της εξίσωσης μήκους - βάρους, υπό κανονικές συνθήκες να μην διαφέρουν από τη τιμή 3.

Ο σχετικός συντελεστής ευρωστίας ( $K_n$ ) αντιστοιχεί στην αλλομετρική μορφή αύξησης, όταν καθώς αυξάνεται το ψάρι μεταβάλλεται ανάλογα το σχήμα του (LeCren 1951).

Υπολογίζεται για κάθε ψάρι από τη σχέση :

$$K_n = W / aL^b$$

Όπου  $W$  είναι το βάρος του ψαριού,  $L$  είναι το μήκος,  $a$  και  $b$  είναι οι παράμετροι της σχέσης μήκους- βάρους. Ο σχετικός συντελεστής ευρωστίας χρησιμοποιήθηκε από τον LeCren (1951) στη προσπάθειά του να συγκρίνει αρσενικά και θηλυκά που ανήκαν στον ίδιο πληθυσμό τα οποία συλλέχθηκαν διαφορετικές εποχές. Η χρήση του  $K_n$  επεκτάθηκε από τους Swingle (1965) ; Swingle and Shell (1971) καθιερώνοντας μια γενικευμένη σχέση μήκους - βάρους για διάφορα ψάρια που προέρχονταν από την περιοχή της Αλαμπάμα.



Εικόνα 2. Γραφική παράσταση του βάρους ως προς το μήκος, σχεδιασμένη σε διπλούς λογαριθμικούς άξονες. Δυο γραμμές τάσης έχουν σχεδιαστεί οι οποίες αντιστοιχούν σε σχέσεις μήκους-βάρους για μήκη μεγαλύτερα και μικρότερα των 42 mm. Τα στοιχεία έχουν παρθεί από πληθυσμούς της καφέ πέστροφας (από Le Cren).

Ένα χαρακτηριστικό του προβλήματος σχετικά με τον  $GSI^2$  (γοναδοσωματικό δείκτη) ο οποίος χρησιμοποιείται σαν δείκτη της γονιμότητας των ψαριών, είναι ότι δυο ψάρια τα οποία έχουν ίδιο βάρος γονάδας αλλά διαφορετικό βάρος σώματος θα έχουν και διαφορετικές τιμές του  $GSI$  (γεγονός που μειώνει την χρησιμότητά του σαν δείκτη). Αυτό το πρόβλημα οδήγησε τον Legler (1977) να δημιουργήσει το σχετικό βάρος γονάδας ( $Gr$ ) σαν :

$$Gr = (\text{Ovary weight} \times 100) / W_s$$

Όπου  $W_s$  είναι το βάρος του ψαριού που αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο μήκος σώματος. Όταν δεν είναι διαθέσιμες οι τιμές του  $W_s$ , τότε ένας άλλος δείκτης ο ( $G_n$ ) μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας αντί του  $W_s$  την παράσταση  $aL^b$  (παρονομαστής της εξίσωσης του σχετικού δείκτη ευρωστίας) ο οποίος είναι στατιστικά προτιμότερος από τον  $GSI$ . Αμφότεροι οι δείκτες  $Gr$  και  $G_n$  ενσωματώνουν τον

<sup>2</sup> Ο γοναδοσωματικός δείκτης ( $GSI$ ) ορίζεται ως το πηλίκο του βάρους της γονάδας του ψαριού ως προς το βάρος του σώματός του

παρονομαστή της εξίσωσης του σχετικού δείκτη ευρωστίας για ψάρια του ίδιου μήκους.

Μια από τις λειτουργίες του ήπατος είναι και η αποθήκευση γλυκογόνου, αυτή επηρεάζεται από το ρυθμό τροφοληψίας κατά τη διάρκεια μικρών χρονικών περιόδων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ένας δείκτης της τροφικής κατάστασης του ψαριού (Novinger 1973; Tyler and Dunn 1976). Ο ηπατοσωματικός δείκτης<sup>3</sup> (HSI or LSI) υπόκειται στους ίδιους περιορισμούς όπως και ο γοναδοσωματικός δείκτης. Γι αυτό το λόγο ο Legler (1977) πρότεινε το σχετικό ηπατοσωματικό δείκτη (Lr) σαν:

$$Lr = (\text{Liver weight} \times 100) / Ws$$

Ο οποίος προσφέρει τα ίδια πλεονεκτήματα με τον Gr. Ln είναι ο ηπατοσωματικός δείκτης ο οποίος υπολογίζεται ανάλογα με τον Gn.

---

<sup>3</sup> Ο ηπατοσωματικός δείκτης (LSI ή HSI) ορίζεται ως το πηλίκο του βάρους του συκωτιού ενός ψαριού ως προς το βάρος του σώματός του.

### **Εργασία αξιολόγησης**

Το θέμα της εργασίας αξιολόγησης ζητά από τους φοιτητές να πραγματοποιήσουν μια εργαστηριακή άσκηση. Τις μετρήσεις που θα λάβουν θα χρειαστεί να τις χρησιμοποιήσουν για να υπολογίσουν μια σειρά από παραμέτρους οι οποίες αναφέρονται στο εκπαιδευτικό υλικό.

Στόχος της εργασίας αξιολόγησης είναι να ελέγξει σε ποιο βαθμό οι φοιτητές έχουν πετύχει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα. Κατά συνέπεια καλύπτει όσο το δυνατόν περισσότερα από αυτά και στοχεύει στην αποτίμησή τους.

#### Θέμα εργασίας αξιολόγησης

*Να υπολογιστούν οι παράμετροι της κατά βάρος αύξησης του είδους *Rutilus ylikiensis* της λίμνης Τριχωνίδας (Δυτ. Ελλάδας).*

#### Οδηγίες για το φοιτητή

Ο φοιτητής θα παραλάβει τα εξής:

1. ένα δοχείο με 100 περίπου ψάρια και των δυο φύλων, συντηρημένα σε κατάλληλο συντηρητικό διάλυμα φορμόλης
2. ένα ζυγό ακριβείας ( $\pm 0.1$  γραμ)
3. ένα ιχθυόμετρο (ή εναλλακτικά ένα χάρακα πλαστικό)
4. ένα κουτί με όργανα ανατομίας που περιέχει ένα ανατομικό νυστέρι, μια λαβίδα, βελόνα ανατομίας.
5. Σχετική βιβλιογραφία

Τα παραπάνω υλικά και όργανα θα παραδοθούν ξανά μετά το πέρας της εργαστηριακής άσκησης.

Θα υπολογιστούν οι παράμετροι αύξησης και οι δείκτες ευρωστίας, θα παρουσιαστούν γραφικά οι μετρήσεις, θα γίνουν όλες οι δυνατές συγκρίσεις μεταξύ των δυο φύλων καθώς και μεταξύ των διαφόρων δεικτών και θα παρουσιαστούν γραφικά τα αποτελέσματα της μελέτης. Θα γραφούν τα αποτελέσματα και όπου είναι δυνατόν θα διατυπωθούν τα προκύπτοντα συμπεράσματα.