

1 | Τι είναι η βιοποικιλότητα;

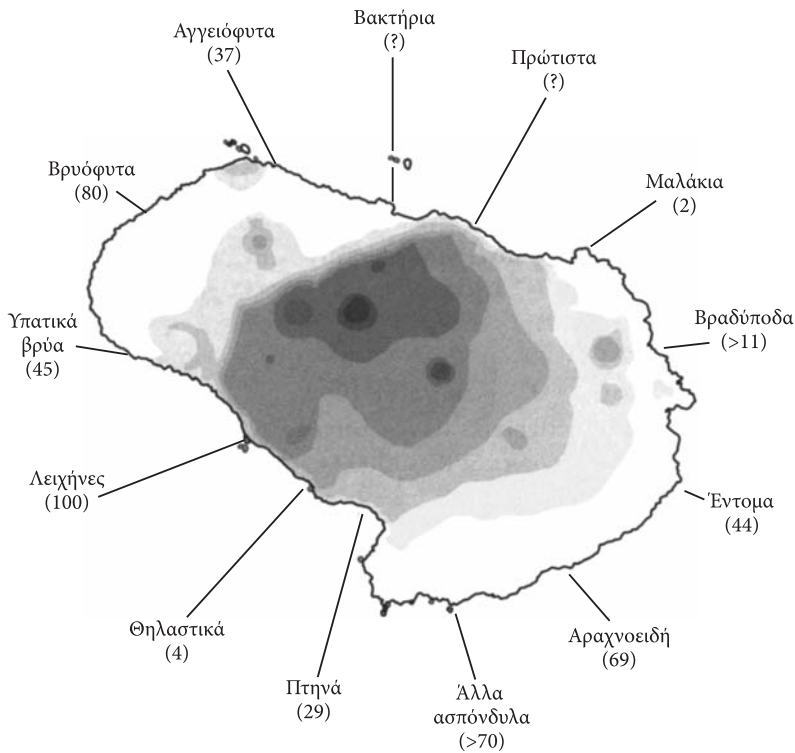
1.1 Το νησί Marion

Οι βιόκοσμοι ορισμένων περιοχών του κόσμου έχουν αποσπάσει δυσανάλογη προσοχή από τους βιολόγους. Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί το νησί Μάριον, το μεγαλύτερο από τα δύο νησιά που απαρτίζουν το αρχιπέλαγος του Πρίγκιπα Εδουάρδου. Πρόκειται για ένα μικρό σε έκταση (περίπου 290 km²) και απομονωμένο νησί (2.300 km νοτιοανατολικά του Κέιπ Τάουν, της Νοτίου Αφρικής), χωρίς μόνιμους κατοίκους. Το νησί αυτό, που βρίσκεται στο μέσον του Νοτίου Ωκεανού, έχει συχνά προκαλέσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων εξαιτίας των πανέμορφων (χαρισματικών) πουλιών και θηλαστικών που διαβιούν σε αυτό. Αποτελεί την κατοικία 50.000 θαλάσσιων ελεφάντων (elephant seals) και φωκεών (fur seals), και σχεδόν ενός εκατομμυρίου θαλάσσιων πτηνών όπως πγκουίνοι, άλμπατρος, θαλασσοβάτες και θαλασσοπούλια. Η πανίδα αυτή, όμως, αποτελεί μόνο εκείνη που πρωτοαντιμετωπίζει κάποιος επισκέπτης στη περιοχή, καθώς μια πιο εμπεριστατωμένη έρευνα αποκαλύπτει πολύ περισσότερα είδη οργανισμών. Υπάρχουν περίπου 150 γνωστά είδη ασπόνδυλων στα οποία περιλαμβάνονται 44 είδη εντόμων και περίπου 69 είδη αραχνοειδών. Η παρουσία μίας χαρακτηριστικής κλωρίδας που περιλαμβάνει 24 αυτόχθονα είδη, 13 είδη αγγειόσπερμων τα οποία εισήχθησαν στην περιοχή, καθώς και πάνω από 80 είδη βρύων, 45 είδη βρυόφυτων και 100 είδη λειχήνων είναι εμφανή.

Παρά τις εντατικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί, ένα μεγάλο μέρος της κλωρίδας και της πανίδας του νησιού Μάριον παραμένει άγνωστη. Κανείς δεν έχει μελετήσει ακόμα τους νηματώδεις (Nematoda), παρά το γεγονός ότι υπολογίζεται πως υπάρχουν περισσότερα από 50 είδη. Τα πρωτόζωα (Protista), τα βακτήρια και οι ιοί επίσης δεν έχουν ακόμη μελετηθεί. Πολλά από τα είδη που διαβιούν στο νησί θα πρέπει αναμφίβολα να σχετίζονται με παράσιτα, τα περισσότερα

όμως από τα οποία παραμένουν επίσης άγνωστα. Συνολικά υπάρχουν περισσότερα από 500 είδη οργανισμών που διαβιώνουν στο νησί Μάριον (Εικ. 1.1).

Καθένα από αυτά τα είδη αγγίζει μια διαφορετική πτυχή της εξελικτικής ιστορίας, της γενετικής, της μορφολογίας, της φυσιολογίας και της οικολογίας. Κάθε είδος επίσης περιλαμβάνει λιγότερο ή περισσότερο μερικές δεκάδες χιλιάδες ατόμων. Στην πραγματικότητα λίγα από τα άτομα αυτά διαβιούν στο ίδιο το νησί Μάριον (αν και ορισμένα είδη δεν εντοπίζονται σε κανένα άλλο μέρος του κόσμου), συνήθως εντοπίζονται σε ακτίνα μερικών εκατοντάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων διασκορπισμένοι σε ξηρά και θάλασσα. Τα περισσότερα από αυτά τα άτομα είναι μοναδικά από γενετική σκοπιά, ενώ το ίδιο ισχύει σε μικρότερο όμως βαθμό για τη μορφολογία, τη φυσιολογία και την οικολογία τους.



Εικ. 1.1. Καταγεγραμμένη πανίδα και κλωρίδα της νήσου Marion στην Υπο-Ανταρκτική, ένα από τα απομακρυσμένα νησιά του συμπλέγματος των νήσων Prince Edward. Η διαβαθμιζόμενες γκριζες αποχρώσεις υποδηλώνουν υψομετρικές διαβαθμίσεις. (Τα δεδομένα προέρχονται από διάφορες πηγές συμπεριλαμβανομένων εκείνων των Gremmen 1981, Hanel & Chow 1999, Gaston et al., 2001, Øvsredal & Gremmen 2001, S.L. Chown προσωπ. επικοινωνία)

Μια τέτοια ποικιλία ειδών δεν αποτελεί σπάνιο φαινόμενο στη γη. Παρά το μεγάλο ενδιαφέρον που παρουσιάζει το νησί Μάριον από την άποψη της βιολογικής ποικιλότητας αλλά και των οικολογικών διεργασιών (η βιολογική ποικιλότητα συμβάλει καθοριστικά στην οικολογική ισορροπία του νησιού, όπως για παράδειγμα παρέχεται τροφή σε ένα σημαντικό αριθμό πτηνών και θηλαστικών), δύσκολα θα καταγραφεί σε κάποιον κατάλογο γεωγραφικών τοποθεσιών με υψηλό δείκτη βιολογικής ποικιλότητας. Με βάση τα έως τώρα δεδομένα πρόκειται μάλλον για μια εξαιρετικά υποβαθμισμένη μικρή σε έκταση και απομονωμένη περιοχή, που χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες (μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα 5 °C), υγρασία (ετήσια βροχόπτωση >2,5 μ), ανέμους (θυελλώδεις άνεμοι πνέουν τουλάχιστο μία ώρα ανά σχεδόν τρεις μέρες), ενώ ήταν καλυμμένη με πάγους κατά τη διάρκεια των τελευταίων παγετώνων. Είναι προφανές ότι ο συνδυασμός των παραπάνω παραγόντων δεν το κατατάσσει στις «παραδείσιες» τοποθεσίες. Υπάρχουν πολλά μέρη στη γη με μεγαλύτερο αριθμό ειδών, τα άτομα των οποίων διαφέρουν πολύ μεταξύ τους σε μορφή και λειτουργία. Για παράδειγμα:

- 173 είδη λειχήνων έχουν καταγραφεί πάνω σε ένα μόνο δέντρο στο νησί Παπούα της Νέας Γουινέας (Arptroot 1997).
- 814 είδη δέντρων έχουν καταγραφεί σε μία έκταση 50 ha (εκταρίων) στη χερσόνησο της Μαλαισίας (Manokaran et al. 1992)
- 850 είδη ασπόνδυλων υπολογίζεται ότι ζουν σε μία αμμώδη ακτή της Βόρειας Θάλασσας (Armonies & Reise 2000).
- Περίπου 1.300 είδη πεταλούδων έχουν καταγραφεί σε πέντε αποστολές επιστημόνων, με διάρκεια λιγότερο από τρεις βδομάδες η καθεμιά, σε μια περιοχή <4000 ha της Βραζιλίας (Robbins & Opler 1997).
- 245 είδη πουλιών έχουν καταγραφεί ως κάτοικοι σε εκτάσεις 97 ha του Περού (Terborgh et al. 1990).
- Περισσότερα από 200 είδη θηλαστικών είναι δυνατό να ζουν σε ορισμένες περιοχές των δασών του Αμαζονίου (Voss & Emmons 1996)
- 55-135 είδη ζώων έχουν καταγραφεί σε δειγματοληπτικά πλαίσια επιφάνειας 30×30 cm σε βάθη των 2.100 m των ωκεανών (Grassle & Maciolek 1992).

1.2 Τι είναι η βιοποικιλότητα;

Κατά λέξη, βιολογική ποικιλότητα ή βιοποικιλότητα είναι η «ποικιλία της ζωής» σε όλα τα επίπεδα βιολογικής οργάνωσης στη γη. Είναι δυνατό, για παράδειγμα, να αναφέρεται κανείς είτε σε μια μικρή ή μεγάλη έκταση στο νησί Μάριον, είτε σε ολόκληρο το νησί είτε στα νησιά του νότιου ωκεανού, είτε σε μια

ήπειρο ή ακόμη και σε ολόκληρη τη γη. Υπάρχουν αρκετοί ακόμα δημοσιευμένοι ορισμοί που έχουν προταθεί επίσημα για τη «βιολογική ποικιλότητα» ή «βιοποικιλότητα» (στο παρόν βιβλίο θα χρησιμοποιήσουμε τους δύο αυτούς όρους αδιάκριτα), οι οποίοι διασαφηνίζουν ουσιαστικά τον παραπάνω σύντομο ορισμό (ο DeLong 1996 απαριθμεί 85 τέτοιους ορισμούς!). Από όλους αυτούς, ο περισσότερο ίσως σημαντικός και εύστοχος είναι αυτός που περιλαμβάνεται στη Συνθήκη του Ρίο για τη Βιολογική Ποικιλότητα (Άρθρο 2). Πρόκειται για μια συμφωνία-ορόσημο την οποία υπέγραψαν περισσότερα από 150 κράτη του κόσμου στις 5 Ιουνίου του 1992 στη Διάσκεψη Κορυφής των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, που έγινε στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας (Rio de Janeiro). Η Συνθήκη τέθηκε σε ισχύ έπειτα από περίπου 18 μήνες (παρακάτω θα αναφερόμαστε σε αυτήν ως «Συνθήκη». Γενικότερα, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται πολύ συχνά με το ακρωνύμιό της CBD = Convention on Biological Diversity).

Η Συνθήκη αναφέρει ότι:

Ως «βιολογική ποικιλότητα» ορίζεται η ποικιλομορφία που εμφανίζεται σε όλα τα είδη των ζωντανών οργανισμών που εντοπίζονται μεταξύ των άλλων στα χερσαία, θαλάσσια και διάφορα άλλα υδάτινα οικοσυστήματα καθώς και στα οικολογικά συμπλέγματα που στελεχώνονται από τους οργανισμούς αυτούς. Ο ορισμός αυτός περιλαμβάνει την ποικιλότητα μέσα σε ένα είδος, μεταξύ διαφορετικών ειδών και μεταξύ των οικοσυστημάτων.

Απλοποιώντας τα παραπάνω, βιοποικιλότητα είναι η ποικιλομορφία της ζωής, σε όλες τις εκφάνσεις της. Στην ευρύτερή της διάσταση η βιοποικιλότητα ενσωματώνει όλους τους τύπους, τα επίπεδα και τους συνδυασμούς της διαφοροποίησης των έμβιων όντων στη φύση.

Προκειμένου να μελετήσουμε τη βιοποικιλότητα θα διευρύνουμε τον ορισμό που της δίνει η Συνθήκη λαμβάνοντας υπόψη έναν επιπλέον παράγοντα. Ο ορισμός, ως έχει, δεν συμπεριλαμβάνει την αξιοθαύμαστη ποικιλομορφία της ζωής που υπήρξε στο παρελθόν, και η οποία καταγράφεται ξεκάθαρα στα απολιθώματα (αυτά συνιστούν το αρχείο των απολιθωμάτων). Για να ικνηλατήσουμε, ωστόσο, την προέλευση της βιοποικιλότητας της εποχής μας είναι αναγκαίο, όπως θα δούμε, να αναδιφήσουμε το παρελθόν (βλ. Κεφάλαιο 2). Επομένως, για την αποφυγή περαιτέρω συγχύσεων, τονίζουμε στο σημείο αυτό ότι από την δική μας πλευρά ερμηνεύουμε τον ορισμό με τρόπο που να εμπερικλείει σαφώς την ποικιλομορφία όλων των οργανισμών που έχουν ζήσει στο παρελθόν, και όχι μόνον αυτών που επιβιώνουν μέχρι σήμερα.

Μολοντί ο παραπάνω ορισμός φαίνεται να έχει περισσότερο θεωρητική

αξία, η ίδια η Συνθήκη που τον δημιούργησε όχι μόνο δεν μένει σε θεωρητικό επίπεδο, αλλά προχωρεί παραπέρα διασαφηνίζοντας άμεσα τους σκοπούς της (Άρθρο 1):

...η διατήρηση της βιοποικιλότητας, η αειφόρος χρήση των συστατικών της και η δίκαιη και ισομερής κατανομή των ωφελειών που προκύπτουν από την αξιοποίηση των γενετικών πόρων, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που προκύπτουν από την κατάλληλη πρόσβαση στο γονιδίωμα και εκείνων που προέρχονται από κατάλληλη μεταφορά ανάλογων τεχνολογιών, λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη όλα τα δικαιώματα πάνω σε αυτούς τους πόρους και τις τεχνολογίες, και αυτών που προκύπτουν από κατάλληλη χρηματοδότηση.

Ομοίως, η χρήση του όρου «βιοποικιλότητα» είναι συχνά φορτισμένη με την έννοια της αξίας. Θεωρείται πλέον ένας από τους βασικότερους σταθεροποιητικούς παράγοντες στη φύση με μεγάλη σπουδαιότητα και αξία, ενώ η απώλεια της για πολλούς επιστήμονες προμηνύει πολλά δεινά. Επομένως είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι η βιοποικιλότητα ως έννοια εμπεριέχει πολλές επιπλέον παραμέτρους από όσες τις αποδίδει ο επίσημος ορισμός της Συνθήκης και ότι η χρήση του όρου σήμερα σχετίζεται συχνά με τις αξίες και τα ιδανικά εκείνου που τον χρησιμοποιεί (βλ. υποκ. 1.4.2 και Κεφ. 4). Το στοιχείο αυτό θα πρέπει να το έχουμε υπόψη μας κάθε φορά που θα εξετάζουμε τις απόψεις ή τις θέσεις όσων ασχολούνται με τη βιοποικιλότητα, πολύ περισσότερο σήμερα που ο όρος ακούγεται συχνά όχι μόνο σε επιστημονικές ανακοινώσεις αλλά και σε ενημερωτικές εκπομπές, ενώ ολοένα και μεγαλύτερη σημασία αποδίδεται σε αυτόν από τις οικολογικές οργανώσεις, τους πολιτικούς, τους οικονομολόγους αλλά και από τους απλούς πολίτες. Οι περισσότεροι θεωρούν ότι ο όρος «βιοποικιλότητα» εκλαμβάνεται από όλους με τον ίδιο τρόπο, δίχως όμως να ισχύει αυτό, απαραιτήτως, στην πραγματικότητα.

1.3 Συστατικά βιοποικιλότητας

Η ποικιλομορφία της ζωής εκφράζεται με πάρα πολλούς τρόπους. Βασική προϋπόθεση για την κατανόηση της ποικιλομορφίας αποτελεί η διάκριση των τριών βασικών δομικών επιπέδων που την συγκροτούν. Τα επίπεδα αυτά είναι α) η γενετική ποικιλότητα, β) η ταξινομική ποικιλότητα και γ) η οικολογική ποικιλότητα (Πίνακας 1.1). Η γενετική ποικιλότητα εμπερικλείει τα στοιχεία του γενετικού κώδικα που δομεί τους οργανισμούς (νουκλεοτίδια, γονίδια, χρωμοσώματα) και τις διαφοροποιήσεις στο γενετικό υλικό μεταξύ των ατόμων ενός πληθυσμού και εκείνες μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών. Η Ταξινομική ποικιλότητα εμπερικλείει την ταξινομική ιεραρχία και τα στοιχεία της, από τα

Πίνακας 1.1. Επίπεδα της βιοποικιλότητας και τα συστατικά που τις συγκροτούν. (Heywood & Baste 1995)

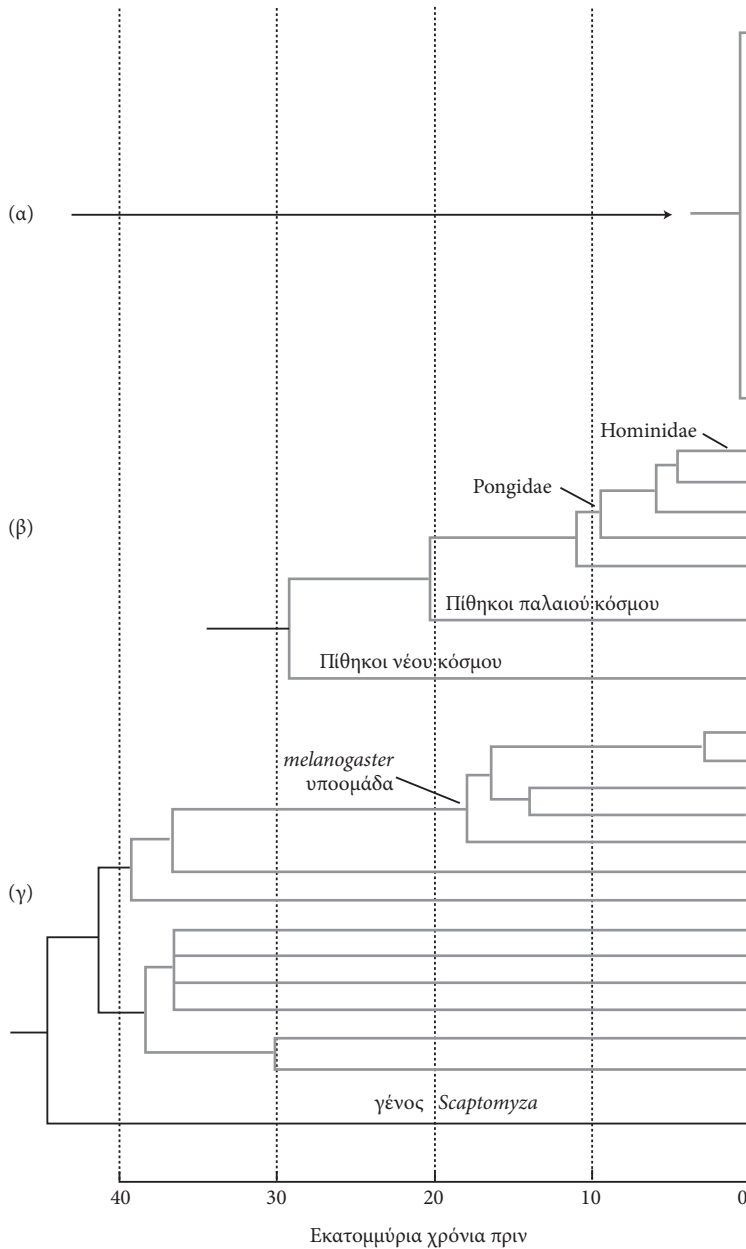
Οικολογική ποικιλότητα	Γενετική ποικιλότητα	Ταξινομική ποικιλότητα
Βιοχώροι		Βασίλεια
Βιοπεριοχές		Φύλα
Τοπία		Οικογένειες
Οικοσυστήματα		Γένη
Ενδιαιτήματα		Είδη
Θώκοι		Υποείδη
Πληθυσμοί	Πληθυσμοί	Πληθυσμοί
	Άτομα	Άτομα
	Χρωμοσώματα	
	Γονίδια	
	Νουκλεοτίδια	

άτομα μέχρι τα είδη, από τα γένη μέχρι και τα Βασίλεια. Η οικολογική ποικιλότητα, τέλος, εμπεριέχει όλα τα επίπεδα των οικολογικών διαφοροποιήσεων από τους πληθυσμούς, τους θώκους, τα ενδιαιτήματα έως τους βιοχώρους. Παρά το γεγονός ότι τα τρία επίπεδα εμφανίζονται ξεχωριστά το ένα από το άλλο, είναι δυνατό να υπάρχουν μεταξύ τους πολλά σημεία σύγκλισης (π.χ. οι πληθυσμοί που αποτελούν κοινό στοιχείο και των τριών επιπέδων).

Κάποια από τα συστατικά αυτά των επιπέδων ορίζονται απλούστερα και καλύτερα από άλλα. Για παράδειγμα τα συστατικά της γενετικής ποικιλότητας, όπως είναι τα νουκλεοτίδια, τα γονίδια και τα χρωμοσώματα που τα συνθέτουν, διακρίνονται εύκολα μεταξύ τους. Τα πράγματα, όμως, δεν είναι το ίδιο ξεκάθαρα όταν περνάμε στο επίπεδο των ατόμων και των πληθυσμών, καθώς υπεισέρχονται δυσκολίες όπως αυτές που προκαλεί η ύπαρξη αποικιακών οργανισμών και η αδυναμία προσδιορισμού της διασποράς των πληθυσμών. Όσον αφορά στην ταξινομική ποικιλότητα, τα περισσότερα συστατικά γίνονται καλύτερα αντιληπτά ως τεχνητά στοιχεία φτιαγμένα με κατάλληλο τρόπο από τον άνθρωπο, με σκοπό την κατηγοριοποίηση ατόμων που συγκροτούν σύνολα και που συνδέονται μεταξύ τους εξελικτικά (αν και δεν συμβαίνει πάντοτε αυτό). Για παράδειγμα, υπάρχει ακόμη η διαμάχη σχετικά με τον ακριβή αριθμό των βασιλείων των έμβιων οργανισμών. Πρόσφατα προτάθηκε ένα «φυσικό» σύστημα κατάταξης των οργανισμών σε τρεις κύριες ομάδες [(Βακτήρια και Αρχαία (Προκαριωτικοί = Prokaryotes) και Ευκαριωτικοί (Eukarya)], το οποίο σταδιακά γίνεται αποδεκτό. Όταν αναφερόμαστε σε τάξεις, οικογένειες, γένη και είδη διαφορετικών ομάδων αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι συγκρίνουμε όμοια πράγματα, παρά το γεγονός ότι μέσα σε ένα ευρύτερο σύνολο παραδειγ-

μάτων του ίδιου ταξινομικού επιπέδου (π.χ. διαφορετικά γένη) μπορεί να υπάρχουν συγκρίσιμα στοιχεία. Έτσι, πρόσφατα αποδείχτηκε ότι μερικά είδη που κατανέμονται σε διαφορετικά γένη των ψαριών κιχλίδες (*Cichlidae*) έχουν κοινούς προγόνους εδώ και μερικές χιλιάδες χρόνια. Σε κάποια άλλα είδη που καταχωρήθηκαν σε διαφορετικές οικογένειες πρωτευόντων θηλαστικών, διαχωρίστηκαν εδώ και μερικά εκατομμύρια χρόνια, ενώ μερικά είδη του γένους *Drosophila* διαχωρίστηκαν πριν από τουλάχιστο 40 εκατομμύρια χρόνια (Εικ. 1.2) Ακόμα και η ύπαρξη και η αναγνώριση ενός είδους, που εδώ και πολλά χρόνια θεωρείται από τα κρίσιμα ζητήματα της βιολογίας, συγκεντρώνει συχνά αντίρροπες απόψεις, γύρω από τις οποίες αναπτύσσεται κατά καιρούς πλήθος δημοσιευμάτων και συζητήσεων (Πίνακας 1.2 – Ενότητα 1.4.4). Τέλος, το πιο δύσκολο, ίσως, εγχείρημα αφορά τον ακριβή προσδιορισμό των διάφορων συστατικών που συγκροτούν την οικολογική ποικιλότητα. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα συστατικά αυτά παρέχουν ωφέλιμο “επιμερισμό” της συνέχειας που έχουν από τη φύση τους τα φαινόμενα. Είναι ωστόσο, δύσκολο να τα διακρίνουμε δίχως να διαθέτουμε επαρκή πληροφόρηση για το τι τελικά ορίζουν κάποιοι αναγκαίοι ρυθμιστικοί κανόνες. Για παράδειγμα, ενώ είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η δυνατότητα διάκρισης των διάφορων ενδιατημάτων, εντούτοις δεν είναι πάντα ξεκάθαρο πού ακριβώς τελειώνει το ένα και που αρχίζει το άλλο, καθώς στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν τέτοιου είδους όρια (σύνορα).

Είναι πράγματι δύσκολο να προσδιορίσουμε επακριβώς αρκετά από τα συστατικά των τριών επιπέδων της βιοποικιλότητας, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις εκείνες όπου αυτά δεν έχουν βιολογική οντότητα. Ο προσδιορισμός τους ωστόσο είναι απαραίτητος καθώς αποτελούν χρήσιμα και σημαντικά εργαλεία στην κατανόηση και τη μελέτη της βιοποικιλότητας. Αξίζει μάλιστα να τονιστεί ότι τα συστατικά της βιοποικιλότητας, με όποιον τρόπο και αν οριστούν, δεν λειτουργούν αυτόνομα και ανεξάρτητα. Μέσα σε κάθε επίπεδο της βιοποικιλότητας (γενετική, ταξινομική και οικολογική) τα συστατικά δημιουργούν εσωτερικές ιεραρχίες (βλ. Πίν. 1.1) γεγονός που καθιστά ακόμη πιο σχηματική την πολυπλοκότητα της βιοποικιλότητας. Έτσι, για παράδειγμα, η γενετική ποικιλότητα των πληθυσμών περιέχει άτομα που το καθένα έχει το δικό του σύνολο χρωμοσωμάτων. Τα χρωμοσώματα, με τη σειρά τους, αποτελούνται από έναν αριθμό γονιδίων, που κι αυτά αποτελούνται από νουκλεοτίδια. Ομοίως, παρατηρούμε μέσα στην ταξινομική ποικιλότητα βασιλεία, φύλα, οικογένειες, γένη, είδη, υποείδη, πληθυσμούς και άτομα να σχηματίζουν μια εσωτερική ιεραρχία στην οποία όλα τα στοιχεία των κατώτερων διαβαθμίσεων διαθέτουν ομόλογα στοιχεία στις ανώτερες διαβαθμίσεις. Αυτή η ιεραρχική οργάνωση της βιοποικιλότητας αντανακλά αντιστοίχως και μία από τις θεμελιώδεις αρχές οργάνωσης της σύγχρονης βιολογίας.



Εικόνα 1.2. Παραδείγματα διασποράς των ταξινομικών ομάδων σε μία αντιπροσωπευτική ιεραρχική ταξινόμηση (α) κυκλίδες ψάρια της λίμνης Βικτόρια (14 είδη σε 9 γένη), (β) ανθρωποειδή πρωτεύοντα (7 είδη ορισμένων οικογενειών) και (γ) του γένους *Drosophila* (13 είδη). (από Avise & Johns 1999)

Πίνακας 1.2. (α) Έννοιες του είδους και (β) η ισχύς των χαρακτηριστικών τους. (προσαρμοσμένα από Birsby 1995)

α. Θεωρήσεις της έννοιας του είδους

1. **Βιολογικό είδος:** ομάδα φυσικών πληθυσμών που μπορούν να διασταυρωθούν μεταξύ τους αλλά δεν μπορούν να ζευγαρώσουν ή να αναπαραχθούν επιτυχώς με άλλες τέτοιες ομάδες. Εδώ θα μπορούσε να προσθέσει κάποιος, ότι οι πληθυσμοί αυτοί καταλαμβάνουν ένα συγκεκριμένο ενδιαίτημα.
2. **Είδος συνάφειας** (Είδος ορισμένο μέσω συνάφειας): η μικρότερη ομάδα συναφών ατόμων που έχουν κοινούς συναφείς εσωτερικούς μηχανισμούς (π.χ. ικανότητα διασταύρωσης ή κοινό ενδιαίτημα).
3. **Οικολογικό είδος:** γενεαλογική σειρά η οποία καταλαμβάνει κάποια προσαρμοστική ζώνη διαφορετική κατά κάποιον τρόπο από εκείνη μιας οποιασδήποτε άλλης τέτοιας σειράς και η οποία εξελίσσεται ξεχωριστά από όλες τις σειρές που βρίσκονται εκτός του εύρους της προσαρμοστικής ζώνης.
4. **Εξελικτικό είδος:** μοναδική γενεαλογική σειρά πληθυσμών που διαθέτουν προγόνους διαφορετικούς από άλλες γενεαλογικές σειρές και η οποία έχει ιδιαίτερες εξελικτικές τάσεις και ιστορική μοίρα.
5. **Μορφολογικό είδος:** Πρόκειται για τους μικρότερους φυσικούς πληθυσμούς που βρίσκονται μόνιμως χωριστά ο ένας από τον άλλο, λόγω κάποιας ευδιάκριτης ασυνέχειας των κληρονομίσιμων χαρακτηριστικών (π.χ. μορφολογία, συμπεριφορά, βιοχημεία, κ.ά.).
6. **Φυλογενετικό είδος:** η μικρότερη ομάδα οργανισμών που ξεχωρίζει διαγνωστικά από άλλες τέτοιες ομάδες, μέσα στην οποία υπάρχει γενεαλογικό πρότυπο καταγωγής.
7. **Είδος αναγνώρισης** (Είδος ορισμένο μέσω αναγνώρισης): ομάδα οργανισμών που αναγνωρίζονται μεταξύ τους με σκοπό το ζευγάρωμα και τη γονιμοποίηση.

(β)

Θεωρήσεις της Έννοιας του Είδους	Πρακτική εφαρμογή	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα
Βιολογικό είδος	Δυσχερής	Δημοφιλής, που δεν αφορά οργανισμούς που αναπαράγονται αγενώς, με πολύπλοκους άλλους τρόπους αναπαραγωγής οι οποίοι αυξάνουν τους φυσικούς υβριδισμούς και πολυπλοειδείς κ.ά.
Είδος συνάφειας	Δυσχερής	Η συνάφεια δεν αναγνωρίζεται εύκολα
Οικολογικό είδος	Δυσχερής	Οι ζώνες προσαρμογής δεν είναι εύκολα προσδιορίσιμες, προϋποθέτει δύο είδη που δεν μπορεί να κατέχουν τον ίδιο θώκο για μικρό χρονικό διάστημα
Εξελικτικό είδος	Δυσχερής	Τα κριτήριά του είναι ασαφή και δύσκολο να παρατηρηθούν
Μορφολογικό είδος	Συνήθης	Τα μορφολογικά κριτήρια δεν αντανακλούν πραγματικούς δεσμούς /σχέσεις μεταξύ των οργανισμών σε ομάδες
Φυλογενετικό είδος	Αυξανόμενη	Προσφέρει τη δυνατότητα αναγνώρισης πολλών νέων ειδών από ότι παραδοσιακά θεωρούμε
Είδος αναγνώρισης	Δυσχερής	Σε πολλούς πληθυσμούς είναι δύσκολο να εντοπιστούν τα εν δυνάμει ζεύγη

Ένα άλλο σημείο έντονης διχογνωμίας είναι αν κάποιο από τα στοιχεία της βιοποικιλότητας, από ένα ή όλα τα επίπεδά της, μπορεί να θεωρηθεί κατά κάποιο τρόπο ως το πιο θεμελιώδες, το πιο απαραίτητο ή ακόμη και το πιο φυσικό. Για μερικούς επιστήμονες τα γονίδια είναι η βασική μονάδα της ζωής. Στην πράξη, ωστόσο, το είδος είναι αυτό που πιο συχνά θεωρείται το θεμελιώδες στοιχείο της βιοποικιλότητας. Σε κάποιο άλλο σημείο παρακάτω θα εξετάσουμε αν μια τέτοια θεώρηση είναι χρήσιμη, ανεξαρτήτως αν είναι σωστή ή όχι (Ενότητα 1. 4. 4).

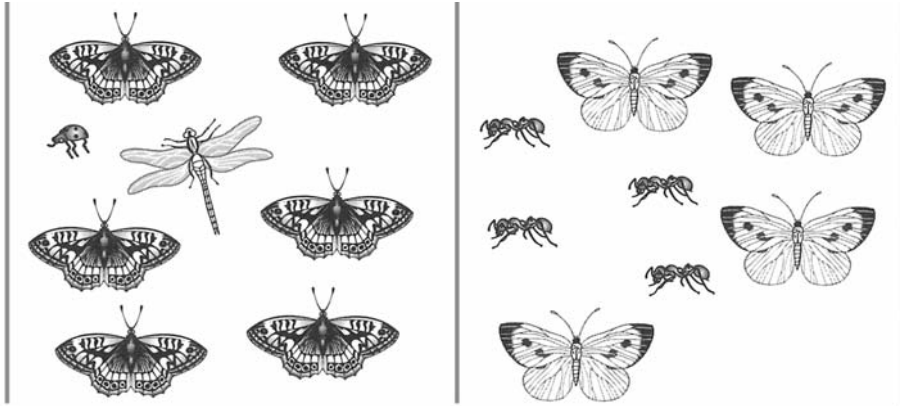
1.4 Μέτρηση της βιοποικιλότητας

1.4.1 Αριθμοί και διαφοροποίηση

Η έννοια της βιοποικιλότητας είναι χρήσιμη για πολλούς λόγους, κυρίως όμως επειδή μας παρέχει μια πολύτιμη όσο και σύντομη έκφραση για ένα εξαιρετικά πολύπλοκο φαινόμενο. Προκειμένου όμως η βιοποικιλότητα να έχει ευρύτερη εφαρμογή, πρέπει να είμαστε σε θέση να την μετρήσουμε, δηλαδή να την «ποσοτικοποιήσουμε» κατά κάποιον τρόπο. Μόνο σε αυτήν την περίπτωση θα μπορούμε να θέσουμε κάποια θεμελιώδη ερωτήματα που σχετίζονται με την αλλαγή της βιοποικιλότητας στη διάρκεια του χρόνου, τις συνθήκες εμφάνισής της και τους τρόπους διατήρησής της.

Με βάση τα όσα διατυπώθηκαν προηγουμένως σε σχέση με τον ορισμό της βιοποικιλότητας είναι επίσης φανερό πως καμία μεμονωμένη μέτρησή της δεν θα είναι ικανοποιητική ή αντιπροσωπευτική. Μάλιστα, με δεδομένη την πολυπλοκότητά της, θα ήταν εντελώς άστοχο να πιστέψει κανείς ότι η ποικιλομορφία της ζωής σε μια περιοχή της γης, όσο μεγάλη ή μικρή έκταση κι αν έχει αυτή, είναι δυνατό να αποδοθεί με έναν μόνο αριθμό. Οι μετρήσεις της ποικιλότητας γενικότερα, και όχι αποκλειστικά της βιοποικιλότητας, εντοπίζονται συνήθως σε κείμενα που αναφέρονται κυρίως σε θέματα οικολογίας. Πολλές από αυτές τις μετρήσεις περιλαμβάνουν δύο συνιστώσες: τον αριθμό των οντοτήτων και το βαθμό διαφοροποίησής τους (ανομοιότητα). Για παράδειγμα, η αφθονία των ειδών (ο αριθμός των ειδών) δίνει έμφαση στον αριθμό των συστατικών. Αν όμως μετρήσουμε καθένα από αυτά τα είδη με βάση τον αριθμό των ατόμων, θα μπορούσαμε να συγχωνεύσουμε σε μια μονάδα μέτρησης τη διαφορά που εμφανίζουν μεταξύ τους οι τιμές του αριθμού των ατόμων (Εικ. 1.3). Στην περίπτωση της βιοποικιλότητας οι οντότητες αποτελούν ένα από τα στοιχεία της εκτίμησής της.

Στη μέτρηση αυτής καθαυτής της βιοποικιλότητας, το εύρος των μεθόδων με τις οποίες μπορούν να καταγραφούν οι διαφορές είναι δυνητικά απεριόριστο. Αρκεί, ενδεικτικά, να αναλογιστεί κανείς τις μεθόδους με τις οποίες θα



Εικόνα 1.3. Δύο δείγματα εντόμων από διαφορετικές περιοχές, για τα οποία παρουσιάζονται δύο από τις πολλές μετρήσεις της βιοποικιλότητας: αφθονία ειδών και ομοιομορφία ειδών. Το δείγμα Α μπορεί να περιγραφεί ως το πιο ποικιλόμορφο καθώς περιέχει τρία είδη ενώ το δείγμα Β περιέχει μόνο δύο. Όμως στο δείγμα Β υπάρχουν λιγότερες πιθανότητες από το δείγμα Α στο να επιλεγθούν τυχαία δύο άτομα που να ανήκουν στο ίδιο είδος. (από Purvis & Hector 2000)

μπορούσε να διακρίνει δύο είδη μεταξύ τους. Οι μέθοδοι αυτές θα μπορούσαν να συμπεριλάβουν στοιχεία της βιοχημείας των ειδών, της βιογεωγραφίας, της οικολογίας, της γενετικής, της μορφολογίας και της φυσιολογίας τους ή ακόμα και του οικολογικού ρόλου που παίζουν μέσα σε μια συγκεκριμένη κοινότητα (θρυμματοφάγος, αποικοδομητής, θηρευτής κ.ά.). Αποτέλεσμα, συνεπώς, της ποικιλομορφίας των στοιχείων της βιοποικιλότητας και των διαφορών ανάμεσά τους, είναι να μην υπάρχει μία αποκλειστική μέθοδος που να καλύπτει συνολικά τη μέτρησή της —και, ίσως, ούτε θα υπάρξει ποτέ! Αυτό σημαίνει ότι είναι αδύνατο να αποφανθούμε κατηγορηματικά ποια είναι η βιοποικιλότητα μιας περιοχής ή μιας ομάδας οργανισμών. Αντιθέτως, εφικτές είναι μόνον οι μετρήσεις κάποιων επιμέρους στοιχείων, αλλά και σε αυτήν την περίπτωση τέτοιες μετρήσεις είναι κατάλληλες για συγκεκριμένους μόνο σκοπούς.

1.4.1 Αριθμοί και διαφοροποίηση

Παρά το γεγονός ότι η παραπάνω σκέψη δεν μας ικανοποιεί πλήρως, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι συμβάλλει σε σημαντικό βαθμό (αν και αυτό δεν γίνεται αντιληπτό), ώστε να καταστούν λειτουργικές πολλές άλλες έννοιες. Το θέμα των σύνθετων συστημάτων, για παράδειγμα, προσελκύει μεγάλο ενδιαφέρον σε ένα ευρύ φάσμα ερευνητικών πεδίων (συμπεριλαμβανομένης και

της φυσικής), με αποτέλεσμα να μην υπάρχει μία και μοναδική μονάδα μέτρησης για την εκτίμηση της πολυπλοκότητας (ή και της απλότητας σε αυτό το θέμα). Αντιθέτως, υπάρχουν πολλές μονάδες μέτρησης (δίχως όμως κάποια από αυτές να είναι απαραίτητως ορθότερη από την άλλη) οι οποίες ποσοτικοποιούν αρκετά διαφορετικά πράγματα. Ας εξετάσουμε, για παράδειγμα, την έννοια του σωματικού μεγέθους που χρησιμοποιείται ευρύτατα στη βιολογία. Γνωρίζουμε ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στο σωματικό μέγεθος και το γεωγραφικό πλάτος (οι μεγαλύτερες πεταλούδες βρίσκονται στις τροπικές περιοχές) όπως επίσης και ανάμεσα στο σωματικό μέγεθος και την αφθονία (οι ελέφαντες είναι πιο σπάνιοι από τα ποντίκια). Όλα αυτά όμως δεν ισχύουν όταν εξετάζουμε το μέγεθος του σώματος ενός οργανισμού. Στην περίπτωση αυτή το μέγεθος μπορεί να εκφραστεί (και εκφράζεται) με ποικίλους τρόπους, κανένας όμως από τους οποίους δεν έχει εμφανή και λογική προτεραιότητα έναντι των άλλων. Αναλογιστείτε δύο άτομα που έχουν την ίδια σωματική μάζα αλλά διαφέρουν στις γραμμικές τους διαστάσεις (σωματότυπο). Ποιο από αυτά είναι μεγαλύτερο;

1.4.2 Αξία

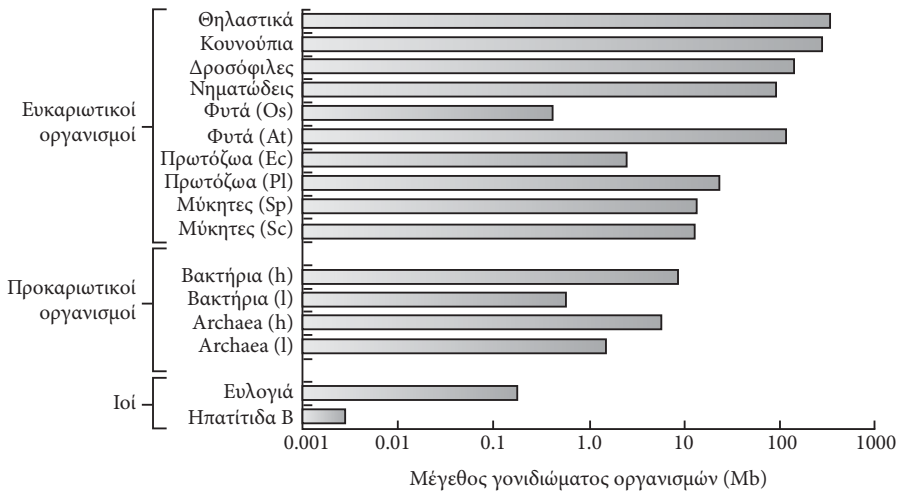
Οι μετρήσεις της βιοποικιλότητας αποτελούν συνήθως το γνώμονα του γενικότερου σχεδιασμού της αλλά και της αναζήτησης των τρόπων για τη διατήρησή της. Με βάση όσα αναφέρθηκαν έχει καταστεί πλέον σαφές ότι η επιλογή της μεθόδου μέτρησης για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας δεν είναι ανεξάρτητη του αποτελέσματος και, κατά συνέπεια, των δικών μας πορισμάτων. Διαφορετικές μετρήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικές απαντήσεις. Επίσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό να έχουμε υπόψη ότι αν εστιάσουμε την προσοχή μας σε κάποιο συγκεκριμένο στοιχείο της βιοποικιλότητας θα προσδώσουμε εκ των πραγμάτων διαφορετική αξία σε μια μερική άποψη της ποικιλομορφίας της ζωής. Τόσο αυτό που μετρούμε όσο και ο τρόπος με τον οποίο το μετρούμε φανερώνουν σε ποιο στοιχείο δίνουμε μεγαλύτερη αξία. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιήσουμε ως μονάδα μέτρησης την οικολογική διαφοροποίηση ως βάση για τη λήψη αποφάσεων, αυτό υποδηλώνει ότι η οικολογική διάσταση της βιοποικιλότητας έχει και τη μεγαλύτερη σημασία για εμάς.

1.4.3 Ο κρίσιμος παράγοντας της γενετικής ποικιλότητας

Είναι γενικά αποδεκτό ότι ένα καθοριστικό στοιχείο της βιοποικιλότητας είναι η γενετική ποικιλότητα. Αυτή μπορεί να μετρηθεί είτε με άμεσο (με την αναγνώριση και την καταγραφή των αποκλίσεων στα νουκλεοτίδια, τα γονίδια και τα χρωμοσώματα, βλ. Πίνακα 1.1) ή με έμμεσο τρόπο (ποσοτικοποιώντας τις αποκλίσεις σε φαινοτυπικά χαρακτηριστικά που δείχνουν —ή φαίνεται ότι δεί-

χνουν — να έχουν γενετική βάση). Τα γονίδια αποτελούνται από σειρές νουκλεοτιδίων (DNA). Ο συνολικός αριθμός, η θέση και η ταυτότητα (υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι) των νουκλεοτιδίων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κωδικοποίηση των βιολογικών πληροφοριών. Συνεπώς, η καταγραφή της αλληλουχίας των νουκλεοτιδίων θεωρείται βάσιμα μια από τις σημαντικότερες μετρήσεις της γενετικής ποικιλότητας, μολονότι μια σειρά άλλων τεχνικών ανάλυσης του DNA παρέχουν επίσης πολλές δυνατότητες μέτρησης (Πολυμορφισμός Μήκους Περιοριστικών Θραυσμάτων —RFLP, Restriction fragment length polymorphism—, Γενετική Αποτύπωση —DNA fingerprinting—, Τυχαία Ενίσχυση Πολυμορφικού DNA —random amplified polymorphic DNAs (RAPDs)—, ποικιλομορφία στο μικροδορυφορικό DNA —microsatellite variation) ανάλογα, πάντα με το ερώτημα που τίθεται εξαρχής.

Μεγάλες αποκλίσεις διαπιστώνονται στο μέγεθος και τη σύσταση του μικρού, πλην ολόενα αυξανόμενου, αριθμού των γονιδιωματικών αλληλουχιών που έχουν καταγραφεί ως σήμερα (Εικ. 1.4). Σε γενικές γραμμές οι πολυκυτταρικοί οργανισμοί διαθέτουν, συνήθως, περισσότερο DNA από τους μονοκύτταρους οργανισμούς με ορισμένες όμως εξαιρέσεις. Ομοίως, ενώ το μέγεθος του γονιδιώμα-

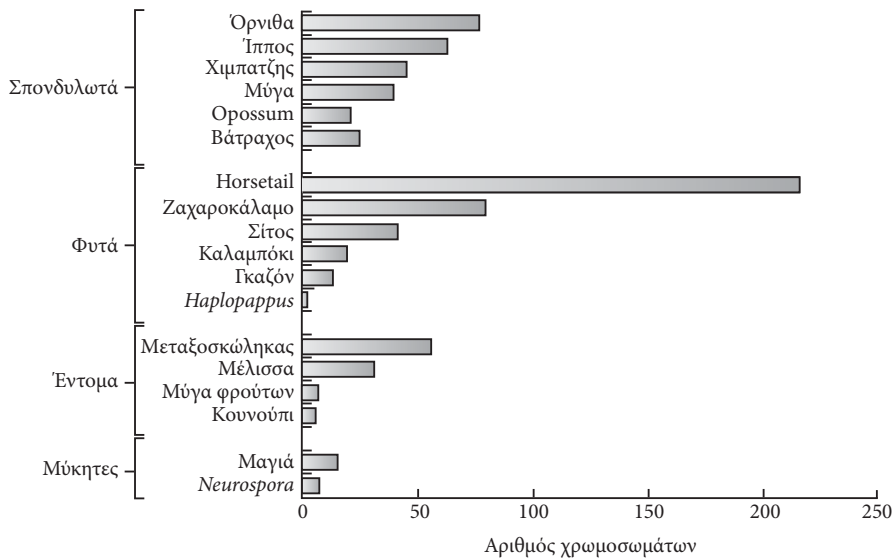


Εικόνα 1.4. Μεγέθη του γονιδιώματος οργανισμών και ιών των οποίων οι αλληλουχίες έχουν ήδη καταγραφεί (δεδομένα από το Genome Monitoring Table at <http://www2.ebi.ac.uk/genomes/mot> και Genomes online database <http://wit.intergratedgenomics.com./GOLD>). (όπου I, χαμηλές τιμές για την ομάδα και h, ψηλές τιμές για την ομάδα: Os, *Oryza sativa*, At, *Arabidopsis thaliana*, Ec, *Encephalitozoon cuniculi*, Pl, *Plasmodium falciparum*, Sp, *Schizosaccharomyces pombe*, Sc, *Saccharomyces cerevisiae*).

τος παρουσιάζει γενικά την τάση να αυξάνεται όσο αυξάνεται και η μορφολογική του πολυπλοκότητα, αυτό δεν συμβαίνει απαραίτητα. Για παράδειγμα σε ψάρι της υπέρταξης *Dipnoi* (ψάρια, Δίπνευστοι, των γλυκών εσωτερικών υδάτων), του οποίου ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί μια πλήρη αλληλούχηση του γονιδιώματος τους, φαίνεται να έχει περίπου 40 φορές περισσότερο DNA από το παράδειγμα του θηλαστικού που καταχωρείται στην εικόνα 1.4. Πολλές από τις αποκλίσεις αυτές μπορούν να εξηγηθούν εάν η σύγκριση επικεντρωθεί στα λειτουργικά τμήματα του DNA, δηλαδή αυτά που κωδικοποιούν το λειτουργικό RNA και τις πρωτεΐνες. Το είδος με τη μεγαλύτερη ποσότητα DNA έχει 100.000 φορές περισσότερο γενετικό υλικό από το είδος με το λιγότερο DNA, το είδος όμως με τον μεγαλύτερο αριθμό γονιδίων έχει μόνο 20 φορές περισσότερα γονίδια από αυτά που εντοπίζονται στα βακτήρια. Με άλλα λόγια οι περισσότερες αποκλίσεις που εντοπίζονται στα γονιδιώματα δεν οφείλονται στις διαφορές που παρατηρούνται στον αριθμό των λειτουργικών γονιδίων, αλλά στις ποσότητες του μη κωδικοποιημένου (non coding) DNA. Ένα αξιοσημείωτο πόρισμα που προέκυψε από τα συγκριτικά τέστ γονιδιωμάτων είναι ότι υπάρχουν πολλά «παγκόσμια» τμήματα γονιδίων (π.χ. όπως εκείνα που είναι υπεύθυνα για σύνθεση του ATP), κάτι που πιθανότατα σημαίνει ότι υπάρχει τουλάχιστο ένα αρχέγονο σετ από αλληλουχίες DNA το οποίο θα πρέπει να περιλαμβάνεται σε όλα τα κύτταρα. Υπάρχουν επίσης στοιχεία που συνιστούν ότι οι αποκλίσεις στις αλληλουχίες των νουκλεοτιδίων αυξάνονται όσο αυξάνεται και η ταξινομική διαφοροποίηση.

Οι αποκλίσεις των νουκλεοτιδίων είναι δυνατό να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στον χαρακτήρα των πραγματικών πρωτεϊνών που κωδικοποιούν. Μέχρι πρόσφατα η ποικιλότητα αλληλόμορφων που διαπιστωνόταν με τον τρόπο αυτό αποτελούσε μια από τις πιο διαδεδομένες και οικονομικές μεθόδους μέτρησης της γενετικής ποικιλότητας. Η σχετική διαδικασία προέβλεπε τη χρήση ηλεκτροφορήσεων για τον προσδιορισμό αλλοενζύμων τα οποία αναγνωρίζονται ως αλληλόμορφες πρωτεΐνες (protein alleles), επειδή διαφορετικές μορφές πρωτεϊνών μετακινούνται με διαφορετικούς ρυθμούς σε στρώση πηκτώματος (π.χ. αμύλου). Οι ηλεκτροφορήσεις αλλοενζύμων αποκάλυψαν ένα τεράστιο ποσοστό διαφοροποίησης σε όλα τα επίπεδα ιεραρχίας.

Τα γονίδια βρίσκονται στα χρωμοσώματα. Όλα τα ευκαρυωτικά κύτταρα περιέχουν χρωμοσώματα, ο αριθμός, το μέγεθος και το σχήμα των οποίων μέσα σε ένα άτομο αναφέρεται ως καρυότυπος. Η διαφοροποίηση στον καρυότυπο έχει εξεταστεί ενδελεχώς κυρίως σε είδη φυτών, εντόμων, αμφιβίων και θηλαστικών. Οι περισσότεροι ευκαρυωτικοί οργανισμοί έχουν περίπου από 10 έως 50 χρωμοσώματα, όμως, υπάρχουν τεράστιες διαφοροποιήσεις τόσο μέσα στις ίδιες ανώτερες ταξινομικές ομάδες όσο και μεταξύ αυτών των ίδιων ομάδων, με αποτέλεσμα ο αριθμός των χρωμοσωμάτων να κυμαίνεται από 1 έως 200 (Εικ. 1.5). Πά-



Εικόνα 1.5. Αριθμοί χρωμοσωμάτων σε διάφορους οργανισμούς. (στοιχεία από διάφορες πηγές)

ντως, δεν έχει διαπιστωθεί κάποια σχέση ανάμεσα στον αριθμό των χρωμοσωμάτων και οποιασδήποτε άλλης μονάδας μέτρησης της γενετικής ποικιλότητας.

Επί του παρόντος δεν είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε κατά πόσο οι διάφορες μετρήσεις της γενετικής ποικιλότητας που είδαμε προηγουμένως συγκλίνουν ή σχετίζονται με άλλες μετρήσεις της βιοποικιλότητας, ενώ είναι δύσκολο να εξετάσουμε το ενδεχόμενο κατά πόσο οι μετρήσεις της γενετικής ποικιλότητας πρέπει να αποτελούν τον κύριο γνώμονα των μετρήσεων της βιοποικιλότητας εν γένει. Στην πρώτη περίπτωση η δυσκολία έγκειται κυρίως στην αδυναμία μας —παρά τα μεγάλα βήματα που έχουν γίνει πρόσφατα— να κατανοήσουμε πως σχετίζεται η γενετική ποικιλότητα με τα αποτελέσματα της έκφρασής της, δηλαδή την φαινοτυπική ποικιλότητα. Στη δεύτερη περίπτωση, η δυσκολία οφείλεται στα ελάχιστα στοιχεία που διαθέτουμε όσον αφορά την εξέλιξη της γενετικής ποικιλότητας στον χώρο και τον χρόνο. Τελευταία, πάντως, τα στοιχεία αυτά αυξάνονται συστηματικά καθώς βελτιώνονται με γρήγορους ρυθμούς και τα μέσα που μετέρχονται οι βιολόγοι για να τα συγκεντρώσουν.

1.4.4 Η αφθονία των ειδών ως κοινή μονάδα μέτρησης

Αν και η βιοποικιλότητα μπορεί να μετρηθεί με πολλούς τρόπους, στην πράξη υπολογίζεται συνήθως με βάση την αφθονία των ειδών, δηλαδή τον αριθμό των ειδών. Οι λόγοι είναι πολλοί:

1. *Πρακτική εφαρμογή.* Έχει αποδειχτεί ότι η αφθονία των ειδών μπορεί πρακτικά να μετρηθεί στο βαθμό τουλάχιστο που διαφορετικοί ερευνητές εντοπίζουν περίπου τον ίδιο αριθμό ειδών σε μια συγκεκριμένη κατάσταση (π.χ. παρουσία, διασταύρωση, διαχείμαση), σε μια συγκεκριμένη ταξινομική ομάδα και σε ένα συγκεκριμένο χώρο και χρόνο.

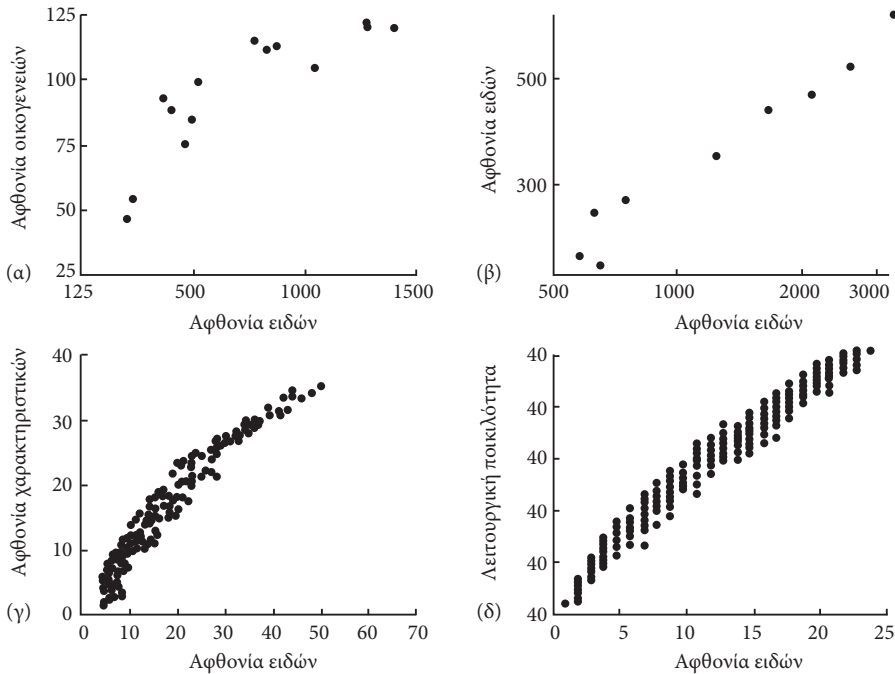
2. *Υπάρχουσες πληροφορίες.* Μια σημαντική βάση δεδομένων με πρότυπα της αφθονίας των ειδών έχει ήδη δημιουργηθεί και είναι διαθέσιμη στην επιστημονική βιβλιογραφία. Επιπρόσθετες πληροφορίες μπορεί κανείς να αντλήσει από τις υπάρχουσες συλλογές των μουσείων (που περιλαμβάνουν παγκοσμίως πολλά εκατομμύρια βιολογικών δειγμάτων) και τη σχετική βιβλιογραφία που τις συνοδεύει (εκατομμύρια τόμοι). Στην κατεύθυνση αυτή βοηθούν σημαντικά οι συστηματικές προσπάθειες που καταβάλλονται τα τελευταία χρόνια προκειμένου να καταγραφούν οι κατάλογοι αυτοί σε ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων στις οποίες θα έχει πρόσβαση μέσω του διαδικτύου ο καθένας μας.

3. *Υποκατάσταση.* Η μέτρηση της αφθονίας των ειδών συχνά υποκαθιστά άλλες μεθόδους εκτίμησης της βιοποικιλότητας. Σε γενικές γραμμές, εφόσον οι αριθμοί που προκύπτουν έχουν κάποια μέση τιμή, αυτό σημαίνει ότι οι μεγαλύτεροι αριθμοί ειδών τείνουν να ενσωματώνουν περισσότερη γενετική ποικιλότητα (με τη μορφή μεγαλύτερης ποικιλότητας γονιδίων μέσα στους πληθυσμούς), περισσότερη ταξινομική ποικιλότητα (με τη μορφή μεγαλύτερου αριθμού ατόμων και, κατ' επέκταση, περισσότερων ταξινομικών ομάδων), και περισσότερη οικολογική ποικιλότητα (με τη μορφή περισσότερων ενδιατημάτων και βιοτόπων έως και περισσότερων βιοχώρων) (Εικ. 1.6).

4. *Ευρεία εφαρμογή.* Η έννοια του είδους συνήθως χρησιμοποιείται στο πλαίσιο πρακτικής διαχείρισης, θέσπισης νόμων, πολιτικού διαλόγου, αλλά και της παράδοσης (οι παραδοσιακές ταξινομήσεις έχουν συχνά αποδειχτεί ότι συμφωνούν με τις σύγχρονες). Για πολλούς ανθρώπους οι μεγάλες τιμές βιοποικιλότητας αντανακλούν και μεγάλη αφθονία ειδών.

Ωστόσο η μέτρηση της βιοποικιλότητας με βάση την αφθονία των ειδών έχει ορισμένους σημαντικούς περιορισμούς:

- *Ορισμός του είδους.* Η μεγαλύτερη δυσκολία είναι η έλλειψη συμφωνίας όσον αφορά το τι ακριβώς συνιστά ένα είδος. Η ασυμφωνία αυτή δημιουργείται κυρίως επειδή η έννοια του είδους είναι δυνατό πολλές φορές να βασίζεται σε μια απλή υπόθεση, ιδέα ή αντίληψη παρά να στηρίζεται στην πραγματικότητα. Έχουν ήδη δοθεί τουλάχιστο επτά κύριοι ορισμοί για την έννοια του είδους, ο καθένας με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του καθώς και τις θεωρητικές και τις πρακτικές σκοπιές του (βλ. τον Πίν. 1.2). Η πρακτική εφαρμογή των διαφορετικών αυτών ορισμών μπορεί να οδηγήσει στην αναγνώριση



Εικόνα 1.6. Συσχετίσεις μεταξύ της αφθονίας των ειδών και (α) της αφθονίας των οικογενειών, του ανατολικού Ειρηνικού των Μαλακίων σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη, (β) της αφθονίας των γενών των μακρομυκτών σε περιοχές της Μεγάλης Βρετανίας, (γ) της αφθονίας των χαρακτηριστικών των μελισσών παγκοσμίως που εντοπίζονται σε πλαίσια 611.000 km², (δ) λειτουργικής ποικιλότητας (μέτρηση που περιλαμβάνει λειτουργικές διαφορές μεταξύ ενός συνόλου ειδών) από την Παταγονία. (α, από Roy et al. 1996, β, από Balmford et al. 2000, γ, από Williams & Humphries 1996, δ, από Petchey & Gaston 2002)

διαφορετικού αριθμού ειδών. Για παράδειγμα, πληθυσμοί θεωρητικά συγγενικών μορφοειδών (είδη που διακρίνονται με βάση τις ασυνέχειες που παρουσιάζουν σε ένα ή περισσότερα κληρονομημένα χαρακτηριστικά τους, όπως τα μορφολογικά), ίσως στην πραγματικότητα παρουσιάζουν επίπεδα γενετικής απόκλισης που συνήθως χαρακτηρίζουν διαφορετικά είδη τα οποία αναγνωρίζονται με διαφορετική μέθοδο και, για τον λόγο αυτό, αποκαλούνται κρυπτοείδη. Ομοίως, με γνώμονα την έννοια του βιολογικού είδους, 40-42 είδη παραδείσιων πουλιών έχουν διακριθεί στην Αυστραλασία. Αντίθετα, με κριτήριο τη φυλογενετική έννοια του είδους ο αριθμός τους ανέρχεται σε 90 (Cracraft 1992). Στην πράξη, βεβαίως, τέτοια προβλήματα δεν είναι τόσο σοβαρά όσο φαίνονται. Καθώς η πλειονότητα των συνόλων των οργανισμών έχουν περι-

γραφεί (και ακόμα περιγράφονται) με βάση συλλογές από διατηρημένα δείγματα και με κριτήριο τις μορφολογικές διαφορές τους. Οι αναφορές στην αφθονία των ειδών συνήθως αφορούν την αφθονία των «μορφολογικών» ειδών ή σχετίζονται με μετρήσεις που έχουν γίνει με κριτήριο την αντίστοιχη έννοια του είδους. Ευτυχώς, αυτή η μέθοδος ορισμού του είδους εξακολουθεί να είναι αρκετά αποτελεσματική στις περισσότερες περιπτώσεις (αν και δεν επαρκεί για τους προκαρυωτικούς οργανισμούς). Οι ειδικοί επιστήμονες δείχνουν να συμφωνούν όσον αφορά τον συνολικό αριθμό των ειδών σε μια επαρκώς μελετημένη ομάδα που εντοπίζεται σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ πολύ σπάνια προκύπτουν ριζικές αλλαγές στον αριθμό των ειδών που έχουν ήδη αναγνωριστεί.

- *Διαφορετικά είδη ποικιλότητας.* Ένας επιπλέον περιορισμός της αφθονίας των ειδών ως μέτρου υπολογισμού της βιοποικιλότητας ανακύπτει κάθε φορά που τίθεται το ερώτημα αν μια συνένωση ενός μικρού αριθμού στενά σχετιζόμενων ειδών, για παράδειγμα δύο είδη ποντικών, διαφέρει — λιγότερο ή περισσότερο — βιολογικά από κάποιο άλλο ανάλογο άθροισμα οργανισμών μη σχετιζόμενων ειδών, π.χ. ένα είδος ποντικού με ένα είδος γαρίδας. Ενώ είναι σχεδόν αυτονόητο ότι το τελευταίο άθροισμα θα παρουσίαζε μεγαλύτερη ποικιλότητα (μορφολογική ποικιλότητα, διαφορές στην εξελικτική ιστορία κλπ), με κριτήριο την αφθονία των ειδών τα δύο σύνολα εμφανίζουν την ίδια ποικιλότητα. Το κατά πόσο, όμως, κάτι τέτοιο θα πρέπει να θεωρηθεί μειονέκτημα στη χρήση της αφθονίας των ειδών ως μονάδας μέτρησης της βιοποικιλότητας δεν θα πρέπει να εξαρτάται τόσο από τα πορίσματα τέτοιων απλουστευμένων σεναρίων όσο από σεσάρια που σχετίζονται πιο άμεσα με μελέτες της βιοποικιλότητας. Τέτοιου είδους σεσάρια περιλαμβάνουν τουλάχιστο μερικές δεκάδες, αν όχι εκατοντάδες ή χιλιάδες, αθροισμάτων-συνενυρέσεων ειδών. Στην προκείμενη περίπτωση είναι φανερό ότι η αφθονία των ειδών συνδέεται άμεσα και θετικά με πολλές άλλες μετρήσεις της βιοποικιλότητας και, ως εκ τούτου, αποτελεί ένα πολύ καλό υποκατάστατο (Gaston 1996a).

Συνοψίζοντας, η αφθονία των ειδών έχει, κατά μια έννοια, καταστεί η κοινή μονάδα μέτρησης της βιοποικιλότητας. Αν επιθυμούμε να διερευνήσουμε την προέλευση, τα πρότυπα και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, μια τέτοια μονάδα μέτρησης είναι εξαιρετικά χρήσιμη για την επίτευξη του σκοπού αυτού. Έτσι, μολονότι στη συνέχεια θα αναφερθούμε και σε άλλες μεθόδους εκτίμησης της βιοποικιλότητας, στο βιβλίο αυτό θα προσεγγίσουμε εκ των πραγμάτων την βιοποικιλότητα ως αντίστοιχη και ισοτιμη με την αφθονία των ειδών, έχοντας βέβαια πάντοτε υπόψη ότι παραμένει μία από τις πολλές μεθόδους που παράγουν μονάδες μέτρησης, και ότι και αυτή υπόκειται σε πολλούς περιορισμούς. Με

τον τρόπο αυτό δεν θέλουμε να δώσουμε την εντύπωση ότι τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση αυτής της μεθόδου μέτρησης της βιοποικιλότητας είναι επουσιώδη και ασήμαντα. Ωστόσο, είναι εφικτό να επέλθει πρόοδος με τη χρήση της, εφόσον έχουμε πάντα κατά νου τους περιορισμούς της.

1.5 Περίληψη κεφαλαίου

1. Η βιοποικιλότητα είναι η ποικιλομορφία της ζωής σε όλες τις εκφάνσεις της.
2. Τα βασικά δομικά επίπεδα της βιοποικιλότητας κατατάσσονται με κριτήριο την ιεραρχία σε τρεις κατηγορίες, τη γενετική, την ταξινομική και την οικολογική ποικιλότητα.
3. Δεν υπάρχει κοινή και συγκεντρωτική μέθοδος εκτίμησης της βιοποικιλότητας. Αντιθέτως, εφαρμόζονται πολλαπλές μέθοδοι εκτίμησης των διαφορετικών εκφάνσεών της.
4. Η μέθοδος που επιλέγεται για την εκτίμηση της βιοποικιλότητας συνήθως αναδεικνύει και τις αξίες που έχουν δοθεί ως βασική προτεραιότητα από τον ερευνητή.
5. Παρά τους σημαντικούς περιορισμούς στους οποίους υπόκειται, η αφθονία των ειδών αποτελεί την κοινή μονάδα μέτρησης στις περισσότερες μελέτες της βιοποικιλότητας, και έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα πολύτιμη τόσο σε πρακτικό όσο και σε θεωρητικό επίπεδο.

Περαιτέρω μελέτη

Για το παρόν κεφάλαιο

- Carroll, S., Grenier, J. & Weatherbee, S. (2001) *From DNA to Diversity: Molecular Genetics and the Evolution of Animal Design*. Blackwell Science, Oxford. (An excellent advanced undergraduate text that genuinely tries to link genetic diversity to morphology and evolutionary diversity.)
- Claridge, M.F., Dawah, H.A. & Wilson, M.R. (eds.) (1997) *Species: The Units of Biodiversity*. Chapman & Hall, London. (An in-depth exploration of the meaning of species.)
- Gaston, K.J. (1996) What is biodiversity? In: *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference* (ed. K.J. Gaston), pp. 1-9. Blackwell Science, Oxford. (Takes a different view from the one proffered here, distinguishing between biodiversity as a concept, a measurable entity, and a social/political construct.)

- Hawksworth, D.L. (ed.) (1995) *Biodiversity: Measurement and Estimation*. Chapman & Hall, London. (An important, if somewhat eclectic, set of papers.)
- Hey, J. (2001) *Genes, Categories and Species*. Oxford University Press, Oxford. (An unusual, at times erratic, but interesting book.)
- Magurran, A.E. (1988) *Ecological Diversity and its Measurement*. Croom Helm, London. (Lucid review, and a good point of entry into this field.)
- Noss, R. F. (1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4, 355-364. (Distinguishes an alternative hierarchical organization to biodiversity, based on composition, structure and function.)

Γενική βιβλιογραφία για τη βιοποικιλότητα

- Dobson, A.P. (1996) *Conservation and Biodiversity*. Scientific American, New York. (Beautifully produced and reasonably comprehensive, with a good bibliography—very accessible.)
- Gaston, K.J. (ed.) (1996) *Biodiversity: A Biology of Numbers and Difference*. Blackwell Science, Oxford. (A wide-ranging, but far from comprehensive, examination of the measurement of temporal and spatial patterns in, and the conservation and management of, biodiversity.)
- Groombridge, B. & Jenkins, M.D. (2002) *World Atlas of Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century*. University of California Press, London. (A wide-ranging overview, with lots of maps, tables and graphs.)
- Heywood, V.H. (ed.) (1995) *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge. (A major review of the different facets of biodiversity, from characterization to economic importance. A formidable tome!)
- Huston, M.A. (1994) *Biological Diversity: The Coexistence of Species on Changing Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge. (A very ecological perspective on biodiversity.)
- Jeffries, M.J. (1997) *Biodiversity and Conservation*. Routledge, London. (A gentle introduction to these topics.)
- Karp, A., Ingram, D.S. & Isaac, P.G. (eds.) (1997) *Molecular Tools for Screening Biodiversity*. Kluwer Academic, Dordrecht. (Comprehensive description and evaluation of a range of molecular techniques for use in addressing different questions concerning diversity.)
- Levin, S.A. (ed.) (2001) *Encyclopaedia of Biodiversity*, Vols. 1-5. Academic Press, San Diego, CA. (A fantastic resource, covering the length and breadth of the field.)
- Perlman, D.L. & Adelson, G. (1997) *Biodiversity: Exploring Values and Priorities in Conservation*. Blackwell Science, Oxford. (Basic text on the concepts and their implications.)

- Reaka-Kudla, M.I., Wilson, D.E. & Wilson, E.O. (eds.) (1997) *Biodiversity II: Understanding and Protecting our Biological Resources*. Joseph Henry Press, Washington, DC. (The sequel to Wilson & Peter (1988).)
- Solbrig, O.T. (ed.) (1991) *From Genes to Ecosystems: A Research Agenda for Biodiversity*. The International union of Biological sciences (IUBS), Paris. (Identifies some of the major issues to be addressed in the study of biodiversity.)
- Wilson, E.O. (1992) *The Diversity of Life*. Penguin Books, London. (A popular, wide-ranging, and very readable account by perhaps the most influential proponent of biodiversity.)
- Wilson, E.O. & Perlman, D.L. (2000) *Conserving Earth's Biodiversity* (CD-ROM). Island Press, Washington, DC. [Demonstration version at <http://www.islandpress.org/wilsoncd/index.ssi>] (There are surprisingly few CD-ROM and other such resources available on the topic of biodiversity; this is perhaps the best general one.)
- Wilson, E.O. & Peter, F.M. (eds.) (1988) *BioDiversity*. National Academy Press, Washington, DC. (Where it all began? The 'milestone' volume that drew attention to the importance of biodiversity.)
- World Conservation Monitoring Centre (1992) *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. Chapman & Hall, London. (A useful collation of essays and data.)
- World Conservation Monitoring Centre (comp.), Groombridge, B. (ed.) (1994) *Biodiversity Data Sourcebook*. World Conservation Press, Cambridge. (An update and expansion of some of the information in the World Conservation Monitoring Centre (1992) volume.)
- World Conservation Monitoring Centre, Groombridge, B. & Jenkins, M.D. (2000) *Global Biodiversity: Earth's Living Resources in the 21st Century*. World Conservation Press, Cambridge. (The first edition of Groombridge & Jenkins.)

Η Βιοποικιλότητα στο Διαδίκτυο

Επειδή η αναζήτηση πληροφοριών στο Διαδίκτυο εμφανίζει σωρεία ιστοσελίδων σχετικών με τη «βιοποικιλότητα», από τις οποίες οι περισσότερες δεν σχετίζονται άμεσα με αυτήν, θεωρήσαμε σκόπιμο για εξοικονόμηση χρόνου να υποδείξουμε στους αναγνώστες μας, μερικές από τις πιο χρήσιμες διευθύνσεις. Αυτές βρίσκονται συγκεντρωμένες στη διεύθυνση <http://www.biologie.uni-freiburg.de/data/zoology/riede/taxalinks.html>.

Μερικές από αυτές αξίζουν, ωστόσο, ειδική αναφορά.

1. Η Συνθήκη για τη Βιολογική Ποικιλότητα και όλο το υλικό που την αφορά βρίσκεται στη διεύθυνση <http://www.biodiv.org/>.

2. Η ιστοσελίδα του Ινστιτούτο Παγκόσμιων Ερευνών (WRI-World Resources Institute) <http://www.wri.igc.org/wri/biodiv>, αποτελεί πολύτιμη πηγή άντλησης πληροφοριών και στοιχείων για τη βιοποικιλότητα.

3. Το Κέντρο για την επίβλεψη της παγκόσμιας διατήρησης της βιοποικιλότητας (World Conservation Monitoring Centre, <http://www.wcmc.org.uk/>), είναι μία διεθνώς ανεγνωρισμένη πηγή πληροφοριών για τη διατήρηση και την αειφόρο χρήση της. Ο επισκέπτης της ιστοσελίδας αυτής μπορεί πέρα από τα γενικά στοιχεία να βρει λεπτομερείς στατιστικές αναλύσεις και πίνακες που προέρχονται από επιστημονικές βάσεις δεδομένων. Οι τελευταίες εμφανίζουν διάφορες προστατευόμενες περιοχές, καταγράφοντας τα απειλούμενα είδη και αναλύοντας τις στρατηγικές των κρατών για την προστασία τους.