

4

Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Εισαγωγή στο άμεσο μέλλον

Η ωριμότητα κάθε επιστήμης καθορίζεται από την ικανότητά της να κάνει επιτυχείς προβλέψεις. Από την άποψη αυτή, η βιολογία έχει ένα φυσικό μειονέκτημα: η εξέλιξη, σε μεγάλο βαθμό, τροφοδοτείται από τις μεταλλάξεις και άλλες γενετικές παρεκκλίσεις, δηλαδή τυχαίες και απρόβλεπτες αλλαγές στο γενετικό υλικό. Ωστόσο, οι αλλαγές που προκύπτουν δοκιμάζονται από τη φυσική επιλογή, δηλαδή το περιβάλλον, το οποίο τελικά παγιώνει εκείνους τους χαρακτήρες που προσφέρουν στους οργανισμούς προσαρμοστικά πλεονεκτήματα. Από την άλλη πλευρά, οι μεταλλάξεις δεν καταργούν την ιστορία. Τροποποιούν ήδη υπάρχουσες δομές και λειτουργίες, καμιά φορά με τρόπο δραστικό και καινοτόμο, χωρίς όμως να μεταβάλλουν άρδην ότι έχει ήδη εξελικτικά παγιωθεί. Στα τετράποδα ζώα, παραδείγματος χάριν, τα άκρα μπορεί να υποχωρήσουν προς μικρά πτερύγια ή να αναπτυχθούν προς τεράστια φτερά, να διαφοροποιηθούν σε αρπάγες, οπλές, γάντζους ή κουπιά, να προσαρμοστούν για τρέξιμο, κολύμπι, ολίσθηση ή πτήση, να εξυπηρετήσουν την κρούση, τη σύλληψη ή την αγκαλιά. Μπορεί τα επιμέρους οστά των άκρων στα τετράποδα να άλλαξαν μέγεθος ή σχήμα, όμως τα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια, η βασική δομή και ο αριθμός τους παρέμειναν αναλλοίωτα. Αν λοιπόν δεχτούμε ότι η ζωή έχει μέχρι σήμερα αποδειχτεί ικανότατη να επινοεί διάφορες λύσεις, να απαντά, αργά ή γρήγορα, με επιτυχία στις περιβαλλοντικές προκλήσεις, το πρόβλημα ανάγεται στο κατά πόσον οι μεταβολές στο περιβάλλον είναι προβλέψιμες. Δυστυχώς, και εδώ, η αβεβαιότητα είναι μεγάλη. Οι αλλαγές του φυσικού περιβάλλοντος ασφαλώς και δεν έχουν τυχαία αφετηρία, όπως οι μεταλλάξεις. Εντούτοις, οι παράμετροι που καθορίζουν την πορεία

Το μέλλον είναι... αόρατον, ωστόσο αυτός δεν είναι λόγος να μην προβαίνουμε σε εύλογες εικασίες.

των γεγονότων στον πλανήτη είναι τόσο πολλές, περίπλοκες και αλληλοεξαρτώμενες, που δυσχεραίνουν σημαντικά τις προβλέψεις. Στην ήδη αυξημένη αβεβαιότητα έρχεται να προστεθεί και το πιο πρόσφατο φαινόμενο στην ιστορία της ζωής: η έλευση του ανθρωπίνου είδους, που φαίνεται πως κρατά τα κλειδιά για το μέλλον της ζωής. Για να είμαστε ακριβείς, όχι της ζωής ως συνόλου ή διαδικασίας, αλλά κυρίως της δικής του ζωής και αυτής των οργανισμών που επηρεάζονται καίρια από τις δραστηριότητές του.

Όλοι οι οργανισμοί, από τη γιγάντια σεκόγια έως τον συμπαθή κάστορα και το μικρότερο βακτήριο, τροποποιούν το περιβάλλον τους με τρόπο που εκ πρώτης όψεως μοιάζει να τείνει προς ένα τέλος και έναν σκοπό: τη βελτίωση των συνθηκών της ζωής τους, των ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων έναντι των γειτόνων τους και, τελικά, το καλύτερο πλασάρισμα των απογόνων τους στην επόμενη γενιά. Οι οργανισμοί δεν ζουν απλώς σε ένα ενδιαίτημα που ταιριάζει καλύτερα με τον χαρακτήρα τους, αλλά φαίνεται και ότι φέρνουν το περιβάλλον αυτό στα μέτρα τους. Φτάνοντας όμως σε αυτό το σημείο του βιβλίου, γνωρίζουμε ήδη ότι μια τέτοια, τελεολογική προσέγγιση των πραγμάτων είναι παραπλανητική. Η ικανότητα των οργανισμών να λειτουργούν ως μηχανικοί του περιβάλλοντος προέκυψε όχι από κάποιον ευφυή σχεδιασμό, αλλά από τη μακρόχρονη εξελικτική διαδικασία, που διάλεξε (πριν από αυτούς και, σε μία απλοϊκότερη ανάλυση, για αυτούς) εκείνα τα χαρακτηριστικά που τους κάνουν ανταγωνιστικότερους. Κατόπιν ενσωμάτωσε τη συνταγή για την έκφραση των χαρακτηριστικών αυτών στο γενετικό υλικό τους. Ο άνθρωπος ωστόσο, προικισμένος με ιδιαίτερη νοημοσύνη, είναι το πρώτο ον στον πλανήτη, που απέκτησε την ικανότητα να τροποποιεί το περιβάλλον σκόπιμα, εν πολλοίς συνειδητά, και βάσει σχεδίου. Συνάμα, είναι εκείνο το βιολογικό είδος με πραγματικά παγκόσμια εξάπλωση, οπότε η επίδρασή του δεν είναι τοπικά περιορισμένη, όπως η λιμούλα του κάστορα, το δάσος της σεκόγιας ή το διάκενο του εδάφους που καταλαμβάνεται από μια αποικία μικροβίων. Οι συνέπειες των επεμβάσεων του ανθρώπου είναι πλανητικές. Μετατρέποντας μέρος του ρυακιού σε λιμούλα, ο κάστορας απωθεί τους οργανισμούς που απαιτούν τρεχούμενα νερά και προσελκύει αυτούς που προτιμούν τα στάσιμα. Η τροποποίηση που επιφέρει είναι τοπική, ήπια και διαχειρίσιμη. Δεν συμβαίνει το ίδιο με την αλλαγή της ροής ολόκληρων ποταμών, την κατασκευή πυκνών οδικών δικτύων, τη

Η ανθρώπινη παρέμβαση στα βιολογικά και περιβαλλοντικά πράγματα του πλανήτη είναι καθοριστική...

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

μαζική μετατροπή του δάσους σε καλλιέργεια (συνήθως σε μονοκαλλιέργεια) ή σε αστικό χώρο, δεν συμβαίνει το ίδιο με την κλιματική αλλαγή, που είναι παγκόσμια. Σήμερα, ένα και μόνο βιολογικό είδος έχει καταστεί κυρίαρχη δύναμη επιλογής, αποφασίζοντας ποιες μορφές ζωής θα ευνοηθούν, ποιες απλώς θα επιβιώσουν και ποιες θα εξαφανιστούν. Το σιτάρι κι η αγελάδα δεν θα μπορούσαν να διαθέτουν σήμερα αυτούς τους δυσανάλογα μεγάλους, με βάση τις γενετικές τους ιδιότητες, πληθυσμούς, αν δεν είχαν επιλεγεί ως τροφή και εξημερωθεί από τον άνθρωπο. Τα μεγάλα άγρια θηλαστικά δεν θα κινδύνευαν με ολική εξαφάνιση, αν ο βιότοπός τους δεν είχε πολλαπλώς κατακερματιστεί για να καλυφθούν ανθρώπινες ανάγκες.

Ωστόσο, παρότι η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει γίνει πλέον ισχυρή δύναμη επιλογής, οι συνέπειές της έχουν κάποια όρια και δεν πρέπει να υπερεκτιμώνται. Ο άνθρωπος είναι όντως ένας ισχυρός παίκτης, ωστόσο δεν ελέγχει πλήρως το παιχνίδι. Μακροπρόθεσμα, δεν το ελέγχει καθόλου. Συζητώντας σε προηγούμενα κεφάλαια την εξέλιξη της ζωής και της Γης είδαμε ότι η ιστορία τους πολλές φορές σημαδεύτηκε από φυσικές και πλανητικές διεργασίες, μπροστά στις οποίες η ισχύς της ανθρώπινης τεχνολογίας, σημερινής ή μελλοντικής, είναι εντελώς μηδαμινή και άνευ σημασίας. Με λίγα λόγια, ναι, η ανθρωπότητα θα καθορίσει τη βραχυπρόθεσμη κατάσταση των βιολογικών πραγμάτων, πώς θα εξελιχθούν οι οργανισμοί, οι περιβαλλοντικοί πόροι, το κλίμα και τα οικοσυστήματα μέσα στους επόμενους ελάχιστους αιώνες. Ίσως και τη μεσοπρόθεσμη, μέσα στις επόμενες χιλιετίες, αν η ανθρωπότητα δεν αυτοκαταστραφεί εν τω μεταξύ από μόνη της, χωρίς δηλαδή την παρέμβαση κάποιας εξωτερικής δύναμης. Άνευ δηλαδή απροόπτου, το οποίο πάντοτε караδοκεί, όπως μας διδάσκει η ιστορία. Μεσο-μακροπρόθεσμα όμως, σε δεκάδες ή εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια, η διαχείριση των πραγμάτων θα αρχίσει να ξεφεύγει από τη δυνατότητα και τη δικαιοδοσία ακόμη και του πιο ευφυούς και προηγμένου τεχνολογικού πολιτισμού. Ποια τεχνολογία θα μπορούσε να αποτρέψει την έλευση της επόμενης παγετώδους περιόδου; Στο σημείο αυτό να τονίσουμε και πάλι ότι με βάση την ιστορία της ζωής, οι διάφορες μορφές της επηρεάζονται με διαφορετικό τρόπο από τις κλιματικές και άλλες αλλαγές, είτε αυτές είναι ήπιες είτε είναι σφοδρές. Περισσότερο ευάλωτοι και εκτεθειμένοι είναι οι μορφολογικά περίπλοκοι, ογκώδεις και

*...τουλάχιστον
βραχυπρόθεσμα.*

εξειδικευμένοι οργανισμοί. Η απειλούμενη ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή, ακόμη και με το χειρότερο σενάριο της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 4 βαθμούς μέσα στα επόμενα 50 χρόνια, άλλη επίδραση θα έχει στην επιβίωση του γεωσκώληκα και άλλη στο παγκόσμιο εμπόριο και στις τιμές των σιτηρών.

Τόσο οι ανθρωπογενείς όσο και οι φυσικές αλλαγές δεν θα επηρεάσουν με όμοιο τρόπο όλους τους οργανισμούς.

Όσον αφορά λοιπόν τους διαφόρους οργανισμούς, δεν ισχύει ολόκληρο το απόφθεγμα «κοινή γαρ η τύχη και το μέλλον αόρατον», αλλά μόνο το δεύτερο μέρος του. Αναγκαστικά λοιπόν, θα εξετάσουμε ξεχωριστά το μέλλον της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας, τονίζοντας όμως πόσο το ένα επηρεάζει το άλλο.

Στο χρονικό της εξέλιξης, που περιγράφηκε στο κεφάλαιο «Μια πολύ σύντομη ιστορία της ζωής στον πλανήτη Γη», είδαμε ότι η αβεβαιότητα των γεγονότων, τόσο ως προς τον χρόνο όσο και ως προς τις γενεσιουργές αιτίες, αυξάνεται όσο πηγαίνουμε προς τα πίσω. Προφανώς, τα ευρήματα που μας οδηγούν στην ανασύσταση της ιστορίας γίνονται όλο και σπανιότερα, αλλοιώνονται όλο και περισσότερο από τον χρόνο, γίνονται αχνά και δυσδιάκριτα, μέχρι που εξαφανίζονται εντελώς. Τότε επιστρατεύουμε εικασίες και ευλογοφανείς υποθέσεις. Νοητικά παιχνίδια, μια και δεν υπάρχουν υλικά ευρήματα να τα υποστηρίξουν. Τα πράγματα είναι ακόμη πιο αβέβαια για το μέλλον, έστω κι αν τα σημάδια του βρίσκονται τόσο στο παρόν όσο και στην ιστορία. Εδώ μόνο εικασίες μπορούμε να κάνουμε, κι αυτές με δυσκολία, εξαιτίας του πλήθους των εμπλεκόμενων μεταβλητών παραγόντων και της πολυπλοκότητας των αλληλεπιδράσεών τους. Ευτυχώς όμως, τα τελευταία χρόνια, με τη χρήση υπολογιστών, εξισώσεων και μοντέλων, έχουμε τη δυνατότητα να πατήσουμε στα σχετικά αβέβαια γεγονότα του παρελθόντος και, διά μέσου του παρόντος, να ταξιθέψουμε στο μέλλον. Να κάνουμε νοητικά πειράματα επί χάρτου. Και αυτό όμως το εικαζόμενο μέλλον εξακολουθεί να είναι άδηλο. Όσο και αν οι ισχυροί υπολογιστές εξασφαλίζουν τη μαθηματική ορθότητα της προσέγγισης, τα συμπεράσματα εξαρτώνται από το πόσο ορθά έχουμε αντιληφθεί τους νόμους της φύσης και με πόση ακρίβεια έχουμε σταθμίσει την έκταση των αλληλεπιδράσεων. Μπορεί να εκληφθεί ως ευφυολόγημα, ωστόσο φαίνεται να ξεκινάμε τους υπολογισμούς και τις προσομοιώσεις από μια αφετηρία που λίγο απέχει από το απόφθεγμα «γνωρίζουμε το ένα χιλιοστό του ενός εκατοστού όσων η φύση μας επιτρέπει να αντιληφθούμε». Άλλωστε, αυτό δεν το είπε κάποιος τυχαίος αλλά ο Albert Einstein. Από

Το αόρατο μέλλον της ζωής σχετίζεται με το δεδομένο παρελθόν και το συγκεκριμένο παρόν.

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

την άλλη, μπορεί η πρόβλεψη του μέλλοντος με βάση τις σημερινές γνώσεις, τη λογική και τα μαθηματικά μοντέλα να φαίνεται σαν μια προχωρημένη μορφή μαντείας, ωστόσο είναι το μόνο και το επιστημονικότερο εργαλείο που διαθέτουμε.

Στην προσπάθεια να θέσουμε τους φυσικούς και βιολογικούς όρους για το μέλλον της ζωής και της ανθρωπότητας, πρέπει να έχουμε υπόψη μας και κάτι ακόμη. Ο άνθρωπος δεν είναι το πρώτο βιολογικό είδος που κατέστη τόσο σημαντική δύναμη επιλογής για τα άλλα είδη. Έχει ξανασυμβεί στο παρελθόν. Τα κυανοβακτήρια, ως παράδειγμα, αναπτύσσοντας την οξυγονική φωτοσύνθεση πριν από 3,5 δισεκατομμύρια χρόνια σημάδεψαν την ιστορία της Γης και της ζωής, μετατρέποντας την ατμόσφαιρα από ουδέτερη σε οξειδωτική. Άλλαξαν τη ροή των γεγονότων, οδήγησαν σε μαζικές εξαφανίσεις εκείνα τα μικρόβια που δεν κατάφεραν να αντιμετωπίσουν την οξειδωτική πρόκληση, και κατεύθυναν τη ζωή σε νέα μεταβολικά μονοπάτια. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι τότε το συγκεκριμένο εξελικτικό επεισόδιο είχε όντως τον χαρακτήρα του αυτόματου και μη συνειδητού. Τα κυανοβακτήρια δεν αντιλαμβάνονταν τις συνέπειες της πλανητικής επίδρασης των αλλαγών που επέφερε η δραστηριότητά τους. Το ίδιο θα μπορούσαμε να πούμε και για την υπερβολική επέκταση των δασών και την υπέρμετρη φωτοσύνθεση κατά το Λιθανθρακοφόρο, που αύξησε το οξυγόνο της ατμόσφαιρας στο 30% και οδήγησε στις μαζικές και καταστροφικές παγκόσμιες πυρκαγιές. Ή για τις βιολογικές συνέπειες της κυριαρχίας των ερπετών κατά τον Μεσοζωικό Αιώνα, που χάθηκαν από την τυχαία επίσκεψη του αστεροειδούς. Σε εκείνα τα μείζονα εξελικτικά επεισόδια, οι εμπλεκόμενοι και κυρίαρχοι οργανισμοί δεν είχαν τη νοητική ικανότητα να αντιληφθούν την πορεία των πραγμάτων, που ήταν εν πολλοίς νομοτελειακή. Το προνόμιο και, συγχρόνως, το δράμα του ανθρώπου είναι ότι ο ανεπτυγμένος εγκέφαλος και η νέου τύπου νοημοσύνη του τού επιτρέπουν να συνειδητοποιεί τις συνέπειες της δραστηριότητάς του. Η επιστήμη και η τεχνολογία έχουν δώσει στον άνθρωπο τα εφόδια για να εκμεταλλευτεί, και ως έναν βαθμό να ελέγξει και να υποτάξει, την έμβια και άβια ύλη, επ' ωφελεία του. Μέχρι τώρα, το οικονομικό όφελος για το είδος μας είναι ολοφάνερο, αν και δεν κατανέμεται ομοιόμορφα, δεδομένου ότι οι κυρίαρχες τάξεις απολαμβάνουν τη μερίδα του λέοντος. Ο άνθρωπος είναι από τους λίγους οργανισμούς στον πλανήτη που αυξάνει συνεχώς τον

Τα κυανοβακτήρια, τα φυτά ή οι δεινόσαυροι, όταν άλλαξαν τον κόσμο δεν είχαν συνείδηση των συνεπειών...

...πράγμα που δεν ισχύει για τον άνθρωπο.

πληθυσμό του και σε τέτοιο βαθμό. Είναι επίσης ο μόνος οργανισμός που έχει καταφέρει να απαλλαγεί, εν μέρει, από την αποφασιστική και σκληρή ετυμηγορία της φυσικής επιλογής. Η τεχνολογία του επιτρέπει να μην είναι πλέον έρμαιο της ζέστης και του κρύου, και η επιστήμη έχει βρει τρόπους να κάνει την τροφή επαρκή για όλους, έστω και αν η κοινωνία αρνείται ακόμη να την κατανείμει ομοιόμορφα. Επιπλέον, η επιστήμη, κυρίως με τη βελτίωση της υγιεινής και της ιατρικής περίθαλψης, σχεδόν εκμηδένισε την παιδική θνησιμότητα και αύξησε το προσδόκιμο επιβίωσης, όσο και αν η δυνατότητα πλήρους πρόσβασης σε αυτά τα αγαθά δεν αφορά όλη την ανθρωπότητα και όλες τις κοινωνικές τάξεις. Συγχρόνως όμως, η επιστήμη βοηθά τον άνθρωπο να αντιληφθεί και το μέγεθος της πλανητικής επίδρασης των ενεργειών του. Της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, της κατασπατάλησης των πόρων, του κατακερματισμού και της καταστροφής των φυσικών οικοσυστημάτων, της ερημοποίησης, της μαζικής εξάφάνισης οργανισμών που φαίνεται να συντελείται στις μέρες μας. Τον προειδοποιεί επίσης ότι οι παγκόσμιες αυτές μεταβολές μπορεί να μην γίνονται ιδιαίτερα αντιληπτές μέσα στη διάρκεια της σύντομης ζωής μας, είναι ωστόσο εμφανείς αν τις αναγάγουμε στον χρόνο μερικών μόνο γενεών, πόσω μάλλον αν τις τοποθετήσουμε μέσα στον γεωλογικό χρόνο. Στη συνέχεια, η επιστήμη υποδεικνύει στον άνθρωπο ότι οι δυνατότητες του συστήματος να αυτορρυθμίζεται μπορεί να φαίνονται μεγάλες ή έστω επαρκείς, ωστόσο κανείς δεν γνωρίζει πότε το σύστημα θα απορρυθμιστεί τόσο, ώστε τα φαινόμενα να γίνουν ανεξέλεγκτα. Τέλος, η επιστήμη της ιστορίας της ζωής μάς γνωστοποιεί ότι οι επιπτώσεις των μεγάλων φυσικών και κλιματικών αλλαγών επηρεάζουν περισσότερο τους πιο περίπλοκους και εξειδικευμένους οργανισμούς, και ιδιαίτερα εκείνους που έχουν τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε περιβαλλοντικούς πόρους. Τους άπληστους.

Στη Γη έχουν επισήμως καταγραφεί πάνω από 1,5 εκατομμύρια είδη ζώων. Εικάζεται ότι είναι πολύ περισσότερα εκείνα που δεν έχουμε ακόμη ανακαλύψει. Στα καταγραμμένα ανήκουν και τα περίπου 65.000 Σπονδυλωτά (ψάρια, αμφίβια, ερπετά, πτηνά, θηλαστικά). Ένα μόνο από αυτά, ο *Homo sapiens*, καταναλώνει το 40% της πρωτογενούς παραγωγής.

Η ζωή ως σύνολο, ό,τι και να γίνει, θα επιβιώνει, όσο ο Ήλιος θα συνεχίσει να φωτίζει και όσο η Γη θα κινείται στη φιλόξενη περιοχή. Μέχρι το τέλος, που θα έρθει ίσως μετά από 3-5 δισεκατομμύ-

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

ρια χρόνια. Το ερώτημα είναι αν η νοήμων ανθρωπότητα, με τις σημερινές κοινωνικές και οικονομικές δομές και τη σημερινή πορεία, θα εξακολουθήσει, και για πόσο, να υπάρχει. Όχι τόσο ο άνθρωπος ως βιολογικό είδος. Αυτός πιθανόν να καταφέρει να διασωθεί, επιλέγοντας ίσως μια διαφορετική κοινωνική και οικονομική οργάνωση. Το πρόβλημα αφορά την ανθρωπότητα ως τρέχουσα κοινωνική και πολιτισμική δομή. Η απάντηση δεν είναι τόσο βιολογική, όσο πολιτική. Και σε μεγάλο βαθμό σχετίζεται με την προθυμία ή την αδυναμία του ανθρώπου να υποταχτεί στη φυσική νομοτέλεια. Να τιθασεύσει την αλόγιστη σπατάλη. Να ανατροφοδοτηθεί από τη φύση και να αφουγκραστεί με ωριμότητα την επιστήμη. Όχι εκείνη την επιστήμη που υπόσχεται με έπαρση ότι θα λύσει όλα τα προβλήματα, που δήθεν θα μας κάνει αθάνατους και εσαεί υγιείς, που τάχα θα μας μεταφέρει σε άλλους κόσμους, όταν η κατάσταση φτάσει στο απροχώρητο. Όχι εκείνη που μας αποκοιμίζει με παραπληνητικές διαβεβαιώσεις απεριόριστης καταναλωτικής ευφορίας. Όχι την επιστήμη των αγορών. Αλλά εκείνη που έχει αρχίσει να χτυπάει το καμπανάκι της επαπειλούμενης μεσοπρόθεσμης κατάρρευσης του Παραδείσου στον οποίο έχουμε το προνόμιο να κατοικούμε. Αν η υπόθεση της Σπάνιας Γης είναι ορθή, ίσως το σπίτι μας να είναι ο μοναδικός Παράδεισος στον Γαλαξία.

Ο σφετερισμός, η απληστία, ο ανταγωνισμός και η επιθετικότητα βρίσκονται, μερικές φορές ενστικτωδώς, στο συμπεριφοριστικό ρεπερτόριο κάποιων ειδών. Δεν πρόκειται για κανόνα, όπως προσπαθεί να μας πείσει μια απλοϊκή και παραπληνητική προσέγγιση του δαρβινικού αγώνα για την επιβίωση. Αντίθετα, διάχυτη είναι η πεποίθηση ότι στις κοινωνίες των ζώων, ιδιαίτερα σε αυτές των άμεσων προγόνων μας, η επιθετική και άπληστη συμπεριφορά καταστέλλεται από εξίσου ένμφυτες συμφιλιατικές τάσεις προς το έμβιο και άβιο περιβάλλον. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η βάση των αλτροιστικών τάσεων δεν είναι τόσο αθώα, αλλά στηρίζεται σ' έναν υποσυνείδητο υπολογισμό του κέρδους και της ζημιάς που αποφέρει το κάθε είδος συμπεριφοράς. Δίνω τώρα για να πάρω αργότερα, μια συμπεριφορά βασισμένη στην ελπίδα της ανταπόδοσης. Η κοινή μας όμως εμπειρία υποδεικνύει ότι ο άνθρωπος επιδίδεται καθημερινά και συνεχώς σε αλληλέγγυα συμπεριφορά άνευ όρων, ακόμη και προς άτομα τα οποία δεν πρόκειται να ξαναδεί, ώστε να λάβει την ανταπόδοση. Και η νευροβιολογία μάς αποκαλύπτει ότι ο αυθόρμητος και άδολος αλτροισμός που προκύπτει

Η ζωή καθεαυτή και ως σύνολο, ενδεχομένως και ο άνθρωπος ως βιολογικό είδος, δεν κινδυνεύουν, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα. Δεν μπορούμε να πούμε το ίδιο για την ανθρωπότητα και τον πολιτισμό.

Μήπως όμως δεν είμαστε τόσο κακοί όσο νομίζουμε;

από την ικανότητά μας να συναισθανόμαστε τις ανάγκες των άλλων, πλημμυρίζει τον εγκέφαλό μας με τις ορμόνες της χαράς. Επιπλέον, στα πιο ευφυή και κοινωνικά ζώα, η κατεύθυνση της εμφυτης συμπεριφοράς του ατόμου τροποποιείται ισχυρά από τη μάθηση, το αποτέλεσμα δηλαδή της κοινωνικής εκπαίδευσης. Στον άνθρωπο, ιδιαίτερα, η διάρκεια αυτής της εκπαίδευσης τον βοηθά να συνειδητοποιεί τους κανόνες της ύπαρξής του, των σχέσεών του με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον, και των συνεπειών των πράξεών του. Δεν μπορεί πλέον να δηλώνει άγνοια. Και δεν διαθέτει το βιολογικό άλλοθι της ασυνειδησίας.

Μήπως βρισκόμαστε όντως μπροστά σε μια παγκόσμια κλιματική αλλαγή;

Το κλίμα της Γης άλλαξε και θα αλλάξει, ανεξάρτητα από την ύπαρξη του ανθρώπου...

Το κλίμα στη Γη αλλάζει συνεχώς, και άλλαξε προτού εμφανιστεί ο άνθρωπος. Συνεπώς, οι αιτίες της αλλαγής δεν ήταν ανθρωπογενείς. Από τα προηγούμενα έχει ήδη γίνει σαφές ότι τα τελευταία 18.000 χρόνια βρισκόμαστε σε μία μεσοπαγετώδη περίοδο με ήπιες θερμοκρασίες. Είχαν προηγηθεί μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια όπου το κλίμα παρουσίαζε συνεχείς εναλλαγές: μακρές παγετώδεις περίοδοι με χαμηλές θερμοκρασίες, στη διάρκεια των οποίων η ξηρασία και οι παγετώνες έφταναν μέχρι το γεωγραφικό πλάτος της κεντρικής Ευρασίας, έδιναν τη θέση τους σε υγρότερα και θερμότερα διαλείμματα, κατά τα οποία οι παγετώνες υποχωρούσαν προς τους πόλους. Φαίνεται ωστόσο ότι, και μέσα στις παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις περιόδους, η σταθερότητα του κλίματος διακοπτόταν από μικρότερης διάρκειας κλιματικά επεισόδια. Έχουμε ήδη αναφερθεί στη *Νεώτερη Δρυάδα*, αυτό το οξύ και ψυχρό συμβάν που έπληξε το Βόρειο Ημισφαίριο πριν από 13.000-11.000 χρόνια, κατεβάζοντας τη μέση θερμοκρασία κατά 5 τουλάχιστον βαθμούς, και που ενδεχομένως πυροδότησε την εμφάνιση της γεωργίας. Μικρότερα σε ένταση ψυχρά και ξηρά επεισόδια, διάρκειας ολίγων εκατοντάδων ετών, παρεμβλήθηκαν πριν από 8.000 και 6.000 χιλιάδες χρόνια, και φαίνεται πως συνδέονται με τους κύκλους ακμής και παρακμής διαφόρων φάσεων του πολιτισμού των Σουμερίων στη Μεσοποταμία. Πιο πρόσφατα, μεταξύ 1550-1850 μ.Χ., η Ευρώπη δοκιμάστηκε από τη λεγόμενη *Μικρή Παγετώδη Περίοδο*. Παρότι τότε η θερμοκρασία ήταν μόλις κατά 1 βαθμό μικρότερη, οι συνέπειες στην παραγωγή σιτηρών

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

ήταν σημαντικές. Οι απρόβλεπτες αυτές αλλαγές είναι αποτέλεσμα απειροελάχιστων διαταράξεων στην ηλιακή δραστηριότητα, στην απόσταση της Γης από τον Ήλιο και στη γωνία που σχηματίζει η τροχιά της Γης με τον άξονα περιστροφής της. Είναι βέβαιο ότι θα συνεχίσουν να ενσκήπτουν, τόσο οι σύντομες και ηπιότερες, όσο και οι μακροχρόνιες και σφοδρότερες. Εκείνο που δεν μπορεί με βεβαιότητα να προβλεφτεί είναι ο χρόνος της εμφάνισής τους. Ωστόσο, η επιστημονική κοινότητα φαίνεται να συγκλίνει στην άποψη ότι η τρέχουσα υπερθέρμανση του πλανήτη είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Γιατί όμως;

Η ατμόσφαιρα για κάθε πλανήτη είναι η κουβέρτα του. Τον βοηθά να διατηρεί τη θερμοκρασία του παγιδεύοντας την εσωτερική του θερμότητα. Δεν είναι όμως όλα τα αέρια της εξίσου αποτελεσματικά. Το άζωτο και το οξυγόνο, για παράδειγμα, δεν συμβάλλουν σημαντικά στη θερμομόνωση, παρότι αποτελούν το 99% της ατμόσφαιρας κατ' όγκον. Αντίθετα, εκείνα που υπάρχουν μόνον ως ίχνη, είναι που κάνουν τη διαφορά. Τα κυριότερα είναι το νερό (H₂O, με τη μορφή των υδρατμών), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και το όζον (O₃). Ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου και σπανίως ως σύνολο ξεπερνούν το 1% (δηλαδή όγκο ενός λίτρου σε ένα κυβικό μέτρο). Από αυτά μόνο το CO₂ και το CH₄ δείχνουν σαφείς τάσεις αύξησης. Και στις δύο περιπτώσεις τα αίτια είναι ανθρωπογενή. Φαίνεται μάλιστα ότι ο άμεσος κίνδυνος προέρχεται κυρίως από το CO₂.

Ο ρυθμιστικός μηχανισμός με τον οποίο τα αέρια του θερμοκηπίου επηρεάζουν το θερμικό ισοζύγιο του πλανήτη είναι απλός. Η θερμική ενέργεια που παράγεται στο εσωτερικό της Γης μεταφέρεται προς την περιφέρεια της σφαίρας, αποκαθιστώντας μια ήπια θερμοκρασία στη γήινη επιφάνεια. Από την επιφάνεια, η θερμότητα τείνει να διαφύγει προς το διάστημα, εμποδίζεται όμως από την ατμόσφαιρα. Η θερμική ενέργεια εγκαταλείπει την επιφάνεια της Γης ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος, όπου το ανθρώπινο μάτι δεν είναι ευαίσθητο. Το μήκος κύματος της εκπεμπόμενης από κάθε σώμα ακτινοβολίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία του. Η ακτινοβολία που εκπέμπει η επιφάνεια της Γης είναι αόρατη. Αν η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας ήταν γύρω στους 5.500°C, όπως της επιφάνειας του Ήλιου, ο πλανήτης μας θα ακτινοβολούσε λευκό φως. Αν ήταν γύρω στους 3.000°C, όπως είναι η θερμοκρασία του νήματος μιας

...ωστόσο η πρόσφατη υπερθέρμανση είναι ανθρωπογενής.

Η ιστορία των αερίων του θερμοκηπίου.

λάμπας πυρακτώσεως, θα ακτινοβολούσε κίτρινο φως. Η φωτιά, έχοντας θερμοκρασία κοντά στους 800°C, εκπέμπει στο ερυθρό. Ψυχρότερα σώματα, έστω και αν δεν το βλέπουμε, ακτινοβολούν στην υπέρυθη περιοχή. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ακτινοβολίας απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου, που δεν της επιτρέπουν να χαθεί στο διάστημα. Η Γη όμως δεν ζεσταίνεται μόνον από μέσα, αλλά κυρίως απ' έξω. Όντας στην κατάλληλη απόσταση από τον Ήλιο απορροφά την ακτινοβολία του ανεβάζοντας τη θερμοκρασία της. Ως αποτέλεσμα, εκπέμπει πίσω προς το διάστημα ένα μέρος από αυτή, πάντα στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος, η οποία και πάλι, κατά ένα ποσοστό, παγιδεύεται από τα αέρια του θερμοκηπίου. Το τελικό ενεργειακό ισοζύγιο αυτών των διεργασιών, η τρέχουσα θερμική ισορροπία, έχει ως αποτέλεσμα μια μέση θερμοκρασία επιφανείας γύρω στους 15°C, πράγμα που επιτρέπει την παρουσία υγρού νερού και, κατά συνέπεια, την ύπαρξη ζωής. Αν η Γη, με τη συγκεκριμένη μάζα και τη συγκεκριμένη απόσταση από τον Ήλιο, δεν διέθετε στην ατμόσφαιρά της αέρια του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της θα ήταν κατά 33 βαθμούς χαμηλότερη (-18°C).

Φυσικοί και βιολογικοί
θερμοστάτες...

Η Γη είχε πάντα στην ατμόσφαιρά της CO₂. Μάλιστα, σε παλαιότερες εποχές, πριν από την εμφάνιση της ζωής, η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας στο αέριο αυτό ήταν κατά πολύ μεγαλύτερη, ίσως και 50 φορές, από τη σημερινή. Η θερμοκρασία της Γης ήταν τότε πολύ υψηλότερη, ωστόσο η τάση για υπερθέρμανση, λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα, αντισταθμιζόταν εν μέρει από τη μικρότερη λαμπρότητα του Ήλιου, που τότε ήταν γύρω στο 70% της σημερινής. Απουσία ζωής, η γεωλογική ανακύκλωση του άνθρακα είναι εξαιρετικά αργή. Η εμφάνιση της ζωής προσέθεσε έναν πρόσθετο, βιολογικό πλέον, κύκλο του άνθρακα, πολύ πιο αποτελεσματικό. Η ζωή έχει ανάγκη τον άνθρακα, είναι το απαραίτητο στοιχείο για όλα τα κρίσιμα βιολογικά μακρομόρια. Στον γεωχημικό κύκλο του άνθρακα προστίθεται τώρα ο αποτελεσματικότερος βιολογικός του κύκλος: τα φυτά καθλώνουν τον άνθρακα, μέσω της φωτοσύνθεσης, και τα ζώα, καταναλώνοντας τα φυτά, τον αποδίδουν και πάλι στην ατμόσφαιρα, μέσω της αναπνοής τους. Με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου, η ισορροπία κλίνει προς την καθήλωση του άνθρακα στη βιομάζα. Επίσης, στη μείωση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα συνεισφέρει και η συνεχώς μειούμενη

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

συχρότητα των ηφαιστειακών εκρήξεων. Έτσι, από μερικές εκατοστιαίες μονάδες στην αρχή, το αέριο αυτό καταλήγει σε επίπεδα εκατοστών της μονάδας. Κατά τα τελευταία ολίγα εκατομμύρια χρόνια, για τα οποία υπάρχει σχετική βεβαιότητα, το CO₂ στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε δυναμική ισορροπία, κυμαινόμενο από 0,018%, κατά τις μακροχρόνιες παγετώδεις περιόδους, σε 0,028%, κατά τις σύντομες μεσοπαγετώδεις. Μέσα σε αυτό το περιβαλλοντικό πλαίσιο διαμορφώθηκαν τα πρόσφατα γήινα πράγματα, μεταξύ αυτών το κλίμα και η ζωή, καθώς και η εξέλιξη του ανθρώπου και των κοινωνιών του.

Η ισορροπία άρχισε να κλονίζεται με την έναρξη της Βιομηχανικής Επανάστασης στην Ευρώπη (ακολούθησε η Αμερική), και συνεχίζεται με ολοένα επιταχυνόμενο ρυθμό μέχρι τις μέρες μας. Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα άρχισε σταδιακά να ανεβαίνει και σήμερα έχει φτάσει στο 0,040%, την ανώτερη τιμή του εδώ και εκατομμύρια χρόνια. Η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καμία αμφιβολία ότι το κομβικό σημείο τοποθετείται στις αρχές του 19ου αιώνα, όταν ο άνθρωπος άρχισε να χρησιμοποιεί τους ορυκτούς άνθρακες στην αρχή, τους υδρογονάνθρακες αργότερα, για να τροφοδοτήσει ενεργειακά τη βιομηχανική, γεωργική και τεχνολογική του ανάπτυξη. Ουσιαστικά δηλαδή, να επαναφέρει και πάλι στην ατμόσφαιρα, με τις καύσεις, τον άνθρακα που παρέμενε καθηλωμένος στο υπέδαφος επί εκατομμύρια χρόνια. Είχε αυτό επίδραση στη θερμοκρασία; Έχουμε όντως υπερθέρμανση του πλανήτη; Και εδώ δεν υπάρχει αμφιβολία. Σε σχέση με το 1850, η μέση θερμοκρασία της Γης έχει ανεβεί κατά 0,8°C, με τα δύο τρίτα αυτής της ανόδου να συντελούνται μετά το 1980. Οι πορείες των μεταβολών σε συνάρτηση με τον χρόνο, τόσο στο διοξείδιο όσο και στη θερμοκρασία, είναι παράλληλες και χαρακτηριστικές. Αργή αύξηση του διοξειδίου στην αρχή, που επιταχύνεται εκθετικά κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Καμία σχεδόν μεταβολή της θερμοκρασίας τις πρώτες δεκαετίες μέχρι περίπου το 1930, μικρός ρυθμός μεταβολής έως το 1970, ραγδαίος μετέπειτα. Πράγμα που υποδεικνύει, αφενός μεν την αδράνεια του κλιματικού συστήματος και την ικανότητά του να απορροφά τους κραδασμούς, όταν αυτοί είναι μικροί, και την τάση προς αποσταθεροποίηση, όταν οι κραδασμοί υπερβούν ένα όριο, αφετέρου.

Τι λέγουν οι προβλέψεις για το άμεσο μέλλον; Ενέχει η κατάσταση κινδύνους; Είναι οι κίνδυνοι σημαντικοί ώστε να χρειάζεται

...που άρχισαν να απορροφούνται τα τελευταία 200 χρόνια...

...όταν ο άνθρωπος επανέφερε στην ατμόσφαιρα, με τη μορφή θερμοκηπιακών αερίων, τον καθηλωμένο στο υπέδαφος άνθρακα (κάρβουνο, πετρέλαιο κ.λπ.).

κάποια παρέμβαση; Μπορούμε να ελέγξουμε τα πράγματα, και με ποιους τρόπους;

Οι ισορροπίες που καθορίζουν το κλίμα είναι πολύπλοκες και σε μεγάλο βαθμό απρόβλεπτες και χαοτικές. Εντούτοις, η αυξανόμενη γνώση για τους πλέον καθοριστικούς παράγοντες και η ισχύς των υπολογιστών καθιστούν δυνατές κάποιες προβλέψεις. Αν λοιπόν υποθέσουμε ότι ως διά μαγείας οι εκπομπές του CO₂ μειώνονται τόσο δραστικά, ώστε η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα απλώς να παραμείνει στα σημερινά επίπεδα, η θερμοκρασία μέσα στον 21ο αιώνα θα αυξηθεί ακόμη κατά 1-2°C. Αυτό οφείλεται στην αδράνεια του συστήματος, που αναφέραμε προηγουμένως, και στο γεγονός ότι το CO₂ που ήδη υπάρχει θα αργήσει να απορροφηθεί από τη φωτοσύνθεση.

Οι προβλέψεις για το άμεσο μέλλον και οι προϋποθέσεις τους.

Τι ακριβώς σημαίνει «να παραμείνει το CO₂ στα σημερινά επίπεδα»; Μα να επανέλθει η βιομηχανική και γεωργική παραγωγή στα επίπεδα των αρχών του 20ού αιώνα. Ασφαλώς και μια τέτοια παγκόσμια συμφωνία φαντάζει εντελώς ανεδαφική. Πιο ρεαλιστικό ακούγεται να συμφωνηθούν κάποια μέτρα περισσότερο ή λιγότερο ήπιου περιορισμού των εκπομπών, ώστε να μην κινδυνεύσει η λεγόμενη ανάπτυξη. Στην περίπτωση αυτή τα μοντέλα προβλέπουν ότι μέχρι το 2100 η θερμοκρασία θα ανεβεί κατά 3-5°C, ανάλογα με την έκταση των περιοριστικών μέτρων. Αν δεν ληφθεί κανένα μέτρο, η αύξηση ενδεχομένως να φτάσει στους 8°C. Ας σημειώσουμε απλά ότι τόσο υψηλές μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες δεν έχουν υπάρξει στον πλανήτη εδώ και πολλά εκατομμύρια χρόνια. Και ότι η εξέλιξη των σημερινών οργανισμών που συντελέστηκε μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα, έγινε σε θερμοκρασίες χαμηλότερες και από τους 15°C που απολαμβάνουμε σήμερα (μιλάμε πάντα για μέση θερμοκρασία).

Παρενέργειες της υπερθέρμανσης...

Φυσικά, η υπερθέρμανση έχει και άλλες παρενέργειες. Οι ωκεανοί, που αποτελούν μια αποτελεσματική παγίδα διοξειδίου, το απορροφούν τόσο περισσότερο όσο ψυχρότεροι είναι. Η αποτελεσματικότητά τους λοιπόν ως αποθήκης διοξειδίου και ως ρυθμιστών της ατμοσφαιρικής του συγκέντρωσης θα μειωθεί, με συνέπεια την περαιτέρω υπερθέρμανση. Επίσης, η τήξη των παγετώνων (που είναι ήδη έντονη και οφθαλμοφανής) και η διαστολή του νερού λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του, θα οδηγήσουν σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 0,2-2,0 μέτρα. Η κατάκλυση παράκτιων περιοχών από τα νερά, εκτός των άλλων, θα

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

αφαιρέσει και σημαντικές εκτάσεις από τις καλλιέργειες. Οι πάγοι που θα λιώσουν θα δώσουν τη θέση τους στο υποκείμενο έδαφος ή στο νερό, γεγονός που θα ανατροφοδοτήσει ακόμα περισσότερο την υπερθέρμανση, δεδομένου ότι ο πάγος αντανακλά το ηλιακό φως πολύ περισσότερο. Επίσης, τα μοντέλα προβλέπουν ότι η αποσταθεροποίηση του κλίματος θα έχει ως συνέπεια την αύξηση των ακραίων κλιματικών επεισοδίων, με συχνούς καύσωνες και καταιγίδες. Η βροχόπτωση ενδεχομένως να αυξηθεί, ωστόσο θα εκδηλώνεται με βραχεία και έντονα φαινόμενα, συνοδευόμενα από μακρές περιόδους ξηρασίας. Αναμένεται ισχυρή ερημοποίηση και επέκταση των υποτροπικών οικοσυστημάτων προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Τέλος, μια πιθανή και ιδιαίτερα αρνητική συνέπεια της υπερθέρμανσης σχετίζεται με την τήξη του μόνιμα παγωμένου εδάφους (permafrost), που καλύπτει σήμερα πολύ μεγάλες εκτάσεις στο Βόρειο Ημισφαίριο, πέρα από τον αρκτικό κύκλο. Το έδαφος αυτό είναι εξαιρετικά συμπαγές και δεν επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων μεταξύ υπεδάφους και ατμόσφαιρας. Στο μόνιμα αναερόβιο υπέδαφος, η δραστηριότητα μεθανογόνων βακτηρίων εδώ και εκατομμύρια χρόνια έχει συσσωρεύσει τεράστιες ποσότητες μεθανίου. Η τήξη του πάγου θα απελευθερώσει μαζικά και απότομα τις ποσότητες αυτές στην ατμόσφαιρα. Το μεθάνιο αυξάνεται και αυτό σταδιακά, λόγω των δραστηριοτήτων του ανθρώπου, ωστόσο έχει μία ιδιότητα που το υποβιβάζει στη δεύτερη θέση, όσον αφορά τον ρόλο του στην υπερθέρμανση του πλανήτη: οξειδώνεται γρήγορα από το οξυγόνο, με αποτέλεσμα η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα να είναι 200 φορές χαμηλότερη από αυτήν του διοξειδίου του άνθρακα. Εντούτοις, η ενδεχόμενη απότομη διαφυγή του από τα παγωμένα αρκτικά εδάφη ίσως να προκαλέσει βραχυχρόνια μεν (της τάξεως των δεκάδων ετών), πλην σφοδρά κλιματικά φαινόμενα.

Ασφαλώς και δεν θα πληγεί εξίσου όλος ο πλανήτης. Και ίσως η ελπίδα για ηπιότερους χειμώνες να αποτελεί ένα δέλεαρ για τους κατοίκους κάποιων ψυχρών περιοχών. Το ίδιο και η δυνατότητα να καλλιεργεί κανείς αμπέλια ή μπανάνες στη βόρειο Ευρώπη, ή να μεταφέρει εύκολα εμπορεύματα σε έναν Βόρειο Παγωμένο Ωκεανό που δεν θα είναι πια καθόλου παγωμένος. Ήδη κάποιοι διαβλέπουν επιχειρηματικές ευκαιρίες στην κλιματική αλλαγή και κάνουν τις ανάλογες κινήσεις. Και βέβαια, έχουν κάθε λόγο να αντιδρούν σε διορθωτικές παρεμβάσεις.

... που δεν θα πλήξουν ομοίμορφα όλο τον πλανήτη.

Ενέχει λοιπόν κινδύνους η κλιματική αλλαγή; Αν ναι, για ποιους; Απειλείται άραγε η ίδια η ζωή ή μήπως μόνο η ανθρωπότητα; Κινδυνεύει άραγε η ίδια η υπόσταση του Homo sapiens ή μήπως μόνο οι υφιστάμενες κοινωνικές και οικονομικές δομές;

Στις οικολογικές κρίσεις κάποιιοι χάνουν και κάποιιοι κερδίζουν.

Η πρώτη απάντηση της ζωής στις περιβαλλοντικές κρίσεις είναι η μετανάστευση...

Στο πρώτο ερώτημα, αν δηλαδή η ζωή κινδυνεύει από την επαπειλούμενη ανθρωπογενή και παγκόσμια κλιματική αλλαγή, η ιστορία μας υπαγορεύει να δώσουμε αρνητική απάντηση. Η Γη στο παρελθόν γνώρισε κλιματικές αλλαγές πολύ πιο έντονες από την τρέχουσα. Δεν εξήλθε εντελώς αλώβητη. Ανάλογα με τη βαρύτητα των οικολογικών τραυμάτων, κάποιιοι οργανισμοί εξαφανίστηκαν, ενώ άλλοι βγήκαν κερδισμένοι, αδράχνοντας τις ευκαιρίες και καταλαμβάνοντας τον χώρο των πιο ευάλωτων. Η παρούσα υπερθέρμανση πρακτικώς σημαίνει ότι οι ισόθερμες γραμμές στον πλανήτη θα μεταφερθούν λίγο προς τους πόλους. Ποιες είναι οι διέξοδοι για ένα είδος που υφίσταται τις συνέπειες μιας ανόδου της θερμοκρασίας στον χώρο της επικράτειάς του; Ενδεχομένως να είναι αρκετά ευρύθερμο ώστε να αντέξει επί τόπου. Αν η μεταβολή ξεπερνά τις γενετικές προσαρμοστικές του ικανότητες πρέπει να μεταναστεύσει ή να εξελιχθεί. Εδώ παίζει ρόλο η ταχύτητα των κλιματικών μεταβολών και η σχέση της με τις εγγενείς δυνατότητες του οργανισμού για μετανάστευση ή γενετική προσαρμογή. Γενικώς, η μετανάστευση είναι ταχύτερη της βιολογικής εξέλιξης. Η δεύτερη προϋποθέτει κάποιιο είδους γενετική αλλαγή, που είναι αποτέλεσμα τύχης και σπανίως έχει ευεργετικά αποτελέσματα. Εκτός εάν ο οργανισμός διαθέτει στο γενετικό του απόθεμα προσαρμοστικούς χαρακτήρες κρυμμένους μέσα σε γονίδια υπολειπόμενα, σε αυτά που η συνταγή τους δεν εκφράζεται, καλυμμένη πίσω από κυρίαρχα γονίδια. Η ιστορία, πάντως, μας διδάσκει ότι η ζωή σε παλαιότερες κλιματικές αλλαγές χρησιμοποίησε όλη τη γκάμα των δυνατοτήτων της και σε όλους τους συνδυασμούς. Αρχικά, πάντως, προτιμά τον πλέον σύντομο δρόμο: αυτόν της μετανάστευσης.

...στην οποία εγείρονται φράχτες και εμπόδια.

Σε πρώτη λοιπόν προσέγγιση, η ζωή θα αντεπεξέλθει στην τρέχουσα κλιματική αλλαγή, όπως τα κατάφερε και στο παρελθόν. Ωστόσο, η μετανάστευση προϋποθέτει ελευθερία κινήσεων. Αν ο πληθυσμός στην πορεία του προς τη νέα Γη της Επαγγελίας συναντήσει ένα ανυπέβλητο φυσικό εμπόδιο, μια εκτενή οροσειρά ή μια έρημο, η εξαφάνιση είναι πολύ πιθανή. Πόσω μάλλον όταν

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

σε αυτά τα όρια συνωστίζονται όλοι οι επίδοξοι περιβαλλοντικοί μετανάστες. Εδώ είναι λοιπόν το πρόβλημα, όπως θα μας δοθεί η δυνατότητα να συζητήσουμε στο επόμενο κεφάλαιο με τίτλο «Μήπως διανύουμε την έκτη παγκόσμια μαζική εξαφάνιση;» Αναπόφευκτα, η ανθρώπινη δραστηριότητα εγείρει εμπόδια στη μετανάστευση των ειδών, κυρίως εξαιτίας του πολλαπλού κατακερματισμού του περιβάλλοντος και των χρήσεων της γης. Μια εθνική οδός ή ένας εκτεταμένος αγρός γεμάτος εντομοκτόνα είναι για ένα σκαθάρι ό,τι είναι για εμάς μια έρημος.

Η παγκόσμια κλιματική αλλαγή είναι λοιπόν μία μόνο από τις ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον. Και όσον αφορά τη ζωή στο σύνολό της, δεν είναι η πιο απειλητική και επικίνδυνη, τουλάχιστον βραχυπρόθεσμα. Αποτελεί ωστόσο φλέγον θέμα συζήτησης και αντιπαράθεσης. Όχι λόγω της επικείμενης εξαφάνισης πολλών απειλούμενων ειδών (αυτά είχαν αρχίσει ήδη να εξαφανίζονται πολύ πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση), αλλά επειδή διακυβεύεται η υφιστάμενη παγκόσμια οικονομική και κοινωνική τάξη. Και, ακόμη περισσότερο, επειδή τα προφανή μέτρα που θα περιόριζαν το πρόβλημα, δηλαδή οι περικοπές στις εκπομπές του διοξειδίου, θα κλόνιζαν ακόμη περισσότερο το σύστημα, αν εφαρμόζονταν. Ένα σύστημα που στηρίζει την ανάπτυξή του στην αρχή «κάθε τι που μπορεί να παραχθεί θα παραχθεί, αρκεί να αποδίδει κέρδος», ένα σύστημα που προσπαθεί επιθετικά να συμπεριλάβει και τα δημόσια αγαθά, όπως το περιβάλλον και τους πόρους του, στα αντικείμενα της αγοραίας κερδοσκοπίας, είναι εξ ορισμού άπληστο. Διψά ασυγκράτητα για κατανάλωση ενέργειας και αντιλαμβάνεται κάθε είδους περιορισμό ως απειλή για τον εαυτό του. Υπό μία έννοια, ενέχει τα σπέρματα της αυτοκαταστροφής του.

Οι προσπάθειες να φτάσουμε σε μια παγκόσμια συμφωνία για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου έχουν μέχρι σήμερα αποτύχει. Επί τριάντα χρόνια, από το 1970 έως το 2000, τα αέρια αυτά αυξάνονταν κατά 1,3% το χρόνο. Σήμερα, η ετήσια αύξηση έχει ανεβεί στο 2,2%. Υπολογίζεται ότι ο ηλεκτρισμός και η θέρμανση συνεισφέρουν στο πρόβλημα κατά 28%, η βιομηχανία κατά 23%, οι μεταφορές και η γεωργία κατά 15% εκάστη, τα σκουπίδια κατά 5%. Το υπόλοιπο μερίδιο της ανισορροπίας οφείλεται στον περιορισμό των απορροφήσεων του διοξειδίου από τη βλάστηση, κυρίως λόγω της αποψίλωσης των δασών και της ερημοποίησης. Οι φτωχές χώρες, οι λεγόμενες «υπό ανά-

*Τις πταίει
και τις πληρώνει;*

πτυξη», αρνούνται να υποστούν οριζόντιους περιορισμούς, επειδή δεν συμμετείχαν μέχρι σήμερα στη δημιουργία του προβλήματος. Δικαίως υποστηρίζουν ότι οι περιορισμοί θα τις βυθίσουν ακόμη περισσότερο στη φτώχεια και την υπανάπτυξη. Για τον Τρίτο Κόσμο οι περιορισμοί σημαίνουν εγκατάλειψη του ονείρου της τεχνολογικής ανάπτυξης, παγίωση της στέρησης και αποκοπή από την απόλαυση των (καταναλωτικών) αγαθών του πολιτισμού. Από την άλλη, οι πλούσιες χώρες αρνούνται να εγκαταλείψουν τα κεκτημένα. Για τις οικονομικές ελίτ, οι περιορισμοί σημαίνουν λιγότερο τζίρο και διαφυγόντα κέρδη. Από την άποψη αυτή, η κατάσταση οδηγείται σε αδιέξοδο.

Με δεδομένη τη γενική απροθυμία να επιβληθούν δραστηριοί περιορισμοί στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καλλιεργείται η αισιόδοξη άποψη ότι η επιστήμη μπορεί να λύσει τελικώς το πρόβλημα. Η Κλιματική Μηχανική, ο εφαρμοσμένος κλάδος της Κλιματολογίας, έχοντας ήδη μερικές επιτυχίες στο επίπεδο του μικροκλίματος, αρχίζει να στρέφεται προς το παγκόσμιο κλίμα. Οι προτεινόμενες λύσεις είναι προς δύο κατευθύνσεις. Η πρώτη επιδιώκει τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Τα σχέδια είναι φαραωνικά. Από τον διασκορπισμό σταγονιδίων θεικών ενώσεων στη στρατόσφαιρα (που θα ανακλούν προς το διάστημα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, ενδεχομένως όμως να βλάψουν το στρώμα του όζοντος), έως την εγκατάσταση στο διάστημα γιγαντιαίων ανακλαστήρων (που κάποτε μπορεί να χαλάσουν). Η δεύτερη κατηγορία προτάσεων στοχεύει στην εκ νέου απορρόφηση, με κάποιους τρόπους, του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα. Η πιο φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος φαίνεται αυτή της δασοκάλυψης ερήμων, με την προϋπόθεση βέβαια ότι θα βρεθεί το απαραίτητο νερό, που ήδη αποτελεί αγαθό σε ανεπάρκεια. Άλλοι προτείνουν τη λίπανση των ωκεανών με σίδηρο, πράγμα που θα οδηγήσει στην ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού και, κατά συνέπεια, στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα. Ωστόσο, πρόσφατες θεωρητικές μελέτες (αποκλειστικά με μοντέλα, δεδομένου ότι η πειραματική προσέγγιση σε μεγάλη κλίμακα είναι αδύνατη) υποδεικνύουν ότι αυτές οι προτάσεις είναι ατελέσφορες και οι αναμενόμενες επιδράσεις στην άρση της υπερθέρμανσης δεν θα ξεπερνούν τα λίγα δέκατα του βαθμού. Επίσης, ότι οι ενδεχόμενες παρενέργειες και πλάγιες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον ίσως και να είναι μεγαλύτερες

*Η επιστήμη
δεν μπορεί να λύσει
όλα τα προβλήματα.*

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

από τα, ούτως ή άλλως, αμελητέα οφέλη. Παραδείγματος χάριν, η λίπανση των ωκεανών δεν θα είναι τίποτα άλλο από ένα ανεξέλεγκτο πείραμα ευτροφισμού, με άγνωστες συνέπειες στους υπόλοιπους οργανισμούς. Τέλος, τα ίδια μοντέλα προβλέπουν ότι, αν για οποιονδήποτε λόγο οι παρεμβάσεις της Κλιματικής Μηχανικής κάποτε σταματήσουν, η παγκόσμια υπερθέρμανση θα επιδεινωθεί απότομα και ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας ενδεχομένως να δεκαπλασιαστεί. Αν η ανθρωπότητα μπορεί να υπομείνει, όχι χωρίς συνέπειες, αύξηση 5°C στον επόμενο αιώνα, τι θα συμβεί αν η αύξηση αυτή συντελεστεί σε μία μόλις δεκαετία; Αν οδηγήσει σε ανεξέλεγκτο φαινόμενο του θερμοκηπίου; Ποιες κοινωνίες μπορούν σήμερα να αντέξουν οικονομικά την εφαρμογή αυτών των μεγαλύτερης βολων παρεμβατικών μέτρων; Ποιες κυβερνήσεις, με ποιο δικαίωμα και ποια νομιμοποίηση θα μπορούν να ανεβάσουν και να κατεβάζουν κατά βούληση τον κλιματικό διακόπτη; Ακόμη κι αν οι κυβερνήσεις έχουν τις καλύτερες προθέσεις, ποια τεχνολογία εγγυάται ότι κάποτε δεν θα γίνει το λάθος;

Κάποτε ο άνθρωπος ανακάλυψε ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει ενεργειακά τους ορυκτούς υδρογονάνθρακες για να τροφοδοτήσει την παραγωγή και τον τεχνολογικό του πολιτισμό. Στην πορεία, προσάρμοσε τις κοινωνικές και οικονομικές δομές του σε αυτή την ανακάλυψη. Υπό μία έννοια, έγινε δέσμιός της. Άθελά του όμως, 300 χρόνια αργότερα, προκάλεσε την υπερθέρμανση του πλανήτη. Σήμερα γνωρίζει πολύ περισσότερα. Δεν έχει πλέον το άλλοθι της άγνοιας για τις ενδεχόμενες μελλοντικές επιπτώσεις. Τα κλιματικά μοντέλα τον βοηθούν να κάνει κάποιες προβλέψεις, με ένα εύλογο βαθμό αβεβαιότητας, το πολύ για τα επόμενα εκατό χρόνια. Χρονικό διάστημα μικρό, ακόμη και με τα μέτρα της ανθρώπινης ιστορίας, πόσω μάλλον με τα γεωλογικά. Ακόμη κι έτσι, οι επιπτώσεις είναι σημαντικές. Ουδείς βέβαια τολμά να προχωρήσει περισσότερο στο μέλλον. Αν όμως η υπερθέρμανση συνεχιστεί και κάποτε λιώσουν όλοι οι πάγοι, μακροπρόθεσμα η στάθμη της θάλασσας θα ανυψωθεί κατά 30 τουλάχιστον μέτρα.

Όπως είπαμε, δεν θα πληγούν εξίσου όλες οι περιοχές της Γης. Υπερθέρμανση σημαίνει ότι οι ισόθερμες γραμμές θα μετακινηθούν προς Βορρά και προς Νότο, στα δύο αντίστοιχα ημισφαίρια. Οι θερμές περιοχές θα γίνουν καυτές, οι εύκρατες θερμές και οι ψυχρές δροσερές. Τα πρότυπα των βροχοπτώσεων θα μεταβληθούν ανάλογα με την περιοχή. Οι έρημοι και οι άνυδροι υποτροπικοί θα

*Ακόμα κι αν
τα καταφέρει,
δεν έχει τη δύναμη να
επιβάλει τις λύσεις.*

*Μερικές ακόμη
παρενέργειες της
κλιματικής αλλαγής.*

επεκταθούν σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Μαζί με τις αυξημένες θερμοκρασίες θα μεταναστεύσουν και παθογόνοι οργανισμοί. Μολυσματικές ασθένειες ξεχασμένες για αιώνες θα ενσκήψουν ξανά σε πληθυσμούς των οποίων η ανοσία έχει με τον χρόνο αμβλυωθεί. Παράκτιες πεδινές χώρες θα χάσουν σημαντικό μέρος από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και πολλές μεγαλουπόλεις θα έχουν τύχη πολύ χειρότερη της Βενετίας. Στα μικρά γεωγραφικά πλάτη, όπου βρίσκονται και οι πιο φτωχές χώρες, η γεωργική παραγωγή θα μειωθεί κατά 20-40%, ενώ θα αυξηθεί αντίστοιχα στις πλούσιες χώρες του Βορρά. Όπως και στις οικονομικές κρίσεις, έτσι και στην επερχόμενη περιβαλλοντική κρίση, οι ασθενείς οικονομίες θα γίνουν ασθενέστερες και οι ισχυρές ισχυρότερες.

Σε όλη την ιστορία της ζωής, οι οργανισμοί μετανάστευαν προσπαθώντας να επεκτείνουν τον ζωτικό τους χώρο. Με όση επιτυχία τους επέτρεπε το γενετικό τους δυναμικό, οι εγγενείς προσαρμοστικές τους ικανότητες, το περιβάλλον που άλλαζε και η παρουσία ανταγωνιστών. Το ίδιο θα κάνουν και τώρα. Όλοι, φυτά, ζώα και μικρόβια. Το ίδιο και ο άνθρωπος.

*Μετανάστευση,
παντού και πάντα.*

Θυμηθείτε εκείνους τους χάρτες στα βιβλία της Παλαιοανθρωπολογίας, με τα βέλη που υποδεικνύουν τις ανθρώπινες μετακινήσεις. Και μετά, στα βιβλία της ιστορίας, παρόμοια βέλη προς διάφορες κατευθύνσεις, ανάλογα με την ιστορική περίοδο: οι παλινδρομικές μετακινήσεις των αυτοκρατοριών της Μεσοποταμίας κατά μήκος του Τίγρη και του Ευφράτη, οι πολλές έξοδοι των Εβραίων, ο προϊστορικός αποικισμός της Μεσογείου από τους Έλληνες, η διείσδυση του Μεγάλου Αλεξάνδρου στην Ασία, η επέκταση των Ρωμαίων προς όλες τις κατευθύνσεις, των Αράβων προς την Ισπανία διά μέσου της βόρειας Αφρικής. Και μετά οι σταυροφοροί, οι Ούννοι, οι Μογγόλοι, οι Τούρκοι, η δυτική αποικιοκρατία, που τερματίστηκε μόλις πριν από μερικές δεκαετίες. Κόσμος πάει κι έρχεται συνεχώς σε αναζήτηση καλύτερης τύχης, ωθούμενος συχνά από πραγματική ανάγκη και, ακόμη πιο συχνά, από απληστία. Αιτία ο υπερπληθυσμός, ο πόλεμος, μια κλιματική αλλαγή, επανειλημμένες κακές σοδειές, μια κοινωνική κατάρρευση ή ένας θρησκευτικός διωγμός. Άλλοτε δεν χρειάζεται καν αιτία, αλλά αρκεί μόνο η αφορμή. Συνήθως είναι μια ανακάλυψη το μέσο που μας κάνει να νιώθουμε ισχυρότεροι και ανταγωνιστικότεροι από τους γείτονες: ο τροχός, το άλογο, ο χαλκός, ο σίδηρος, το δόρυ, η πυρίτιδα, τα πυροβόλα όπλα, το πλεόνασμα, ο πλούτος και η

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

τάση του να συσσωρεύεται. Αναμφίβολα, τα περισσότερα από τα μεταναστευτικά βέλη στους χάρτες μας δεν είχαν ως κύριο αίτιο την κλιματική αλλαγή. Μπορεί επίσης σήμερα οι απεγνωσμένοι επιβάτες των φουσκωτών και των σαπιοκάραβων να ονομάζονται πρόσφυγες ή οικονομικοί μετανάστες, σύντομα όμως θα είναι και περιβαλλοντικοί, μετανάστες της τροφής και του νερού. Και πάλι από τον Νότο προς τον Βορρά.

Βλέποντας τα τυλιγμένα στις κουβέρτες πτώματα των πνιγμένων, πολλές φορές, φαντάζομαι την επόμενη κλιματική αλλαγή, όταν η τρέχουσα μεσοπαγετώδης περίοδος δώσει αναπόφευκτα τη θέση της στην επόμενη παγετώδη, μετά από 50.000 χιλιάδες χρόνια. Βλέπω τότε ένα αντίστροφο μεταναστευτικό κύμα εξαθλιωμένων Βορείων, σπρωγμένων από την αμείλικτη επέλαση των πάγων, να ικετεύουν με έντρομα μάτια τους Νότιους για άσυλο.

Μήπως διανύουμε την έκτη παγκόσμια μαζική εξαφάνιση;

Για να αποφύγουμε τις παρεξηγήσεις, ας ορίσουμε τι εννοούμε παγκόσμια μαζική εξαφάνιση. Έχουμε ήδη μάθει ότι τα είδη εμφανίζονται, παραμένουν για ένα μικρότερο ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και μετά εξαφανίζονται. Έρχονται, βλέπουν και απέρχονται. Η εμφάνιση, η έλευση στο προσκήνιο, η «ειδογένεση», αν χρησιμοποιήσουμε τεχνικούς όρους, είναι καταρχάς θέμα τύχης. Μια γενετική αλλαγή, που ενδέχεται να προσδώσει σε έναν οργανισμό κάποιους καινοτόμους χαρακτήρες και ίσως νέα μορφή. Αποκαθίσταται έτσι στον πληθυσμό ποικιλομορφία. Ακολουθεί η διαδικασία της φυσικής επιλογής, όπου οι νέοι χαρακτήρες συγκρίνονται με τους παλιούς, με βάση την προσαρμοστική τους αξία στο περιβάλλον, που συνέχεια αλλάζει. Αν κριθούν επιτυχείς, οι νέοι χαρακτήρες αυξάνουν τη συχνότητά τους, εκτοπίζουν τους παλιούς, και ένα νέο είδος αναδύεται στη θέση του προηγούμενου. Η αριθμητική σχέση του παλιού με το νέο είδος δεν είναι πάντα ένα προς ένα. Στο δέντρο της ζωής μπορεί ένας παλαιός κλάδος να δώσει πολλούς νέους, αν τα επιτυχή εξελικτικά πειράματα πλειοψηφήσουν. Πολλές φορές ωστόσο τα πειράματα αποτυγχάνουν εντελώς και το είδος υποκύπτει, καθώς η προσαρμοστική αξία ενός σταθερού γονότυπου σε ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον εκφυλίζεται. Η βιοποικιλότητα, ο συνολικός δηλαδή αριθμός των διαφορετικών ειδών, μπορεί να αυξάνει, να παραμένει σταθερός ή να μειώνεται.

Τι εννοούμε παγκόσμια και τι μαζική εξαφάνιση;

Τα είδη έρχονται και παρέρχονται.

Μακρές περιόδους περιβαλλοντικής σταθερότητας οδηγούν σε βιολογική στασιμότητα και σχετικά σταθερό ή ελαφρώς αυξανόμενο αριθμό ειδών. Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχουν περιβαλλοντικές πιέσεις, δηλαδή λόγος εξαφάνισης, οι κανόνες επιβίωσης είναι σταθεροί, και τα πειράματα ανούσια. Από την άλλη, ήπιες και σταδιακές περιβαλλοντικές αλλαγές δίνουν άπλετο χρόνο στη βιολογική εξέλιξη να αναπτυχθεί και στη φυσική επιλογή να ελέγξει με άνεση τη βιωσιμότητα των καινοτομιών. Είναι οι περιόδους κατά τις οποίες η βιοποικιλότητα αυξάνεται γοργά. Αν μέσα σε αυτό το ήπιο και βαθμιαία μεταβαλλόμενο περιβάλλον εμφανιστεί μια ιδιαίτερα σημαντική καινοτομία, ένας νεωτερισμός με πολλαπλές χρήσεις, τότε η αύξηση στη βιοποικιλότητα μπορεί να πάρει εκρηκτικές διαστάσεις. Τότε η εξέλιξη προχωράει με άλματα. Τέλος, αν οι περιβαλλοντικές αλλαγές πάρουν χαρακτήρα βίαιο, αν οι μεταβολές είναι σφοδρές και χρονικά συμπυκνωμένες, αν ξεπερνούν το βιολογικό μέτρο, οι εξαφανίσεις υπερτερούν των εμφανίσεων και το δέντρο της ζωής αποψιλώνεται.

Η ιστορία της ζωής μας διδάσκει ότι, παρά τα σκαμπανεβάσματα, η βιοποικιλότητα μακροπρόθεσμα αυξάνεται. Συνήθως σταδιακά και με αργό ρυθμό, σπανίως με άλματα. Πολλές φορές το εφελτήριο για ένα άλμα είναι μια προηγηθείσα καταστροφή. Οι 5 μεγάλες παγκόσμιες καταστροφές που συνέβησαν τα τελευταία 500 εκατομμύρια χρόνια, για τα οποία διαθέτουμε ένα καλό παλαιοντολογικό αρχείο, ήταν επεισόδια ταχείας εξαφάνισης σημαντικού αριθμού ειδών, συνήθως πάνω από 40% του συνόλου, μέσα σε χρονικά διαστήματα μερικών χιλιάδων, εκατοντάδων χιλιάδων ή ελάχιστων εκατομμυρίων ετών. Επιπρόσθετες προϋποθέσεις για να χαρακτηριστεί ένα τέτοιο γεγονός ως μαζική εξαφάνιση είναι να αφορά όλο τον πλανήτη και όλες τις μορφές ζωής. Προφανώς, εξαφανίσεις μικρότερης κλίμακας, που αφορούν ειδικές ομάδες οργανισμών και είναι γεωγραφικά εντοπισμένες (π.χ. τα ψάρια μιας λίμνης), δεν συμπεριλαμβάνονται. Οι παγκόσμιες εξαφανίσεις σχετίζονται με παγκόσμιες και όχι τοπικές περιβαλλοντικές αναταράξεις. Εκείνο που επίσης πρέπει να τονίσουμε είναι ότι στις παρελθούσες παγκόσμιες εξαφανίσεις, η μεν δραστική μείωση της βιοποικιλότητας συνέβαινε μέσα σε χιλιάδες ή το πολύ σε 1-2 εκατομμύρια χρόνια, ωστόσο η επανάκαμψη στα παλιά επίπεδα βιοποικιλότητας (ενδεχομένως και σε ανώτερα) απαιτούσε τουλάχιστον 10 εκατομμύρια χρόνια, και συνήθως πολύ περισσότερα.

Η εξαφάνιση είναι μαζική όταν αφορά όλες τις μορφές ζωής...

...ενώ είναι παγκόσμια όταν το φαινόμενο αφορά όλο τον πλανήτη.

Η εξαφάνιση συμβαίνει γρήγορα και η επανάκαμψη αργά.

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Και ας μην ξεχνάμε ότι εκείνοι που την πληρώνουν ακριβά είναι οι πιο εξειδικευμένοι, αυτοί που καταναλώνουν δυσανάλογα πολλούς πόρους.

Μετά από αυτές τις απαραίτητες διευκρινίσεις, ας δούμε αν είναι εύλογο το ερώτημα του τίτλου. Είναι δύσκολο να υπολογίσει κανείς πόσα είδη εξαφανίζονται ετησίως. Οι πιο μέτριες εκτιμήσεις μιλούν για 3.000, ενώ οι πιο δυσμενείς τα ανεβάζουν στις 30.000. Αν ο ρυθμός εξαφάνισης διατηρηθεί και στο μέλλον σε αυτά τα επίπεδα, μέσα στον επόμενο αιώνα θα χαθούν τελεσίδικα έως και 3 εκατομμύρια είδη. Είναι επίσης δύσκολο να υπολογιστεί πόσα, συνολικά, είδη υπάρχουν αυτή τη στιγμή στον πλανήτη. Πολλά δεν τα έχουμε ακόμη ανακαλύψει, και είναι σίγουρο ότι ένα σημαντικό ποσοστό ειδών θα εξαφανιστούν πριν ανακαλυφθούν. Οι απόψεις συγκλίνουν σε έναν τρέχοντα αριθμό που ίσως ξεπερνά τα 20 εκατομμύρια, εξαιρουμένων των βακτηρίων. Είναι ακόμη δυσκολότερο να υπολογιστεί πόσα νέα είδη εμφανίζονται. Οι περισσότεροι όμως συμφωνούν ότι ο τρέχων ρυθμός της εξαφάνισης είναι μεγαλύτερος από αυτόν της εμφάνισης νέων ειδών κατά 50-500 φορές. Αν οι υπολογισμοί είναι στοιχειωδώς σωστοί, μέσα σε τρεις χιλιαετίες ο πλανήτης θα βρεθεί με τα μισά από τα είδη που υπάρχουν σήμερα και το δέντρο της ζωής κουτσουρεμένο. Πολλοί υποστηρίζουν ότι θα ήταν σωστότερο να αναρωτιόμαστε όχι ποια είδη θα εξαφανιστούν, αλλά ποια τελικώς θα επιβιώσουν. Πρόκειται όντως για εκατόμβη. Υπό μία έννοια, όλα τα σημερινά είδη είναι μελλοθάνατα και το ερωτηματικό στον τίτλο του κεφαλαίου εντελώς ρητορικό.

Ποια είναι τα αίτια της έκτης μαζικής εξαφάνισης; Σχετίζονται μήπως με τη συντελούμενη ανθρωπογενή παγκόσμια κλιματική αλλαγή; Με την υπερθέρμανση του πλανήτη;

Είναι δύσκολο να απαντήσει κανείς καταφατικά, αλλά είναι λάθος να απαντήσει αρνητικά. Οι σημερινοί οργανισμοί έχουν εξελιχθεί σε ένα περιβάλλον που τα τελευταία 5 εκατομμύρια χρόνια ήταν αρκετά ψυχρότερο από το τωρινό. Θα ήταν λογικό λοιπόν να υποθέσουμε ότι η υπερθέρμανση θα τους ενοχλήσει. Ωστόσο, η υπερθέρμανση αυτή είναι θέμα των τελευταίων μόλις δεκαετιών και είναι ακόμη ήπια. Αντίθετα, οι εξαφανίσεις έχουν αρχίσει εδώ και αρκετές χιλιάδες χρόνια, ιδιαίτερα αν μιλήσουμε για τα μεγάλα θηλαστικά και τα πτηνά. Συνέβαιναν κατά την τελευταία παγετώδη και εξακολουθούν να συμβαίνουν μέχρι σήμερα.

Στην εποχή μας, κάθε χρόνο εξαφανίζονται από 3.000 έως 30.000 είδη.

Η εξαφάνιση των μεγάλων θηλαστικών της Ευρασίας και της Αμερικής συνέπεσε με την επέκταση του ανθρώπου στις περιοχές αυτές.

Τα αίτια λοιπόν δεν φαίνεται να είναι κλιματικά, δεν φαίνει το κρύο ή η ζέστη. Η κυρίαρχη άποψη μεταξύ των εξελικτικών βιολόγων και των οικολόγων είναι ότι η εξαφάνιση των μεγάλων θηλαστικών (και ως τέτοια ας θεωρήσουμε αυτά που έχουν βάρος πάνω από 40 κιλά), σχετίζεται με την επέκταση του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του πέρα από την Αφρική. Μέσα σ' αυτό το χρονικό διάστημα εξαφανίστηκε το 30% των μεγάλων θηλαστικών στην Ευρασία, το 95% στην Αυστραλία και το 80% στην Αμερική. Ωστόσο, μόλις το 5% εξαφανίστηκε στην κοιτίδα του ανθρώπου, την υποσαχάρια Αφρική, εκεί όπου ο άνθρωπος και τα θηρία συνυπήρξαν και συνεξελίχθηκαν τα τελευταία 3-4 εκατομμύρια χρόνια. Γιατί όμως η έξοδος του ανθρώπου από την Αφρική σήμανε τη θανατική καταδίκη για θηρία όπως ο μαστόδοντας, το μαμούθ, ο τριχωτός ρινόκερος, ο γιγάντιος ιπποπόταμος, το χαλικοθήριο, το δεινοθήριο και τόσα άλλα θαυμαστά πλάσματα; Και γιατί δόθηκε χάρη στους Αφρικανούς συγγενείς τους;

Όταν ο *Homo sapiens* αποφάσισε να αναζητήσει την τύχη του πέρα από την Αφρική ήταν ήδη ένας ευφυής κυνηγός. Χρησιμοποιούσε οστά, ξύλινα και λίθινα εργαλεία ως φονικά όπλα, κυνηγούσε ομαδικά και με σχέδιο, και τα μέλη της ομάδας είχαν τη δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Είναι ακόμη άγνωστο πότε επινοήθηκε η γλώσσα, ενδεχομένως όμως να διέθεταν και αυτό το πλεονέκτημα. Τουλάχιστον, διέθεταν τις ανατομικές και εγκεφαλικές προϋποθέσεις: κατάλληλη διαμόρφωση της στοματικής κοιλότητας και διεύρυνση της αντίστοιχης φαρυγγικής, τροποποίηση του υοειδούς οστού, ανάπτυξη της περιοχής του εγκεφάλου που συνδέεται με την ομιλία. Συνάμα έκαναν χρήση της φωτιάς όχι μόνο για να ζεσταίνονται αλλά και για να ξετρυπώνουν τα θηράματα. Ήταν ανίκητοι. Ο ανταγωνισμός με τους υπόλοιπους κυνηγούς, δηλαδή τα μεγάλα αιλουροειδή και άλλα ογκώδη σαρκοφάγα, κατέληξε προς όφελος του νέου εισβολέα. Τα μεγάλα σαρκοφάγα, όχι μόνο λιμοκτονούσαν, καθώς οι πληθυσμοί των φυτοφάγων μειώνονταν από τη δραστηριότητα του ανθρώπου, αλλά έπεφταν και άμεσα θύματα της φονικής του δεινότητας. Δεν τα προτιμούσε ως τροφή, ωστόσο είχε κάθε λόγο να τα εξολοθρεύσει: άνθρωπος και αιλουροειδή κυνηγούσαν τα ίδια θηράματα. Τηρουμένων των αναλογιών, ο πρωτόγονος άνθρωπος έκανε ό,τι και ο σύγχρονος, που καταπολεμά τους εχθρούς των καλλιεργειών με εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα.

Πολλές φορές στη φύση παρατηρούμε μηχανισμούς αρμονικής ισορροπίας μεταξύ των πληθυσμών και αποφυγής εξάντλησης των αποθεμάτων. Δεν συμφέρει τον κυνηγό να εξαφανίσει με την υπερκατανάλωση τη λεία του, γιατί μετά θα πεινάσει. Όπως δεν συμφέρει και το παράσιτο να εξοντώσει τον ξενιστή, γιατί θα εξοντωθεί και το ίδιο. Θύτες και θύματα αναπτύσσουν με την εξέλιξη τα πολεμοφόδιά τους, επιθετικά οι μεν και αμυντικά οι δε, με τέτοιο τρόπο, όμως, ώστε κανείς να μην αφανίζεται αλλά και κανείς να μην λιμοκτονεί. Γιατί η αρχή αυτή δεν εφαρμόστηκε στην περίπτωση του ανθρώπου και των θηραμάτων του; Φαίνεται ότι μερικοί οργανισμοί έχουν τα βιολογικά εφόδια να είναι περισσότερο άπληστοι. Σε αντίθεση με τους εξειδικευτές, οι οποίοι έχουν μονότονες και στενά εκλεκτικές τροφικές προτιμήσεις (το κινέζικο πάντα θα εξαφανιστεί, αν εξαφανιστεί και το δάσος μπαμπού), οι λεγόμενοι γενικευτές δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα, μια και η πεπτική τους φυσιολογία ανέχεται πολλά και ποικίλα πιάτα. Ο άνθρωπος και τα υπόλοιπα παμφάγα δεν διστάζουν να εξαντλήσουν το μενού εδώ, μια και μπορούν να βρουν κάτι φαγώσιμο παραπέρα. Ακόμη και αν τα θηράματα εκλείψουν εντελώς, μπορεί να το γυρίσουν στη χορτοφαγία.

Μια μερίδα επιστημόνων αμφιβάλλει για τη συμβολή της ανθρώπινης προέλασης στην εξαφάνιση των μεγάλων ζώων. Αντιπροτείνουν κλιματικές αιτίες ή φοβερές επιδημίες, ενδεχομένως και σε συνδυασμό με την ανθρώπινη πίεση. Ισχυρός συνήγορος, όμως, στην άποψη που ενοχοποιεί τις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι η χρονική αλληλουχία των γεγονότων. Όταν η αρχαιολογία και η παλαιοντολογία συναντήθηκαν με τις σύγχρονες μεθόδους ραδιοχρονολόγησης, βρέθηκε ότι τα πρώτα ίχνη της παρουσίας του ανθρώπου (συνήθως τα εργαλεία του), στις περισσότερες (εκτός Αφρικής) περιοχές του κόσμου, ακολουθούνται πάντοτε από τη μαζική εξαφάνιση των μεγάλων θηλαστικών, μέσα σε μία χιλιετία το πολύ. Στην Αυστραλία πριν από 40.000 χρόνια, στην Αμερική πριν από 20.000 και στη Μαδαγασκάρη, όπου ο άνθρωπος αποβιβάστηκε μόλις πρόσφατα, πριν από 2.000 χρόνια.

Κάπως έτσι, ο υπέρτατος και ευφυέστατος κυνηγός, ο μοναδικός κάτοχος του προνομίου ανεπτυγμένης ομιλίας και συμβολικής γλώσσας, ο δαμαστής της φωτιάς και επινοητής πολύπλοκων εργαλείων, περιόρισε τους πληθυσμούς και τον ζωτικό χώρο των μεγάλων θηλαστικών και πτηνών τόσο πολύ, ώστε να τα οδηγήσει σε

Σε μια περιοχή, η εμφάνιση εργαλείων που σχετίζονται με το κυνήγι συνοδεύεται από την εξαφάνιση των μεγάλων θηλαστικών μέσα στην επόμενη χιλιετία.

Δεν συμβαίνει όμως το ίδιο στην Αφρική, όπου η μακρά συνύπαρξη του ανθρώπου με τα μεγάλα θηλαστικά τα κατέστησε φιλόποπτα και προσεκτικά...

...ενώ η απουσία συνύπαρξης στις άλλες ηπείρους τα κατέστησε αφελή και ενάλωτα.

Άλλα αίτια για την πρόσφατη κρίση βιοποικιλότητας.

εξαφάνιση. Γιατί όμως δεν συνέβη το ίδιο και στην Αφρική; Ήταν οι Αφρικανοί κυνηγοί λιγότερο επιδέξιοι ή μήπως τα μεγάλα ιθαγενή θηλαστικά περισσότερο προσεκτικά και καχύποπτα; Τίποτα δεν μας κάνει να πιστέψουμε την πρώτη εκδοχή. Η δεύτερη όμως είναι προφανής. Οι φωτογράφοι της άγριας φύσης γνωρίζουν ότι για να απαθανατίσουν μια στρουθοκάμηλο της αφρικανικής σαβάννας χρειάζονται ισχυρό τηλεφακό και γρήγορα αντανakλαστικά. Μπορούν όμως να σουλατσάρουν με την ησυχία τους ανάμεσα στους πιγκουίνους της Ανταρκτικής, ψάχνοντας για ένα γκροπλαν του πιο χαριτωμένου. Φαίνεται πως στην Αφρική, η μακρά συνύπαρξη στον ίδιο χώρο, και για αρκετό χρόνο, του ανθρώπου, των θηραμάτων του και των ανταγωνιστών του, συνέβαλε ώστε να εξελιχθούν με τρόπο αμοιβαίο οι αντίστοιχες στρατηγικές της συμπεριφοράς τους. Στη στρατηγική της άμυνας εμπεριέχεται η υποχώρηση, η απόκρυψη, η αποφυγή, απέναντι σε ένα είδος που έχει καταγραφεί ως απειλητικό. Κατά την έξοδό του όμως από την Αφρική, ο άνθρωπος αντιμετώπισε ζώα μάλλον αφελή, με άγνοια κινδύνου. Υποψήφια θηράματα που δεν τον είχαν ποτέ συναντήσει, και στα οποία η καχυποψία υποχωρούσε μπροστά στην περιέργεια. Ο φωτογράφος της Ανταρκτικής, στη θέση της ακίνδυνης κάμερας, θα μπορούσε κάλλιστα να κρατά πιστόλι ή να κραδαίνει τσεκούρι. Να χτυπήσει εξ επαφής.

Ο άνθρωπος δεν κυνηγά πια για να ζήσει. Εδώ και 12.000 χιλιάδες χρόνια, η γεωργία και η κτηνοτροφία επικράτησαν ως τρόποι παραγωγής τροφής, και έτσι σταμάτησε η κυνηγετική πίεση στα άγρια ζώα. Ωστόσο, ο ρυθμός της εξαφάνισής τους δεν ανακόπηκε. Αντίθετα, το πρόβλημα συνεχώς οξύνεται. Ας δούμε λοιπόν συνοπτικά τα υπόλοιπα αίτια και τις συνέπειες της έκτης μεγάλης μαζικής εξαφάνισης.

Πριν από την αυγή της γεωργίας, ο παγκόσμιος ανθρώπινος πληθυσμός υπολογίζεται ότι έφτανε τα 5 εκατομμύρια. Μέχρι την εποχή του Χριστού είχε αγγίξει τα 200 εκατομμύρια, δηλαδή αυξήθηκε κατά 40 φορές. Σήμερα ξεπέρασε τα 7 δισεκατομμύρια, δηλαδή αυξήθηκε κατά 35 φορές από την εποχή του Χριστού. Όπως θα δούμε με λεπτομέρειες αργότερα, η αύξηση αυτή δεν είναι συνεχής. Μεγάλα πληθυσμιακά άλματα παρατηρήθηκαν μετά την υιοθέτηση της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, και μετά τη βιομηχανική και τεχνολογική επανάσταση. Ο αυξανόμενος πληθυσμός απαιτεί χώρο. Για την ανάπτυξη των πόλεων, τη γεωργία, τη διατροφή των

4. Η ΖΩΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

εξημερωμένων ζώων, τη βιομηχανία, την εξόρυξη πρώτων υλών κ.λπ. Σήμερα, το 11% της χέρσου είναι καλλιεργούμενες εκτάσεις και το 26% βοσκότοποι. Άμεσα ή έμμεσα λοιπόν, το 37% χρησιμοποιείται για να θρέψει και να ντύσει ένα και μόνο είδος. Στις υπόλοιπες ανθρώπινες χρήσεις, αστικές, βιομηχανικές κ.λπ. αφιερώνεται το 31%. Απομένει ένα 32% για τη λεγόμενη άγρια ζωή, παρότι ούτε κι αυτό μπορεί να θεωρηθεί εντελώς αδιατάρακτο. Τα μοντέλα προβλέπουν ότι, αν ληφθούν κάποια μέτρα ελέγχου των γεννήσεων, ενδεχομένως ο παγκόσμιος πληθυσμός του ανθρώπου να σταθεροποιηθεί προς το τέλος του τρέχοντος αιώνας στα 15 δισεκατομμύρια ψυχές. Αν σήμερα ένα και μόνο είδος εκμεταλλεύεται το 68% της γης, τι θα συμβεί όταν ο πληθυσμός του διπλασιαστεί; Αν οι επόμενες γενεές διεκδικήσουν σθεναρά και δικαιολογημένα το δικαίωμα να ζήσουν τόσο άνετα όσο και εμείς; Με την ίδια, έστω, κατά κεφαλήν κατανάλωση τροφής και ενέργειας;

Δεν είναι όμως μόνο η μείωση του ζωτικού χώρου που μετρά. Ό,τι έχει αφηθεί στην άγρια ζωή είναι ισχυρά κατακερματισμένο. Διασχίζεται από δρόμους και διακόπτεται από πυρήνες ανθρώπινης δραστηριότητας που παρακωλύουν τις φυσικές μετακινήσεις

Η χρήση της γης...

...ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων...

Το ντόντο (*Raphus cucullatus*), μεγάλοςωμο άπτερο πτηνό, ζούσε για εκατομμύρια χρόνια απομονωμένο σε ένα νησί του Ινδικού ωκεανού. Έτυχε να έχει αρκετή τροφή και καθόλου εχθρούς. Έτσι, η μετάλλαξη που το απάλλαξε από τα φτερά του δεν είχε δυσμενείς συνέπειες. Το ντόντο γνώρισε για πρώτη φορά τον άνθρωπο το 1598, όταν το νησί του ανακαλύφθηκε, έγινε ολλανδική αποικία, και ονομάστηκε Μαυρίκιος. Τελευταία φορά που το πουλί εθεάθη στην περιοχή ήταν το 1662. Όλος ο πληθυσμός εξολοθρεύτηκε μέσα σε 64 χρόνια, από τον άνθρωπο και τα οικιακά του ζώα. Δεν επρόκειτο για κυνήγι. Το ντόντο ήταν τόσο αφελές και καλόβολο, που μπορούσες να προχωρήσεις προς το μέρος του, να το πιάσεις από τον λαιμό και να του στρίψεις το λαρύγγι με την ησυχία σου.

Το πόδι του ανθρώπου πάτησε για πρώτη φορά τη Νέα Ζηλανδία γύρω στο 1300 μ.Χ. Τα κυρίαρχα φυτοφάγα ζώα ήταν τα μόα. Επρόκειτο για εννέα είδη άπτερων πτηνών του γένους *Dinornis* (δεινός όρνις, δηλαδή «φοβερό πουλί»). Όλα ευμεγέθη, με το μεγαλύτερο να φτάνει σε ύψος 3,5 μέτρων. Έχοντας ως μοναδικό θηρευτή έναν εξίσου γιγάντιο αετό, με το εξίσου χαρακτηριστικό όνομα *Harpagornis*, αψηφούσαν κάθε άλλο κίνδυνο, εκτός από αυτόν που ερχόταν από τον ουρανό. Πρέπει να ήταν νόστιμη τροφή, αλλά και εύκολη λεία για τους αποικιστές Μαορί. Μέσα σε 100 χρόνια οι δεινοί όρνιθες εξαφανίστηκαν. Την ίδια τύχη είχε και ο άρπαγας όρνις.