

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΙΔΙΚΗΣ
ΑΓΩΓΗΣ



ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΚΠΑΛΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Κατανοώντας την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας
της Εξέλιξης από εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης»

Αικατερίνη Χριστοδούλου

ΒΟΛΟΣ, 2025

UNIVERSITY OF THESSALY
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND AQUATIC
ENVIRONMENT AND DEPARTMENT OF SPECIAL EDUCATION



JOINT POSTGRADUATE PROGRAMME
«EDUCATION FOR SUSTAINABILITY AND THE ENVIRONMENT»

JOINT POSTGRADUATE MASTER'S THESIS

«Understanding the concept of Geological Time and the Theory of
Evolution by primary school teachers»

Aikaterini Christodoulou

VOLOS 2025

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, Έτος 2025. Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία (Μ.Δ.Ε.), η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών: Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον και τα λοιπά αποτελέσματα αυτής αποτελούν συνιδιοκτησία του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα και το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, όπου εκπονήθηκε η Μ.Δ.Ε. καθώς και τον Επιβλέποντα Καθηγητή και την Επιτροπή Αξιολόγησης.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αθανασίου Κυριάκος, Ομότιμος Καθηγητής, ΕΚΠΑ, ***Επιβλέπων.***

Παρασκευόπουλος Στέφανος, Ομότιμος Καθηγητής, ΠΤΕΑ, Σχολή, Π.Θ., ***Μέλος.***

Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Καθηγήτρια, Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Π.Δ.Μ.,
Μέλος.

ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Αφιερωμένο στην Ελένη που μου έμαθε να εξελίσσομαι.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Αθανασίου Κυριάκο, για την υποστήριξη και την αμέριστη βοήθεια κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μελέτη διερευνά την κατανόηση των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής. Η κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης είναι θεμελιώδης για την εκπαίδευση των παιδιών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς αυτά τα θέματα συνδέονται άμεσα με τη διαμόρφωση της αντίληψής τους για τη φυσική ιστορία του πλανήτη και της ζωής. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αναμένεται να αναδείξουν τα υφιστάμενα επίπεδα κατανόησης και να αναδείξουν τους παράγοντες που την ενισχύουν. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στο θεωρητικό μέρος της εργασίας ήταν η βιβλιογραφική ανασκόπηση και στο ερευνητικό, η ποσοτική, πρωτογενής, συγχρονική έρευνα συσχέτισης με χρήση ερωτηματολογίου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός: Να διερευνηθούν α) τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και Θεωρία της Εξέλιξης, β) να καθοριστούν οι παράγοντες επιρροής της κατανόησης.

Μεθοδολογία: Διεξήχθη μία ποσοτική, πρωτογενής, συγχρονική έρευνα συσχέτισης. Το δείγμα αποτέλεσαν 153 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μέσης ηλικίας 42 ετών, στην πλειοψηφία τους γυναίκες, δάσκαλοι, κάτοχοι μεταπτυχιακού οι οποίοι εργάζονται στον δημόσιο τομέα για 14,5 περίπου έτη. Η κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου μετρήθηκε με το Geoscience Concept Inventory (GCI) και η κατανόηση της Θεωρίας της Εξέλιξης με το Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS). Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε από 2/5/2025 έως 22/5/2025. Η ανάλυση δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε σημαντικότητα 5% στο SPSS 26 χρησιμοποιώντας μη παραμετρικούς ελέγχους.

Αποτελέσματα: Παρατηρήθηκαν μέτρια προς χαμηλά επίπεδα στους παράγοντες «Θεωρία Εξέλιξης» (38,46%) και «Γεωλογικός Χρόνος» (39,51%), οι οποίοι συσχετίστηκαν θετικά ($\rho (153)=0,458^{**}$). Οι δάσκαλοι βαθμολογήθηκαν υψηλότερα στην «Θεωρία Εξέλιξης» ($M.O. \text{ Νηπιαγωγός}=31,9$ vs $M.O. \text{ Δάσκαλος}=40,19$, $p=0,008$) και στον «Γεωλογικό Χρόνο» ($M.O. \text{ Νηπιαγωγός}=29,17$ vs $M.O. \text{ Δάσκαλος}=42,24$, $p=0,010$). Όσοι έλαβαν εκπαίδευση στην βιολογία βαθμολογήθηκαν υψηλότερα στην «Θεωρία Εξέλιξης» ($M.O. \text{ Έχω λάβει εκπαίδευση}=43,34$ vs $M.O. \text{ Δεν έχω λάβει εκπαίδευση}=36,02$, $p=0,008$) και στον «Γεωλογικό Χρόνο» ($M.O. \text{ Έχω λάβει εκπαίδευση}=48,80$ vs $M.O. \text{ Δεν έχω λάβει εκπαίδευση}=34,86$, $p=0,002$). Το ενδιαφέρον για τα βιολογικά θέματα συσχετίστηκε θετικά με τη «Θεωρία Εξέλιξης» ($\rho (153)=0,270^{**}$) και με τον «Γεωλογικό Χρόνο» ($\rho (153)=0,287^{**}$).

Συμπεράσματα: Τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης αξιολογήθηκαν κάτω του μετρίου. Η κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού χρόνου θεωρήθηκε αλληλένδετη με την κατανόηση της Θεωρίας της Εξέλιξης. Υψηλότερα επίπεδα κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης εμφάνισαν α) οι δάσκαλοι σε σύγκριση με τους νηπιαγωγούς, β) όσοι έχουν λάβει εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας, γ) όσοι έχουν υψηλό ενδιαφέρον για βιολογικά θέματα.

Λέξεις κλειδιά: Θεωρία Εξέλιξης, Φυσική Επιλογή, Γεωλογικός Χρόνος, Κατανόηση, Εκπαιδευτικοί, Πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	vi
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	vii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	xiii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	3
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Επισκόπηση των θεωριών της εξέλιξης	3
1.1. Η ιδέα της εξέλιξης και οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι	3
1.2. Η θεωρία του Jean Baptiste Lamarck	5
1.3. Η θεωρία της φυσικής επιλογής.....	7
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η έννοια του Γεωλογικού Χρόνου	11
2.1. Προσδιορισμός της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου.....	11
2.2. Διαίρεση Γεωλογικού Χρόνου.....	12
2.3. Η σημασία της χρονικής κλίμακας στις Φυσικές Επιστήμες.....	15
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Γεωλογικός Χρόνος και Θεωρία της Εξέλιξης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.....	20
3.1. Η διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση....	20
3.2. Απόψεις μαθητών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου.....	23
4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών	27
4.1. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη Θεωρία της Εξέλιξης	27
4.2. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου	30
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	33
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία έρευνας	33
5.1. Ερευνητική στρατηγική	33
5.2. Εργαλείο συλλογής δεδομένων	34
5.3. Δείγμα και διαδικασία συλλογής δεδομένων.....	36
5.4. Μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων	38
6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αποτελέσματα έρευνας.....	39
6.1. Περιγραφική Στατιστική.....	39
6.1.1. Δημογραφικά και επαγγελματικά στοιχεία.....	39

6.1.2. Θεωρία Εξέλιξης μέσω Φυσική Επιλογής.....	41
6.1.3. Γεωλογικός χρόνος.....	47
6.2. Επαγωγική ανάλυση	50
6.2.1. Επίπεδα κατανόησης	50
6.2.2. Συσχέτιση παραγόντων γνώσης	50
6.2.3. Επίδραση δημογραφικών και επαγγελματικών στοιχείων στα επίπεδα γνώσης	50
7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ. Συμπεράσματα έρευνας.....	54
7.1. Συζήτηση.....	54
7.2. Περιορισμοί	60
7.3. Προτάσεις	60
7.4. Σύνοψη.....	61
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	62
Ξενόγλωσση.....	62
Ελληνόγλωσση.....	76
ABSTRACT	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ερωτηματολόγιο	79
Εισαγωγικό σημείωμα.....	79
Α)Δημογραφικά στοιχεία.....	80
Β)Θεωρία Εξέλιξης.....	81
Γ)Γεωλογικόςχρόνος.....	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ανάλυση αξιοπιστίας παραγόντων κατανόησης.....	35
Πίνακας 2: Έλεγχος κανονικότητας παραγόντων κατανόησης	38
Πίνακας 3: Δημογραφικά και επαγγελματικά στοιχεία εκπαιδευτικών.....	40
Πίνακας 4: Εξέλιξη σπίνων των Νησιών Γκαλαμπάγκος.....	41
Πίνακας 5: Εξέλιξη λεβιστών της Βενεζουέλας	44
Πίνακας 6: Εξέλιξη σαυρών των Καναρίων Νήσων	45
Πίνακας 7: Αντίληψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου	47
Πίνακας 8: Συνολικά επίπεδα κατανόησης	50
Πίνακας 9: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης	50
Πίνακας 10: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς το φύλο	50
Πίνακας 11: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με την ηλικία	51
Πίνακας 12: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς τη βαθμίδα εκπαίδευσης	51
Πίνακας 13: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με τα έτη προϋπηρεσίας	51
Πίνακας 14: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς το μορφωτικό επίπεδο.....	52
Πίνακας 15: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς τον φορέα εργασίας.....	52
Πίνακας 16: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με την τάξη βιολογίας	52
Πίνακας 17: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με την αντίληψη εξέλιξης σύμφωνα με τη βιολογία ..	52
Πίνακας 18: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς την εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας	53
Πίνακας 19: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με το ενδιαφέρον για τα βιολογικά θέματα	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Ερευνητικό μοντέλο.....	34
Σχήμα 2: Αξιολόγηση στους σπίνους.....	43
Σχήμα 3: Αξιολόγηση στους λεβιστές.....	45
Σχήμα 4: Αξιολόγηση στις σαύρες.....	47
Σχήμα 5: Αξιολόγηση στον Γεωλογικό Χρόνο.....	49

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Γεωλογικός Χρόνος είναι η χρονική κλίμακα που χρησιμοποιούν οι γεωλόγοι και οι επιστήμονες, για να μελετήσουν και να περιγράψουν την ιστορία της Γης, από τη δημιουργία της μέχρι σήμερα. Η κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης είναι θεμελιώδης για την εκπαίδευση των παιδιών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς αυτά τα θέματα συνδέονται άμεσα με τη διαμόρφωση της αντίληψής τους για τη φυσική ιστορία του πλανήτη και της ζωής. Ο Γεωλογικός Χρόνος αναφέρεται στην τεράστια χρονική κλίμακα, που εκτείνεται σε δισεκατομμύρια χρόνια, κατά την οποία εξελίχθηκαν οι γεωλογικές διαδικασίες και η ζωή στη Γη (Chakrabarty, 2018). Η κατανόηση αυτής της έννοιας βοηθά τα παιδιά να κατανοήσουν τη σχέση ανάμεσα στο παρελθόν, το παρόν και το μέλλον, και να αντιληφθούν ότι οι διαδικασίες του πλανήτη δεν εξελίσσονται σε ανθρώπινα χρονικά πλαίσια, αλλά σε γεωλογικές κλίμακες χρόνου που είναι πολύ μεγαλύτερες από τη δική τους ζωή.

Η Θεωρία της Εξέλιξης, από την άλλη, εξηγεί πώς η ζωή στη Γη αναπτύχθηκε και διαφοροποιήθηκε μέσω φυσικών διεργασιών, όπως η φυσική επιλογή και η προσαρμογή στα περιβαλλοντικά δεδομένα (Darwin, 1859/2023). Αυτή η θεωρία, που υποστηρίχθηκε από τα έργα του Κάρολου Δαρβίνου και άλλων επιστημόνων, αποτελεί θεμελιώδη πυλώνα της σύγχρονης βιολογίας και προσφέρει ένα πλαίσιο για την κατανόηση της πορείας των ειδών και της ανθρώπινης εξέλιξης.

Για τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, η κατανόηση αυτών των δύο εννοιών είναι ουσιώδης για τη διαμόρφωση ενός παιδαγωγικού πλαισίου που προάγει την επιστημονική σκέψη και την κριτική προσέγγιση της φύσης του κόσμου, παρόλο που οι εκπαιδευτικοί δεν διαθέτουν πάντοτε επαρκείς γνώσεις (Mavrikaki & Athanasiou, 2011) ή φαίνεται να αντιμετωπίζουν άλλου τύπου δυσκολίες ως προς τη διδασκαλία (Stasinakis & Athanasiou, 2016). Σε κάθε περίπτωση, η ενσωμάτωση αυτών των θεμάτων στα μαθήματα θα βοηθήσει τους/ις μαθητές/ριες να αναπτύξουν μια σφαιρική αντίληψη της φύσης και των φυσικών διαδικασιών, προάγοντας την περιβαλλοντική συνείδηση και την επιστημονική σκέψη από νωρίς στην εκπαιδευτική τους πορεία.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση του βαθμού κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης από τους εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και ο προσδιορισμός των παραγόντων που επιδρούν στον βαθμό κατανόησης. Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- 1) *Ποια είναι τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής.*
- 2) *Ποιοι δημογραφικοί και επαγγελματικοί παράγοντες επηρεάζουν την κατανόηση των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης.*

Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, στο πρώτο κεφάλαιο επιτελείται μια επισκόπηση των θεωριών της εξέλιξης, ενώ στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάται η έννοια του Γεωλογικού Χρόνου καθώς και η διαίρεσή του σε αιώνες και περιόδους σε συνάρτηση με τη γεωλογική χρονική κλίμακα και τον ρόλο της στις Φυσικές Επιστήμες. Έπειτα, στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τη διδασκαλία του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο διερευνώνται οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τις έννοιες αυτές.

Το ερευνητικό μέρος της εργασίας αρχίζει στο Κεφάλαιο 5, όπου παρουσιάζεται η Μεθοδολογία έρευνας η οποία εστιάζει στην ερευνητική στρατηγική, στα μέσα συλλογής δεδομένων και στην διαδικασία, στο δείγμα και στις μεθόδους ανάλυσης των δεδομένων. Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας με χρήση Περιγραφικής και Επαγωγικής Στατιστικής. Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της έρευνας όπου συζητούνται τα ευρήματα και συγκρίνονται με τα αντίστοιχα άλλων ερευνών, παρουσιάζονται οι περιορισμοί, οι προτάσεις και μία τελική σύνοψη.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Επισκόπηση των θεωριών της εξέλιξης

1.1. Η ιδέα της εξέλιξης και οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι

Η ιδέα της εξέλιξης αποτελεί έναν από τους πιο θεμελιώδεις άξονες της σύγχρονης βιολογικής σκέψης και αναφέρεται στη σταδιακή μεταβολή των ειδών μέσα στον χρόνο. Σύμφωνα με αυτήν, οι ζωντανοί οργανισμοί δεν είναι στατικοί ούτε δημιουργήθηκαν με την τελική μορφή τους, αλλά έχουν μεταβληθεί, διαφοροποιηθεί και προσαρμοστεί μέσα από αμέτρητες γενεές (Baldwin, 2018). Η εξέλιξη εξηγεί την τεράστια ποικιλομορφία της ζωής στη Γη και προσφέρει ένα συνεκτικό πλαίσιο για την κατανόηση της φυσικής ιστορίας όλων των οργανισμών, συμπεριλαμβανομένου του ανθρώπου.

Ο αρχαίος φιλόσοφος Ηράκλειτος ήταν από τους πρώτους που παρατήρησαν την αιώνια κίνηση των όντων. Παρόλο που ο Ηράκλειτος δεν μίλησε για εξέλιξη με τη σύγχρονη επιστημονική έννοια του όρου, η κοσμοαντίληψή του βασίστηκε στην έννοια της διαρκούς μεταβολής και της ροής, ιδέες που συνδέονται άμεσα με την αίσθηση της συνεχούς αλλαγής και μετασχηματισμού (Geldard, 2000). Άλλωστε, κεντρική θέση στο φιλοσοφικό του σύστημα έχει η φράση «τὰ πάντα ῥεῖ» (Westbroek, Habgood & Williams, 2024). Με αυτό, ο Ηράκλειτος ήθελε να δηλώσει ότι τίποτε στον κόσμο δεν παραμένει αμετάβλητο· όλα τα πράγματα βρίσκονται σε συνεχή διαδικασία αλλαγής.

Οι ιδέες του Θαλή του Μιλήσιου γύρω από τη φύση, την προέλευση της ζωής και τη λειτουργία του κόσμου θεμελίωσαν ένα νέο τρόπο σκέψης που άνοιξε τον δρόμο για μεταγενέστερες εξελικτικές αντιλήψεις. Ο Θαλής είναι κυρίως γνωστός για την άποψή του ότι το νερό αποτελεί την αρχική ουσία (ἀρχή) από την οποία προήλθαν όλα τα πράγματα (Cantor, 2022). Σε μια εποχή όπου οι κοσμολογικές ερμηνείες βασίζονταν σε μυθολογικά αφηγήματα, ο Θαλής πρότεινε μια ριζοσπαστική φυσική ερμηνεία του κόσμου. Υποστήριξε ότι όλα τα όντα και όλα τα φυσικά φαινόμενα προέρχονται από το νερό, είτε με άμεσο είτε με έμμεσο τρόπο, και ότι το νερό βρίσκεται στη βάση της ζωής

και της ύλης. Η θεώρηση αυτή, αν και απλή, εμπεριέχει σημαντικά στοιχεία που σχετίζονται με την ιδέα της φυσικής αλλαγής και της εξέλιξης (Cohen, Curd & Reeve, 2016). Ο Θαλής βλέπει τον κόσμο όχι ως στατικό και αμετάβλητο, αλλά ως αποτέλεσμα φυσικών διαδικασιών μετασχηματισμού. Η ουσία από την οποία προέρχονται τα πάντα, το νερό, μπορεί να αλλάζει μορφές και να γεννά διαφορετικές μορφές ζωής και ύλης, μέσα από διαδικασίες που ενυπάρχουν στη φύση και όχι ως αποτέλεσμα θεϊκών παρεμβάσεων.

Επίσης, ο Αναξίμανδρος, μαθητής του Θαλή του Μιλήσιου, και μία από τις σημαντικότερες μορφές της προσωκρατικής φιλοσοφίας, υπήρξε από τους πρώτους στοχαστές που διατύπωσαν ιδέες για την προέλευση και την εξέλιξη της ζωής (Onay, 2021). Ο Αναξίμανδρος πίστευε ότι η ζωή προήλθε από την υγρασία της γης, η οποία θερμαινόταν από τον ήλιο (Kočandrle & Kleisner, 2013). Μέσα από αυτήν την υγρή αρχέγονη ουσία γεννήθηκαν τα πρώτα ζωντανά όντα, τα οποία έμοιαζαν με ψάρια ή θαλάσσια πλάσματα. Μάλιστα, υποστήριξε ότι τα πρώτα ανθρώπινα όντα δεν δημιουργήθηκαν εξ αρχής όπως είναι τώρα, αλλά προήλθαν από άλλα ζώα ίσως από κάποιου είδους ψάρια ή υδρόβιες μορφές ζωής. Η θεωρία αυτή, αν και σίγουρα απέχει από τη σύγχρονη εξελικτική βιολογία, δείχνει μια πρώιμη αναγνώριση της ιδέας της φυσικής μεταβολής των μορφών ζωής και της προσαρμογής τους στο περιβάλλον. Ο Αναξίμανδρος, αντί να ερμηνεύει τη ζωή ως αποτέλεσμα αυθαίρετης θεϊκής δημιουργίας, προτείνει φυσικούς μηχανισμούς που εμπλέκουν φυσικά στοιχεία (όπως το νερό, τη γη και τον ήλιο) στη δημιουργία και στην ανάπτυξη της ζωής.

Από την άλλη, ο Εμπεδοκλής από τον Ακράγαντα της Σικελίας (494-434 π.Χ.) υπήρξε μία από τις πιο πολυσχιδείς προσωπικότητες της αρχαίας ελληνικής σκέψης (Wright, 2023). Ο Εμπεδοκλής πίστευε ότι, κατά τη δημιουργία του κόσμου και των ζωντανών όντων, υπήρξε αρχικά ένας μεγάλος αριθμός ανολοκλήρωτων και παράδοξων μορφών ζωής κάποιες από τις οποίες ήταν δυσλειτουργικές και δεν μπορούσαν να επιβιώσουν (Kingsley & Parry, 2019). Έτσι, μέσα από αυτή τη διαδικασία δοκιμής, κάποιες μορφές κατάφεραν να επιβιώσουν και κάποιες άλλες όχι. Αυτή η φιλοσοφική θέση προσεγγίζει τη θεωρία της φυσικής επιλογής του Darwin. Ο Εμπεδοκλής, ωστόσο, δεν θεμελίωσε μια πλήρη θεωρία εξέλιξης, καθώς η σκέψη του ήταν στενά

συνδεδεμένη με μυθικές και κοσμολογικές αντιλήψεις, και όχι με συστηματική παρατήρηση και πειραματισμό. Επιπλέον, για τον Εμπεδοκλή, η δημιουργία και η καταστροφή των όντων δεν ήταν μία γραμμική ή τελεολογική διαδικασία αλλά κυκλική, στο πλαίσιο της αιώνιας σύγκρουσης και εναλλαγής των δύο δυνάμεων, της Αγάπης και του Νείκους (Jazdzewska, 2020). Υπό την κυριαρχία της Αγάπης, τα στοιχεία ενώνονταν και σχημάτιζαν πολύπλοκες μορφές ζωής, ενώ υπό την επίδραση του Νείκους οι δομές αυτές διαλύονταν, οδηγώντας σε αποσύνθεση και νέα δημιουργία.

Τέλος, ο Αριστοτέλης (384–322 π.Χ.), ένας από τους μεγαλύτερους φιλοσόφους της αρχαιότητας διαμόρφωσε μια κοσμοαντίληψη για τη ζωή και τη φύση που άσκησε τεράστια επιρροή επί αιώνες. Στη βιολογική του σκέψη, ο Αριστοτέλης υιοθέτησε την ιδέα της τελεολογίας, δηλαδή της ύπαρξης σκοπού και αιτίας μέσα στη φύση (Johnson, 2005). Για κάθε χαρακτηριστικό ενός οργανισμού, πίστευε ότι υπάρχει μια συγκεκριμένη «τελική αιτία», ένας σκοπός ή μια λειτουργία που εξυπηρετεί την επιβίωση και την τελειότητά του (Osborn, 1894). Η μεταβολή και η ανάπτυξη, όπως τις αντιλαμβανόταν, δεν ήταν αποτέλεσμα τυχαίων διαδικασιών αλλά κατευθυνόμενες από μια εσωτερική τάση προς την ολοκλήρωση της φυσικής μορφής κάθε είδους. Αν και αναγνώριζε ότι υπάρχουν διαφορές μέσα στο ίδιο είδος και ότι οι οργανισμοί προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους, δεν θεωρούσε ότι αυτά τα στοιχεία οδηγούν στην αλλαγή των ειδών με την πάροδο του χρόνου. Αντίθετα, κάθε είδος ήταν για τον Αριστοτέλη αιώνιο και καθορισμένο από μία έμφυτη ουσία, που διατηρεί την ταυτότητά του στο διηνεκές.

1.2. Η θεωρία του Jean Baptiste Lamarck

Ο Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) ήταν Γάλλος ζωολόγος, ο οποίος υποστήριζε ότι οι αλλαγές του περιβάλλοντος ωθούν τους οργανισμούς να αναπτύξουν συγκεκριμένες συνήθειες, προκειμένου να είναι σε θέση να προσαρμοστούν σε αυτές (Corsi, 2011). Σε μια εποχή που η ιδέα της μεταβολής των ειδών δεν ήταν ακόμη αποδεκτή από την πλειονότητα των επιστημόνων, ο Lamarck τόλμησε να προτείνει ότι

τα ζωντανά όντα αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου και ότι αυτή η αλλαγή είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους με το περιβάλλον τους.

Η θεωρία του βασίζεται σε δύο βασικές αρχές. Πρώτον, την αρχή της «χρήσης και αχρησίας» των οργάνων και δεύτερον, την αρχή της «κληρονομικότητας των επίκτητων χαρακτηριστικών» (Nishihara, 2017). Σύμφωνα με την πρώτη αρχή, τα όργανα που χρησιμοποιούνται συχνά ενισχύονται και εξελίσσονται, ενώ εκείνα που δεν χρησιμοποιούνται ατροφούν και τελικά μπορεί να εξαφανιστούν. Για παράδειγμα, ο Lamarck πίστευε ότι οι καμηλοπαρδάλεις ανέπτυξαν το μακρύ τους λαιμό σταδιακά, επειδή επί γενεές τεντώνονταν για να φτάσουν τα ψηλότερα φύλλα των δέντρων. Όσον αφορά τη δεύτερη αρχή, ο Lamarck θεωρούσε ότι οι μεταβολές που συμβαίνουν στο σώμα ενός οργανισμού κατά τη διάρκεια της ζωής του μπορούν να κληρονομηθούν από τους απογόνους του. Έτσι, χαρακτηριστικά που αποκτώνται μέσω άσκησης ή προσαρμογής στις περιβαλλοντικές συνθήκες περνούν στις επόμενες γενιές.

Η θεωρία του Lamarck ήταν σημαντική επειδή άνοιξε τον δρόμο για την ιδέα της εξέλιξης, ακόμη κι αν αργότερα αποδείχθηκε ότι οι μηχανισμοί που πρότεινε δεν ήταν επιστημονικά ακριβείς. Με την ανάπτυξη της γενετικής και τη θεωρία της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου, η επιστημονική κοινότητα κατέληξε ότι τα επίκτητα χαρακτηριστικά δεν κληρονομούνται γενετικά. Παρ' όλα αυτά, η ιδέα ότι τα είδη δεν είναι στατικά, αλλά αλλάζουν με τον χρόνο, είναι μια ουσιώδης κληρονομιά του Lamarck (Corsi, 2011).

Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι, με την ανακάλυψη της επιγενετικής στον 20ό και 21ο αιώνα, της επιστήμης που μελετά πώς εξωτερικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την έκφραση των γονιδίων, ορισμένες πτυχές της σκέψης του Lamarck επανεκτιμώνται. Αν και η επιγενετική δεν υποστηρίζει πλήρως τον λαμαρκισμό, αναδεικνύει ότι το περιβάλλον μπορεί να έχει κάποιον ρόλο στην κληρονομικότητα πέρα από τις απλές μεταλλάξεις του DNA (Loison, 2018). Συνοψίζοντας, η θεωρία του Lamarck αποτέλεσε ένα κρίσιμο βήμα στην ιστορία της βιολογικής σκέψης, συμβάλλοντας στην αναγνώριση της δυναμικότητας της φύσης, έστω κι αν οι λεπτομέρειες της πρότασής του διορθώθηκαν αργότερα από νεότερες επιστημονικές ανακαλύψεις.

Αν και μνημονεύεται κυρίως για την εσφαλμένη πεποίθησή του στην κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών, ο Lamarck θα πρέπει να αναγνωριστεί ως υπεύθυνος για την πρώτη επιστημονική γενική θεωρία της εξέλιξης, στην οποία όλα τα ζωντανά και απολιθωμένα είδη θεωρούνται ότι έχουν προκύψει μέσω της καταγωγής με τροποποίηση από πρωτότυπους και απλούς οργανισμούς. Ο Hymphreys (1998) σημειώνει ότι η διδασκαλία και τα εγχειρίδια που αναδεικνύουν μια πτυχή της μεθόδου του Lamarck για την εξέλιξη, αγνοώντας παράλληλα τη σημαντική συμβολή του, δίνουν στους φοιτητές Βιολογίας κάθε γενιάς μια στρεβλή αντίληψη για τη συμβολή του. Το επίτευγμα του Lamarck εξετάζεται με βάση τα κύρια εννοιολογικά του στοιχεία και τοποθετείται στο πλαίσιο του τρέχοντος πνευματικού περιβάλλοντος για να προωθηθεί μια πιο ισορροπημένη αξιολόγηση.

1.3. Η θεωρία της φυσικής επιλογής

Ο Κάρολος Δαρβίνος, μέσα από το έργο του *Η καταγωγή των ειδών* το 1859, θεμελίωσε τη θεωρία της φυσικής επιλογής, μετασχηματίζοντας για πάντα την επιστημονική κατανόηση της ζωής στη Γη (Darwin, 1859/2023). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, όλα τα είδη των οργανισμών εξελίσσονται με την πάροδο του χρόνου μέσω μιας διαδικασίας κατά την οποία οι οργανισμοί που φέρουν χαρακτηριστικά ευνοϊκά για την επιβίωσή τους και την αναπαραγωγή τους, τείνουν να επιβιώνουν και να μεταβιβάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά στους απογόνους τους.

Η βασική ιδέα του Δαρβίνου στηρίζεται σε τέσσερις θεμελιώδεις παρατηρήσεις. Πρώτον, σε κάθε πληθυσμό υπάρχει φυσική ποικιλομορφία· τα άτομα διαφέρουν μεταξύ τους ως προς διάφορα χαρακτηριστικά. Δεύτερον, κάθε πληθυσμός έχει τη δυνατότητα να παράγει περισσότερους απογόνους από όσους μπορεί να συντηρήσει το περιβάλλον, γεγονός που οδηγεί σε ανταγωνισμό για περιορισμένους πόρους. Τρίτον, τα άτομα με χαρακτηριστικά που τους προσφέρουν ένα πλεονέκτημα σε αυτόν τον ανταγωνισμό έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν - αυτό είναι το λεγόμενο "survival of the fittest", δηλαδή «επιβίωση του ικανότερου»

(Bouchard, 2011; Claeys, 2000). Τέλος, τα ευνοϊκά χαρακτηριστικά μεταδίδονται κληρονομικά στις επόμενες γενιές.

Η φυσική επιλογή δεν είναι μια διαδικασία κατευθυνόμενη προς κάποιον τελικό σκοπό· δεν στοχεύει στη δημιουργία «τέλειων» οργανισμών (Richards, 2015). Αντίθετα, τα είδη προσαρμόζονται συνεχώς στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Ένα χαρακτηριστικό που θεωρείται ευνοϊκό σε ένα περιβάλλον μπορεί να γίνει αδιάφορο ή ακόμα και μειονεκτικό αν το περιβάλλον αλλάξει. Έτσι, η εξέλιξη δεν είναι γραμμική αλλά δυναμική και πολυμορφική. Ούτως ή άλλως η Θεωρία της Εξέλιξης αποτέλεσε μια κεντρική ενοποιητική θεωρία για την Επιστήμη της Βιολογίας (Αθανασίου, 2023).

Ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της φυσικής επιλογής προήλθε από τις παρατηρήσεις του Δαρβίνου στα νησιά Γκαλαπάγκος, όπου μελέτησε διαφορετικά είδη σπίνων. Οι διαφορές στο σχήμα και το μέγεθος του ράμφους τους ανταποκρίνονταν στο είδος της τροφής που ήταν διαθέσιμη στο νησί όπου ζούσαν, υποδεικνύοντας ότι η φυσική επιλογή είχε προσαρμόσει τα χαρακτηριστικά τους στο τοπικό οικοσύστημα (Grant & Estes, 2009).

Μετέπειτα εξελίξεις στη γενετική, κυρίως χάρη στις ανακαλύψεις του Gregor Mendel και την ανάπτυξη της σύγχρονης συνθετικής θεωρίας της εξέλιξης κατά τον 20ό αιώνα, εδραίωσαν τη δαρβινική θεωρία, ενσωματώνοντας τη γνώση για τους μηχανισμούς κληρονομικότητας (Berry & Browne, 2022). Έτσι, σήμερα γνωρίζουμε ότι οι τυχαίες μεταλλάξεις στο DNA παρέχουν το γενετικό υλικό για την ποικιλομορφία, πάνω στην οποία δρα η φυσική επιλογή. Συνοψίζοντας, η θεωρία της φυσικής επιλογής εξηγεί πώς προκύπτει η προσαρμοστικότητα των οργανισμών και η τεράστια ποικιλομορφία της ζωής στη Γη. Πρόκειται για έναν από τους πιο θεμελιώδεις πυλώνες της σύγχρονης βιολογίας και ένα παράδειγμα του πώς η απλή παρατήρηση, συνδυασμένη με λογική ανάλυση, μπορεί να οδηγήσει σε μια κατανόηση του κόσμου τόσο βαθιά και ισχυρή. Άλλωστε, το έργο του Δαρβίνου έχει αλλάξει την ανθρώπινη προοπτική για τη φύση της δημιουργίας και την κινητήρια δύναμη πίσω από αυτήν, καταθέτοντας μια θεμελιώδη συμβολή στον παγκόσμιο τρόπο σκέψης (Athanasίου, 2022).

Σε μια συγκριτική προσέγγιση των θεωριών του Lamarck και της θεωρίας της φυσικής επιλογής του Δαρβίνου, η θεωρία του Lamarck βασίστηκε κυρίως στην ιδέα ότι οι οργανισμοί μπορούν να αποκτούν νέες ιδιότητες κατά τη διάρκεια της ζωής τους, σε άμεση απόκριση στις ανάγκες που δημιουργούνται από το περιβάλλον τους και ότι αυτές οι επίκτητες ιδιότητες κληροδοτούνται στους απογόνους τους (Koonin & Wolf, 2009). Κεντρικές αρχές της θεωρίας του ήταν η «χρήση και αχρησία» των οργάνων και η «κληρονομικότητα των επίκτητων χαρακτηριστικών» (Nishihara, 2017). Ένα κλασικό παράδειγμα που συχνά συνδέεται με τον Lamarck είναι αυτό της καμηλοπάρδαλης: οι πρόγονοί της τεντώνονταν για να φτάσουν τα ψηλά φύλλα, γεγονός που σταδιακά επιμήκυνε τον λαιμό τους, μια αλλαγή που στη συνέχεια μεταδόθηκε στις επόμενες γενιές.

Αντίθετα, ο Δαρβίνος θεμελίωσε τη θεωρία της φυσικής επιλογής, προτείνοντας ότι η εξέλιξη δεν συμβαίνει ως άμεση απάντηση στις ανάγκες του οργανισμού, αλλά μέσω της διαφοροποίησης και της επιβίωσης εκείνων των ατόμων που τυχαία διαθέτουν χαρακτηριστικά που τους προσδίδουν πλεονέκτημα στο δεδομένο περιβάλλον. Κατά τον Δαρβίνο, οι οργανισμοί παράγουν ποικιλία μέσω τυχαίων μεταλλάξεων και οι πιο ευνοϊκές παραλλαγές διατηρούνται, καθώς προσφέρουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης και αναπαραγωγής (Thomsen & Rasmussen, 2023).

Η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των δύο θεωριών εντοπίζεται στον ρόλο της πρόθεσης και της απόκτησης χαρακτηριστικών. Ο Lamarck υποστήριξε έναν άμεσο μηχανισμό, ότι δηλαδή η ανάγκη δημιουργεί την αλλαγή. Ο Δαρβίνος, αντίθετα, ανέδειξε τη διαδικασία ως τυφλή και χωρίς τελικό σκοπό: τα χαρακτηριστικά υπάρχουν ήδη, και το περιβάλλον λειτουργεί ως φίλτρο που επιλέγει ποια από αυτά θα ευνοηθούν. Επίσης, ενώ η λαμαρκική θεωρία δεν απαιτούσε την ύπαρξη γενετικής βάσης για τις αλλαγές (Nishihara, 2017), η δαρβινική θεωρία, όπως επεξηγήθηκε αργότερα με τη γενετική του Μέντελ και τη σύγχρονη συνθετική θεωρία της εξέλιξης, βασίζεται στη μεταβίβαση γονιδιακά καθορισμένων χαρακτηριστικών.

Παρόλο που η θεωρία του Lamarck θεωρήθηκε ξεπερασμένη μετά την ανάπτυξη της γενετικής επιστήμης, σύγχρονες έρευνες στην επιγενετική έχουν αναδείξει ότι κάποιες περιβαλλοντικά προκληθείσες αλλαγές μπορούν, σε περιορισμένο

βαθμό, να κληρονομηθούν. Ωστόσο, αυτή η ανακάλυψη δεν αναιρεί τη βασική δαρβινική αρχή ότι η εξέλιξη καθοδηγείται κυρίως από τη φυσική επιλογή επί ήδη υπάρχουσών μεταβολών (Noble, 2020). Συμπερασματικά, τόσο ο Lamarck όσο και ο Δαρβίνος συνέβαλαν καθοριστικά στην κατανόηση της εξέλιξης. Ο Lamarck έθεσε τις βάσεις, τολμώντας να υποστηρίξει ότι τα είδη δεν είναι στατικά, ενώ ο Δαρβίνος ανέπτυξε έναν μηχανισμό που εξηγεί με φυσικό και επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο την πορεία και τη δυναμική της εξέλιξης των ζωντανών οργανισμών.

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η έννοια του Γεωλογικού Χρόνου

2.1. Προσδιορισμός της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου

Ο γεωλογικός χρόνος είναι η χρονική κλίμακα που χρησιμοποιούν οι γεωλόγοι και οι επιστήμονες, για να μελετήσουν και να περιγράψουν την ιστορία της Γης, από τη δημιουργία της μέχρι σήμερα (Chakrabarty, 2018). Σε αντίθεση με τον ανθρώπινο χρόνο, που μετριέται σε χρόνια, δεκαετίες ή αιώνες, ο γεωλογικός χρόνος εκτείνεται σε δισεκατομμύρια χρόνια. Η Γη σχηματίστηκε πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια και από τότε έχει υποστεί τεράστιες αλλαγές, τόσο στο εσωτερικό της όσο και στην επιφάνειά της (Harris, 2023; Bertrand & Legendre, 2021).

Για να οργανώσουν αυτή την απέραντη χρονική περίοδο, οι επιστήμονες έχουν χωρίσει τον γεωλογικό χρόνο σε μεγάλες ενότητες που ονομάζονται αιώνες, οι οποίοι υποδιαιρούνται σε περιόδους, εποχές και ηλικίες. Κάθε μία από αυτές τις ενότητες χαρακτηρίζεται από σημαντικά γεγονότα, όπως η δημιουργία οροσειρών, η εμφάνιση ή η εξαφάνιση ειδών, οι παγετώνες ή οι μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις. Για παράδειγμα, η περίοδος των Δεινοσαύρων συνέβη κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού αιώνα, ενώ η σημερινή εποχή ανήκει στον Καινοζωικό αιώνα (Schmieder & Krin, 2020). Ο γεωλογικός χρόνος βοηθά στην κατανόηση της μακράς και περίπλοκης ιστορίας του πλανήτη καθώς και στην ερμηνεία των ιχνών που έχουν αφήσει τα γεωλογικά φαινόμενα στο έδαφος, στους βράχους και στα απολιθώματα.

Η Γεωλογική Στήλη είναι ένα βασικό εργαλείο για την απεικόνιση και κατανόηση του γεωλογικού χρόνου. Πρόκειται για μια θεωρητική καταγραφή των στρωμάτων πετρωμάτων της Γης, ταξινομημένων με χρονολογική σειρά από τα παλαιότερα στα κατώτερα στρώματα έως τα νεότερα στα ανώτερα (Paola et al., 2018). Η στήλη αποτυπώνει τα γεωλογικά γεγονότα, τα περιβάλλοντα και τις μορφές ζωής που υπήρξαν σε κάθε χρονική περίοδο. Παρόλο που πουθενά στη Γη δεν υπάρχει ένα πλήρες, αδιάκοπο τμήμα της γεωλογικής στήλης, μέσω της συνδυαστικής μελέτης πετρωμάτων και απολιθωμάτων από διαφορετικές περιοχές, οι επιστήμονες κατάφεραν να συνθέσουν μια σχεδόν πλήρη εικόνα της ιστορίας της Γης.

Η γεωλογική στήλη διακρίνεται σε διάφορα επίπεδα κατηγοριοποίησης, ανάλογα με το μέγεθος και τη διάρκεια των χρονικών διαστημάτων (Ruddiman, 2018). Τα μεγαλύτερα διαστήματα είναι οι αιώνες, όπως ο Φανεροζωικός, οι οποίοι χωρίζονται σε εποχές, όπως η Παλαιοζωική, η Μεσοζωική και η Καινοζωική, και αυτές με τη σειρά τους σε περιόδους, εποχές και στάδια (Rull, 2021). Κάθε όριο ανάμεσα σε αυτές τις ενότητες ορίζεται από σημαντικές γεωλογικές ή βιολογικές αλλαγές, όπως μαζικές εξαφανίσεις ειδών, μεγάλες κλιματικές μεταβολές ή σημαντικά τεκτονικά γεγονότα.

Η Γεωλογική Στήλη δεν αποτελεί μόνο ένα χρονολόγιο γεγονότων, αλλά και ένα αρχείο φυσικών συνθηκών (Waters et al., 2022). Κάθε στρώμα πετρώματος μαρτυρά το περιβάλλον στο οποίο σχηματίστηκε -αν ήταν θάλασσα, έρημος, παγετώνας ή δάσος- και εμπεριέχει απολιθώματα οργανισμών που ζούσαν τότε. Έτσι, η στήλη δεν καταγράφει μόνο τον χρόνο, αλλά και την ίδια την εξέλιξη της ζωής και του πλανήτη. Η μελέτη της γεωλογικής στήλης και του γεωλογικού χρόνου είναι θεμελιώδης για τις φυσικές επιστήμες, διότι επιτρέπει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η Γη και η ζωή άλλαξαν στο πέρασμα των αιώνων. Επίσης, προσφέρει κρίσιμες πληροφορίες για πρακτικά ζητήματα, όπως η ανεύρεση φυσικών πόρων ή η κατανόηση του πώς μελλοντικές αλλαγές στο περιβάλλον ενδέχεται να επηρεάσουν τον πλανήτη.

2.2. Διαίρεση Γεωλογικού Χρόνου

Η διαίρεση του Γεωλογικού Χρόνου είναι ένα θεμελιώδες εργαλείο για την κατανόηση της ιστορίας της Γης (Wang et al., 2020). Επειδή το χρονικό διάστημα από τη δημιουργία του πλανήτη μέχρι σήμερα είναι τεράστιο και γεμάτο με σημαντικά γεωλογικά και βιολογικά γεγονότα, οι επιστήμονες χρειάστηκαν έναν τρόπο να οργανώσουν και να περιγράψουν αυτή τη μακρά εξέλιξη. Έτσι, ο γεωλογικός χρόνος χωρίστηκε σε μεγάλα και μικρότερα χρονικά διαστήματα, όπως αιώνες, περίοδοι, εποχές και ηλικίες, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένα φαινόμενα, όπως η εμφάνιση νέων μορφών ζωής, οι μαζικές εξαφανίσεις ή οι μεγάλες μεταβολές στο κλίμα και τη μορφολογία της Γης. Η διαίρεση αυτή δεν είναι τυχαία, αλλά βασίζεται σε αναλυτική μελέτη των πετρωμάτων και των απολιθωμάτων, που

λειτουργούν ως «χρονολόγιο» των γεγονότων του παρελθόντος. Μέσα από τη διαίρεση του γεωλογικού χρόνου, οι επιστήμονες μπορούν να διαβάσουν την ιστορία της ζωής και της Γης με μεγαλύτερη ακρίβεια και κατανόηση.

Ο γεωλογικός χρόνος χωρίζεται σε τέσσερις μεγάλους αιώνες, που αντικατοπτρίζουν τα σημαντικά στάδια εξέλιξης της Γης και της ζωής πάνω σε αυτήν. Ο πρώτος αιώνας είναι ο Άδης, που διήρκεσε από τον σχηματισμό της Γης, πριν από περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια, έως και πριν από περίπου τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια. Κατά τη διάρκεια του Άδη, ο πλανήτης βρισκόταν σε κατάσταση ακραίας αστάθειας (Harrison, 2020). Η επιφάνειά του ήταν ένα τοπίο συνεχών ηφαιστειακών εκρήξεων, ενώ οι συχνές προσκρούσεις μετεωριτών διαμόρφωναν και αναδιαμόρφωναν τη μορφή της. Πιστεύεται ότι σε αυτή την περίοδο σχηματίστηκαν οι πρώτοι ωκεανοί, καθώς η θερμοκρασία της Γης μειωνόταν και οι υδρατμοί συμπυκνώνονταν σε υγρό νερό.

Ακολούθησε ο Αρχαίος αιώνας, που διήρκεσε από 4 έως 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η Γη άρχισε να σταθεροποιείται, και εμφανίστηκαν οι πρώτες μορφές ζωής. Οι πρώτοι μικροοργανισμοί, κυρίως απλά βακτήρια και αρχαία είδη, όπως τα κυανοβακτήρια, ξεκίνησαν να κατοικούν τους ωκεανούς (Zalasiewicz, 2021). Αυτοί οι μικροσκοπικοί οργανισμοί έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη μεταμόρφωση της ατμόσφαιρας μέσω της φωτοσύνθεσης, οδηγώντας σταδιακά στην αύξηση των επιπέδων του οξυγόνου.

Ο τρίτος αιώνας είναι ο Προτεροζωικός, ο οποίος εκτείνεται από 2,5 δισεκατομμύρια έως 541 εκατομμύρια χρόνια πριν. Σε αυτό το χρονικό διάστημα, σημειώθηκε η εξέλιξη πιο σύνθετων μορφών ζωής. Τα πρώτα ευκαρυωτικά κύτταρα, που διαθέτουν οργανωμένο πυρήνα, έκαναν την εμφάνισή τους, ενώ στα τέλη του Προτεροζωικού δημιουργήθηκαν οι πρώτοι πολυκύτταροι οργανισμοί (Roberts et al., 2022). Παράλληλα, σχηματίστηκαν οι πρώτες μεγάλες ηπειρωτικές μάζες, καθώς οι λιθοσφαιρικές πλάκες συνέχιζαν να κινούνται και να συγκρούονται. Αυτή η εποχή κατέληξε σε μία μεγάλη περίοδο παγετώνων και προετοίμασε το έδαφος για την έκρηξη της ζωής που ακολούθησε.

Ο τέταρτος και τελευταίος αιώνας είναι ο Φανεροζωικός, που ξεκίνησε πριν από 541 εκατομμύρια χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Χαρακτηρίζεται από τη ραγδαία εξέλιξη και διαφοροποίηση της ζωής, με την ανάπτυξη πολύπλοκων οργανισμών και τη δημιουργία περίπλοκων οικοσυστημάτων (Roy & Purohit, 2018). Ο Φανεροζωικός αιώνας διαιρείται σε τρεις μεγάλες εποχές: την Παλαιοζωική, τη Μεσοζωική και την Καινοζωική (US Geological Survey Geologic Names Committee, 2018).

Η Παλαιοζωική εποχή, από 541 έως 252 εκατομμύρια χρόνια πριν, ήταν μια περίοδος θεαματικής βιολογικής ανάπτυξης. Κατά τη διάρκειά της, εμφανίστηκαν τα πρώτα σπονδυλωτά, τα πρώτα ψάρια, τα πρώτα χερσαία φυτά και τα πρώτα αμφίβια. Επίσης, εξελίχθηκαν τα πρώτα έντομα και ερπετά, ενώ τα οικοσυστήματα έγιναν όλο και πιο σύνθετα. Η Παλαιοζωική εποχή έληξε με τη μεγαλύτερη μαζική εξαφάνιση στην ιστορία της Γης, που εξαφάνισε το μεγαλύτερο ποσοστό των ειδών (Wu et al., 2023).

Ακολούθησε η Μεσοζωική εποχή, από 252 έως 66 εκατομμύρια χρόνια πριν, η οποία είναι ευρύτερα γνωστή ως η «εποχή των δεινοσαύρων». Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, οι δεινόσαυροι κυριάρχησαν στη στεριά, ενώ στα τέλη της εποχής εμφανίστηκαν τα πρώτα πτηνά και θηλαστικά. Η Μεσοζωική εποχή σηματοδεύτηκε από δραστικές αλλαγές στο κλίμα και τη διαμόρφωση των ηπείρων και έληξε με ένα μεγάλο γεγονός μαζικής εξαφάνισης, πιθανότατα λόγω πτώσης αστεροειδούς, που οδήγησε στην εξαφάνιση των δεινοσαύρων και πολλών άλλων ειδών (Kerdany & Cherif, 2017).

Η Καινοζωική εποχή, που εκτείνεται από 66 εκατομμύρια χρόνια πριν έως σήμερα, είναι η εποχή της κυριαρχίας των θηλαστικών και της ανάπτυξης των σύγχρονων οικοσυστημάτων. Μέσα σε αυτή την περίοδο, εξελίχθηκαν και διαφοροποιήθηκαν τα θηλαστικά, τα πτηνά, τα φυτά και τα έντομα, ενώ στα τελευταία στάδια της Καινοζωικής εποχής εμφανίστηκαν οι πρώτοι πρόγονοι του ανθρώπου. Η Καινοζωική χαρακτηρίζεται από δραματικές κλιματικές αλλαγές, όπως οι παγετώνες της Πλειστοκαίνου, αλλά και από τη ραγδαία ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού (US Geological Survey Geologic Names Committee, 2018).

Η Γεωλογική Χρονική Κλίμακα αποτελεί ένα θεμελιώδες εργαλείο για την κατανόηση της ιστορίας της Γης και της εξέλιξης της ζωής. Μέσα από τη μελέτη των

πετρωμάτων, των απολιθωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών, οι επιστήμονες μπορούν να ανασυνθέσουν τα γεγονότα του παρελθόντος και να ερμηνεύσουν τις μεταβολές που οδήγησαν στον σημερινό πλανήτη.

2.3. Η σημασία της χρονικής κλίμακας στις Φυσικές Επιστήμες

Η γεωλογική χρονική κλίμακα είναι ένα σύστημα μέτρησης και οργάνωσης του χρόνου που χρησιμοποιούν οι γεωλόγοι και οι παλαιοντολόγοι, για να κατανοήσουν και να περιγράψουν την ιστορία της Γης και της ζωής πάνω σε αυτήν (Gradstein et al., 2012). Επειδή ο γεωλογικός χρόνος εκτείνεται σε δισεκατομμύρια χρόνια, πολύ πέρα από τα όρια της ανθρώπινης ιστορίας, ήταν απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο που να χωρίζει αυτή τη μεγάλη διάρκεια σε επιμέρους ενότητες. Η γεωλογική χρονική κλίμακα βασίζεται στη μελέτη των στρωμάτων των πετρωμάτων (στρωματογραφία) και των απολιθωμάτων που βρίσκονται σε αυτά, και κάθε διαίρεση της κλίμακας αντιστοιχεί σε σημαντικά γεγονότα, όπως η εμφάνιση ή η εξαφάνιση οργανισμών, οι μεγάλες κλιματικές αλλαγές και οι γεωλογικές μεταβολές.

Η κλίμακα αυτή οργανώνεται σε τέσσερις μεγάλους αιώνες, τον Άδη, τον Αρχαίο, τον Προτεροζωικό και τον Φανεροζωικό, οι οποίοι χωρίζονται περαιτέρω σε εποχές, περιόδους και ηλικίες. Κάθε επίπεδο αυτής της διαίρεσης επιτρέπει στους επιστήμονες να αναλύουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις εξελίξεις που σημάδεψαν τον πλανήτη (Upadhyay, 2025). Για παράδειγμα, η Μεσοζωική εποχή, μέρος του Φανεροζωικού αιώνα, είναι γνωστή ως η εποχή των δεινοσαύρων, ενώ η Καινοζωική εποχή περιλαμβάνει την ανάπτυξη των θηλαστικών και την εμφάνιση του ανθρώπου (US Geological Survey GeologicNames Committee, 2018). Η γεωλογική χρονική κλίμακα, επομένως, δεν είναι απλώς ένα εργαλείο χρονολόγησης, αλλά μια αφήγηση της μακράς και συναρπαστικής ιστορίας της Γης, που βοηθά να κατανοηθεί πώς διαμορφώθηκε το φυσικό περιβάλλον και η ζωή, όπως είναι γνωστά σήμερα.

Οι επιστήμονες καθορίζουν τα όρια στη γεωλογική χρονική κλίμακα βασιζόμενοι κυρίως στη μελέτη των στρωμάτων των πετρωμάτων και των απολιθωμάτων που βρίσκονται μέσα σε αυτά. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται

στρωματογραφία και είναι ένα από τα πιο σημαντικά εργαλεία της γεωλογίας και της παλαιοντολογίας. Θεμέλιο της στρωματογραφίας υπήρξε η ιδέα του Nicolas Steno, ενός Δανού επιστήμονα, στα τέλη του 17^{ου} αιώνα, ο οποίος υποστήριξε πως τα πετρώματα σχηματίστηκαν από συσσωρευμένα ιζήματα (Kravitz, 2014; Moser, 2021). Κάθε στρώμα πετρώματος καταγράφει γεγονότα από το παρελθόν, όπως κλιματικές αλλαγές, ηφαιστειακές εκρήξεις ή την εμφάνιση και εξαφάνιση οργανισμών. Ένα βασικό κριτήριο για τον καθορισμό των ορίων ανάμεσα σε μεγάλες χρονικές ενότητες είναι οι μαζικές εξαφανίσεις ειδών. Για παράδειγμα, το όριο ανάμεσα στη Μεσοζωική και την Καινοζωική εποχή καθορίζεται από την εξαφάνιση των δεινοσαύρων πριν από περίπου 66 εκατομμύρια χρόνια.

Κατά τον 18^ο και 19^ο αιώνα, ορισμένοι γεωλόγοι, όπως ο Charles Lyell και ο William Smith, εστίασαν στον ρόλο των απολιθωμάτων για την κατανόηση της ιστορίας της γης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν απολιθώματα, ώστε να κατασκευάσουν περιγράμματα της Γεωλογικής Χρονικής Κλίμακας (el.geologyscience.com).

Εκτός από τα απολιθώματα, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν και ραδιοχρονολόγηση, διαδικασία που ξεκίνησε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, δηλαδή τη μέτρηση της ηλικίας πετρωμάτων μέσω της αποσύνθεσης ραδιενεργών στοιχείων, όπως το ουράνιο ή το κάλιο (el.geologyscience.com). Αυτή η τεχνική επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της ηλικίας σε εκατομμύρια ή και δισεκατομμύρια χρόνια. Παράλληλα, γεωχημικές αλλαγές στα πετρώματα, όπως ξαφνικές αυξήσεις ή μειώσεις σε συγκεκριμένα χημικά στοιχεία, μπορούν να σηματοδοτήσουν σημαντικά γεγονότα, όπως μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις ή πτώσεις αστεροειδών. Επίσης, η παλαιομαγνητική ανάλυση, δηλαδή η μελέτη των αλλαγών στο μαγνητικό πεδίο της Γης, όπως καταγράφονται στα πετρώματα, βοηθά στον προσδιορισμό γεωλογικών ορίων (Arneitz, Egli & Leonhardt, 2017; Eppelbaum, Katz & Ben-Avraham, 2023). Όλα αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται για να δημιουργηθεί ένα λεπτομερές και αξιόπιστο χρονικό πλαίσιο της ιστορίας της Γης. Ο καθορισμός των ορίων είναι μια συνεχής επιστημονική διαδικασία, που εξελίσσεται όσο προκύπτουν νέα δεδομένα και νέες τεχνικές ανάλυσης.

Η γεωλογική χρονική κλίμακα έχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία στις Φυσικές Επιστήμες, καθώς προσφέρει ένα θεμελιώδες πλαίσιο για την κατανόηση της εξέλιξης της Γης και της ζωής σε αυτήν. Οι Φυσικές Επιστήμες, όπως η γεωλογία, η παλαιοντολογία, η βιολογία και η κλιματολογία, βασίζονται στη γεωλογική χρονική κλίμακα, για να τοποθετούν γεγονότα, αλλαγές και εξελίξεις μέσα στο απέραντο χρονικό φάσμα των δισεκατομμυρίων ετών (Fagan, 2019). Χωρίς τη χρονική κλίμακα, θα ήταν σχεδόν αδύνατο να ανασυντεθεί το παρελθόν του πλανήτη, να εντοπιστεί η σειρά των γεγονότων ή να κατανοηθούν οι μηχανισμοί που διαμόρφωσαν το σημερινό περιβάλλον.

Η γεωλογική χρονική κλίμακα επιτρέπει στους επιστήμονες να αναγνωρίζουν πότε έλαβαν χώρα σημαντικά γεγονότα, όπως η εμφάνιση των πρώτων πολυκύτταρων οργανισμών, οι μαζικές εξαφανίσεις ειδών, η δημιουργία και η διάσπαση των υπερηπείρων και οι μεγάλες κλιματικές αλλαγές (US Geological Survey Geologic Names Committee, 2018). Χωρίς τη γνώση του πότε και του πώς συνέβησαν αυτά τα γεγονότα, οι επιστήμονες δεν θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν τις αιτίες και τις συνέπειές τους. Επιπλέον, η κλίμακα λειτουργεί ως οδηγός για τη σύγκριση διαφορετικών γεωλογικών περιοχών και τον συντονισμό ερευνών σε παγκόσμιο επίπεδο, επιτρέποντας την αναγνώριση κοινών μοτίβων και παγκόσμιων διαδικασιών.

Στη βιολογία και την παλαιοντολογία, η χρονική κλίμακα χρησιμεύει για την κατανόηση της εξέλιξης των οργανισμών (Knoll & Nowak, 2017). Μέσω της ακριβούς χρονολόγησης των απολιθωμάτων, οι επιστήμονες ανασυνθέτουν το «δέντρο της ζωής», προσδιορίζοντας πότε εμφανίστηκαν ή εξαφανίστηκαν διάφορες μορφές ζωής και πώς εξελίχθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Στη γεωλογία, η κλίμακα βοηθά στην κατανόηση των γεωλογικών διεργασιών, όπως η διαμόρφωση των βουνών, οι σεισμοί και η μετακίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών. Στην κλιματολογία, προσφέρει ένα ιστορικό πλαίσιο για την ανάλυση παλαιών κλιματικών αλλαγών και την κατανόηση των φυσικών κύκλων που επηρεάζουν το σημερινό και το μελλοντικό κλίμα της Γης.

Η σημασία της γεωλογικής χρονικής κλίμακας εκτείνεται και στην πρακτική εφαρμογή των φυσικών επιστημών. Για παράδειγμα, οι γεωλόγοι που αναζητούν φυσικούς πόρους, όπως πετρέλαιο, φυσικό αέριο ή ορυκτά, χρησιμοποιούν τη γνώση

της γεωλογικής ιστορίας για να εντοπίζουν περιοχές που έχουν τις κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία αυτών των πόρων. Επίσης, η κατανόηση παλαιών φυσικών καταστροφών μέσα από τα γεωλογικά αρχεία μπορεί να βοηθήσει στην πρόβλεψη και στη διαχείριση σύγχρονων φυσικών φαινομένων. Βέβαια, αξίζει να σημειωθεί πως η Γεωλογική Χρονική κλίμακα συνεπάγεται και ορισμένους περιορισμούς (el.geologyscience.com). Ένας από τους βασικότερους περιορισμούς είναι το ελλιπές αρχείο απολιθωμάτων. Τα απολιθώματα αποτελούν βασική πηγή πληροφοριών για την ανασύνθεση της ιστορίας της ζωής, όμως η διαδικασία της απολίθωσης είναι σπάνια και απαιτεί πολύ ειδικές συνθήκες. Πολλά είδη που έζησαν στο παρελθόν δεν άφησαν κανένα αποτύπωμα, είτε γιατί δεν απολιθώθηκαν ποτέ, είτε γιατί τα απολιθώματά τους καταστράφηκαν από γεωλογικές διεργασίες, όπως η διάβρωση ή η μεταμόρφωση των πετρωμάτων. Αυτό σημαίνει ότι η εικόνα που έχουμε για την παλαιοβιολογική ιστορία είναι αποσπασματική και με κενά, γεγονός που δυσκολεύει τον ακριβή καθορισμό των γεγονότων και των χρονικών τους ορίων.

Ένας άλλος σημαντικός περιορισμός είναι οι υποθέσεις σχετικά με τα ποσοστά αλλαγής (Paola et al., 2018; Gingerich, 2021). Πολλές γεωλογικές και εξελικτικές ερμηνείες βασίζονται στην υπόθεση ότι οι αλλαγές στον πλανήτη και στη ζωή συνέβαιναν με σταθερούς ή προβλέψιμους ρυθμούς. Ωστόσο, είναι γνωστό σήμερα ότι υπήρξαν περίοδοι δραματικών αλλαγών, όπως μαζικές εξαφανίσεις ή ταχείες κλιματικές ανατροπές, που διατάραζαν αυτούς τους ρυθμούς. Η υπερβολική εξάρτηση από την ιδέα της σταδιακής αλλαγής (ο λεγόμενος «ομοιόμορφος ρυθμός» ή uniformitarianism) μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα και αναχρονιστικές εκτιμήσεις.

Οι τεχνικές γνωριμιών, παρόλο που έχουν εξελιχθεί σημαντικά, παρουσιάζουν επίσης περιορισμούς. Η ραδιοχρονολόγηση, για παράδειγμα, εξαρτάται από πολύπλοκες διαδικασίες και προϋποθέτει ότι δεν υπήρξαν εξωτερικές παρεμβάσεις που να έχουν αλλοιώσει το ποσοστό ραδιενεργής αποσύνθεσης ή τη χημική σύσταση των δειγμάτων. Επιπλέον, η ακρίβεια των τεχνικών αυτών μειώνεται όσο πλησιάζουμε σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους, κάνοντας τη χρονολόγηση πολύ αρχαίων γεγονότων πιο αβέβαιη (el.geologyscience.com).

Ένα ακόμα πρόβλημα που επηρεάζει τη Γεωλογική Χρονική Κλίμακα είναι οι αντικρουόμενες ερμηνείες (Gradstein & Ogg, 2020). Τα δεδομένα που συλλέγονται από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές ή διαφορετικούς επιστημονικούς κλάδους δεν συμφωνούν πάντα μεταξύ τους. Για παράδειγμα, μία στρωματογραφική ακολουθία σε μια περιοχή μπορεί να ερμηνευτεί διαφορετικά από ό,τι σε άλλη, λόγω διαφορών στα πετρώματα ή στα απολιθώματα. Αυτές οι αποκλίσεις οδηγούν σε διαφορετικές προσεγγίσεις και εκτιμήσεις σχετικά με τη διάρκεια ή τη σημασία ορισμένων γεωλογικών γεγονότων.

Τέλος, υπάρχουν διαμάχες που σχετίζονται με τη Γεωλογική Χρονική Κλίμακα. Νέες ανακαλύψεις ή διαφορετικές ερμηνείες των υπαρχόντων στοιχείων συχνά προκαλούν έντονες συζητήσεις στην επιστημονική κοινότητα (Fagan, 2019). Τέτοιες διαμάχες μπορεί να αφορούν το ακριβές χρονικό σημείο μαζικών εξαφανίσεων, τον μηχανισμό πίσω από μεγάλες κλιματικές αλλαγές ή την ταξινόμηση συγκεκριμένων απολιθωμάτων. Παρά το γεγονός ότι αυτές οι διαφωνίες είναι μέρος της φυσικής εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης, δείχνουν ότι η Γεωλογική Χρονική Κλίμακα δεν είναι στατική ή απολύτως οριστική, αλλά ένα δυναμικό εργαλείο που συνεχώς επανεκτιμάται και βελτιώνεται.

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Γεωλογικός Χρόνος και Θεωρία της Εξέλιξης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

3.1. Η διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Η διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση αποτελεί ένα σημαντικό και συνάμα ευαίσθητο εγχείρημα, καθώς εισάγει τα παιδιά στις βασικές επιστημονικές αρχές που διέπουν τη ζωή και τη βιοποικιλότητα στον πλανήτη. Στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, η προσέγγιση της εξέλιξης απαιτεί απλότητα και προσαρμογή στην αντιληπτική ικανότητα των παιδιών. Ο σκοπός δεν είναι η διδασκαλία πολύπλοκων μηχανισμών, όπως οι γονιδιακές μεταλλάξεις ή οι λεπτομέρειες της φυσικής επιλογής, αλλά η καλλιέργεια βασικών εννοιών, όπως ότι οι οργανισμοί αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, ότι τα χαρακτηριστικά των ζωντανών οργανισμών μπορούν να προσαρμόζονται στο περιβάλλον τους και ότι όλα τα ζωντανά όντα συνδέονται μέσα από κοινές καταβολές. Ωστόσο, πολλές φορές φαίνεται πως οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, αν και χρησιμοποιούν στη διδασκαλία τους βιολογικές ταξινομικές ομάδες, δυσκολεύονται να τις εννοιολογήσουν επιστημονικά (Papadopoulou & Athanasiou, 2005).

Η χρήση παραδειγμάτων από την καθημερινότητα, όπως οι ποικιλίες φυτών, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των ζώων, ή οι αλλαγές στα είδη που σχετίζονται με το περιβάλλον, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική. Μέσα από απλές αφηγήσεις και παρατηρήσεις της φύσης, τα παιδιά μπορούν να αρχίσουν να κατανοούν ότι η ζωή δεν είναι στατική αλλά δυναμική και ότι η προσαρμογή είναι βασικό στοιχείο της

επιβίωσης. Παρόλα αυτά, συχνά παρατηρείται πως αναδύονται ορισμένες δυσκολίες όσον αφορά τη διδασκαλία των εννοιών αυτών, είτε επειδή το περιεχόμενο των σχολικών εγχειριδίων δεν είναι κατάλληλο και επαρκές είτε επειδή οι εκπαιδευτικοί δεν διαθέτουν τις απαιτούμενες γνώσεις. Για αυτό όμως, η συνεργατική μάθηση μπορεί να συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός βελτιωμένου μαθησιακού περιβάλλοντος μέσα από τη συνεργασία των μαθητών και την ανταλλαγή απόψεων, ώστε να κατανοούν πιο αποτελεσματικά τις έννοιες της Βιολογίας (Αθανασίου, 2015).

Άλλωστε, πλέον τα σύγχρονα ψηφιακά μέσα, όπως και το CHATGPT μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Βιολογίας, προκειμένου οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες να του απευθύνουν ερωτήσεις και να δέχονται άμεσα διαδραστικές απαντήσεις (Κούζας & Αθανασίου, 2025). Ουσιαστικά, πρόκειται για έναν καινοτόμο τρόπο διδασκαλίας, που δύναται να προσελκύσει περαιτέρω την προσοχή και το ενδιαφέρον των μαθητών για το διδακτικό αντικείμενο λόγω της δημοφιλίας του CHATGPT.

Επίσης, η Somma (2022) προτείνει την αξιοποίηση της μεθόδου της ανεστραμμένης τάξης ως μια σύγχρονη εκπαιδευτική προσέγγιση για τη διδασκαλία και την εκμάθηση της γεωλογίας. Πιο ειδικά, το σχεδιασμένο μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης εφαρμόζει θεωρητικές έννοιες για τη γεωλογία, την οποία μαθαίνουν οι μαθητές στο σπίτι, ενώ οι δραστηριότητες της τάξης είναι αφιερωμένες σε εργαστηριακές και επιτόπιες εμπειρίες με τη βοήθεια του διδακτικού προσωπικού. Παράλληλα, οι Dolphinetal. (2019) τονίζουν και τη σημασία αξιοποίησης της εικονικής πραγματικότητας στη διδασκαλία της γεωλογίας, γεγονός που θα μπορούσε να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών σε μεγάλο βαθμό αλλά και να τους εντάξει σε μια διαδραστική εμπειρία και διαδικασία μάθησης.

Ταυτόχρονα, όπως σημειώνουν οι Mills et al. (2020) η διδασκαλία της Γεωλογίας και της Βιολογίας μπορεί να επιτευχθεί και μέσω κατασκευών στα μαθήματα, προκειμένου οι μαθητές να εμπλακούν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης. Οι Ratinen & Keinonen (2011) προσθέτουν ότι η αξιοποίηση εργαλείων, όπως το Google Earth, μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο της διδασκαλίας, για να προσφέρει πολλές σημαντικές γεωγραφικές και γεωλογικές πληροφορίες στους μαθητές. Ωστόσο,

η ίδια μελέτη σημειώνει πως τέτοιου είδους εργαλεία μπορούν εξίσου να αξιοποιηθούν και για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών. Από τα αποτελέσματα της έρευνας, άλλωστε, φάνηκε ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί έχουν ανεπαρκείς δεξιότητες στη χρήση της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών, ενώ η χρήση του Google Earth μπορεί να βελτιώσει τις δεξιότητες γεωγραφικής σκέψης των μαθητών-δασκάλων, παρόλο που εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην ερμηνεία χαρτών και στην ανάλυση γεωλογικών δεδομένων.

Οι Athanasiou & Mavrikaki (2014) σε έρευνα που διεξήγαγαν με δείγμα 352 φοιτητές Βιολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, μέρος των οποίων αποτελεί τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, χρησιμοποιώντας το Conceptual Inventory of Natural Selection, εντόπισαν πως η ομάδα που αποτελούνταν από τεταρτοετείς φοιτητές βιολογίας είχαν μεγαλύτερες επιδόσεις στο ερωτηματολόγιο. Οι πιο προχωρημένοι φοιτητές είχαν καλύτερες επιδόσεις στις περισσότερες έννοιες, όμως δεν υπήρξε βελτίωση σε όλες τις επιμέρους ερωτήσεις του CINS. Αυτό έδειξε ότι η γνώση για τη φυσική επιλογή αυξάνεται με τη διδασκαλία, αλλά η πλήρης κατανόηση απαιτεί πολύπλευρη και παρατεταμένη εκπαίδευση, για αυτό και η ελληνική εκπαίδευση στο επίπεδο της Βιολογίας θα πρέπει να ενισχυθεί.

Παρομοίως, ο Αθανασίου (2023) αξιολόγησε μέσα από τις απόψεις των ίδιων των φοιτητών ένα πανεπιστημιακό μάθημα Βιολογίας. Οι περισσότεροι φοιτητές ισχυρίστηκαν ότι το μάθημα Βιολογίας τους βοήθησε να κατανοήσουν καλύτερα τις έννοιες, ενώ εξίσου σε μεγάλο βαθμό το μάθημα ανταποκρίθηκε στις προσδοκίες τους. Αυτά τα στοιχεία δείχνουν ότι οι πανεπιστημιακές σπουδές έχουν τη δυνατότητα να εξοπλίσουν τους φοιτητές με τις απαραίτητες γνώσεις, ώστε μετέπειτα να μπορούν να τις διδάξουν και να τις μεταδώσουν στους μαθητές τους, όσοι από αυτούς ακολουθήσουν το επάγγελμα του εκπαιδευτικού.

Ωστόσο, η διδασκαλία της Βιολογίας συχνά αντιμετωπίζει δυσκολίες στο σχολικό πλαίσιο, γιατί πέρα από τις γνώσεις των εκπαιδευτικών σχετίζεται εξίσου και με άλλους παράγοντες, όπως είναι η θρησκεία. Για παράδειγμα, οι Athanasiou & Papadopoulou (2015) πραγματοποίησαν μια συγκριτική μελέτη μεταξύ Ελλήνων και Τούρκων μαθητών, για να εξετάσουν τις απόψεις τους για την εξελικτική θεωρία και

τον βαθμό αποδοχής της. Τα ευρήματα έδειξαν πως στην Ελλάδα το μορφωτικό επίπεδο των γονέων καθώς και η θρησκεία ως εξωτερικοί παράγοντες δεν είχαν θετική συσχέτιση με την αποδοχή της Θεωρίας της Εξέλιξης, ωστόσο αυτό το αποτέλεσμα δεν ίσχυε για την τουρκική κοινωνία, πιθανόν λόγω της δυναμικής της θρησκείας τους. Έτσι, η έρευνα αυτή ανέδειξε τη σημασία των κοινωνικών και πολιτισμικών παραγόντων που επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα τη διδασκαλία της εξελικτικής θεωρίας στην εκπαίδευση.

Με αυτό το εύρημα συμφωνεί και η μελέτη των Papadopoulou, Stasinakis & Athanasiou (2010), οι οποίοι αναφέρουν σχετικά με τη θρησκεία, πως αυτή δεν είναι παράγοντας στους Έλληνες μαθητές, ο οποίος να επηρεάζει τον βαθμό στον οποίο αποδέχονται τη Θεωρία της Εξέλιξης. Παρομοίως, δεν υπήρξε κάποια σημαντική συσχέτιση μεταξύ του μορφωτικού επιπέδου των γονέων των μαθητών και του βαθμού αποδοχής της εξελικτικής θεωρίας.

Τέλος, οι Papadopoulou et al. (2011) σε μια συγκριτική έρευνα μεταξύ Ελλήνων και Σέρβων δασκάλων (318 Έλληνες και 341 Σέρβοι εκπαιδευτικοί), έδειξαν πως ακόμη και καθηγητές Βιολογίας έχουν χαμηλά επίπεδα κατανόησης της εξελικτικής θεωρίας. Τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι οι Έλληνες εκπαιδευτικοί είχαν καλύτερες επιδόσεις στην κατανόηση της θεωρίας της εξέλιξης σε σύγκριση με την ομάδα των Σέρβων εκπαιδευτικών, αλλά δεν υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των Ελλήνων και των Σέρβων εκπαιδευτικών ως προς την αποδοχή της θεωρίας της εξέλιξης, στο σύνολό της, αλλά υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων ομάδων εκπαιδευτικών. Ωστόσο, και αυτά τα ευρήματα αναδεικνύουν και πάλι την ανάγκη κατάρτισης και περαιτέρω επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών πάνω σε αυτό το θέμα.

3.2. Απόψεις μαθητών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου

Η διδασκαλία του Γεωλογικού Χρόνου αποτελεί μια ιδιαίτερη πρόκληση για την εκπαιδευτική πράξη, καθώς καλείται να μεταφέρει στους μαθητές την κατανόηση ενός εννοιολογικού πεδίου που εκτείνεται πέρα από τα ανθρώπινα μέτρα εμπειρίας και καθημερινότητας. Ο Γεωλογικός Χρόνος αναφέρεται στα τεράστια χρονικά διαστήματα

κατά τα οποία διαμορφώθηκε η Γη και εξελίχθηκε η ζωή, μια έννοια θεμελιώδης για την κατανόηση όχι μόνο της γεωλογίας αλλά και της θεωρίας της εξέλιξης. Οι μαθητές, κατά κανόνα, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην κατανόηση του γεωλογικού χρόνου, καθώς τείνουν να αντιλαμβάνονται τον χρόνο με βάση προσωπικές εμπειρίες ή ιστορικά γεγονότα που περιορίζονται σε μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες χρόνια. Η μετάβαση στην κλίμακα των εκατομμυρίων ή δισεκατομμυρίων ετών απαιτεί μια σημαντική νοητική αναδόμηση. Σύμφωνα με τους Dodick & Orion (2023), οι μαθητές, οι οποίοι δεν έχουν έρθει σε επαφή με τη γεωλογία, δεν διαθέτουν επαρκείς γνώσεις σχετικά με τον Γεωλογικό Χρόνο, αντιθέτως, όπως φάνηκε από την έρευνα μαθητές που έχουν ειδίκευση στη γεωλογία έδειξαν μεγαλύτερη ικανότητα επίλυσης προβλημάτων σε σχετικά θέματα.

Επίσης, ο Trend (2001) διερεύνησε τις απόψεις 17χρονων μαθητών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου. Αυτά που οι μαθητές γνώριζαν αφορούσαν κυρίως την εμφάνιση και την εξαφάνιση των δεινοσαύρων, τον κατακερματισμό ηπείρων, την εμφάνιση φυτών, την ανθρώπινη εξέλιξη και την Εποχή των Παγετώνων. Ωστόσο, παρατηρήθηκε πως οι μαθητές έχουν διάφορες παρανοήσεις σχετικά με τη μεγάλη έκρηξη και τα φαινόμενα που ακολούθησαν. Επίσης, οι μαθητές είχαν παρανοήσεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή αλλά και τον σχηματισμό του πλανήτη Γη και τον ρόλο του ήλιου. Τα παιδιά ηλικίας 10-11 ετών, από την άλλη, διέθεταν κάποιες γενικές γνώσεις για ορισμένα μεγάλα γεωγεγονότα, όπως την Εποχή των Παγετώνων και τις κινούμενες ηπείρους, αλλά δεν μπορούσαν να προσδιορίσουν με σαφήνεια τη χρονολογία τους (Trend, 1998).

Ωστόσο, οι Zhu et al. (2012) επισημαίνουν πως οι ελλείψεις γνώσεις των μαθητών ή φοιτητών για τον Γεωλογικό Χρόνο μπορούν να μεταβληθούν μετά από την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση ενός μαθήματος. Σε έρευνα, που διεξήγαγαν, φάνηκε ότι μετά το πέρας του μαθήματος, οι φοιτητές διέθεταν καλύτερες γνώσεις σχετικά με αυτό το ζήτημα και έτσι το ασθενές τους επιστημονικό υπόβαθρο βελτιώθηκε σημαντικά όσον αφορά την κατανόηση του Γεωλογικού Χρόνου.

Επίσης, οι Czajka & McConnell (2018) εξέτασαν τις γνώσεις των φοιτητών σχετικά με διάφορες έννοιες της ιστορίας της Γης και του Γεωλογικού Χρόνου.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποίησαν ένα προ-τεστ και ένα μετά-τεστ 21 ερωτήσεων για την αξιολόγηση εννοιών που σχετίζονται με την αναγνώριση τοπίου, τους ρυθμούς σχηματισμού τοπίου, την ιστορία της Γης, τη γεωλογική χρονοκλίμακα και τη σχετική και απόλυτη χρονολόγηση. Το τεστ αυτό πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα τεσσάρων εξαμήνων σε μια ποικιλία μαθημάτων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι φοιτητές σημειώνουν τα μεγαλύτερα οφέλη μετά την παρακολούθηση μαθημάτων φυσικής και ιστορικής γεωλογίας, αλλά δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στα μαθήματα γεωλογίας ανώτερου επιπέδου. Ακόμη, πολλοί φοιτητές γεωλογίας δεν ήταν εξοικειωμένοι με τη γεωλογική χρονική κλίμακα και δυσκολεύονταν να εκτιμήσουν τους ρυθμούς σχηματισμού τοπίων που σχηματίστηκαν σε ενδιάμεσα χρονικά διαστήματα.

Επιπρόσθετα, οι Teed & Slattery (2011) διεξήγαγαν ένα προ-τεστ και ένα μετά-τεστ. Ο αριθμός των σωστών απαντήσεων των μαθητών αυξήθηκε σημαντικά μεταξύ του προκαταρκτικού και του μετα-τεστ, υποδεικνύοντας ότι πολλοί από τους μαθητές μάθαιναν τις έννοιες που εξετάζονταν. Για παράδειγμα, σε μια ερώτηση σχετικά με τις χρονογραμμές, οι μαθητές που επέλεξαν την απάντηση που έδινε μια σωστή σειρά γεγονότων (λανθασμένα κλιμακωμένη) στο προ-τεστ ήταν πιο πιθανό να στραφούν στη σωστή απάντηση στο μετα-τεστ από τους μαθητές που επέλεξαν μια απάντηση με λανθασμένη σειρά και κλίμακα στο προ-τεστ. Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι ορισμένες παρανοήσεις είναι πιο πιθανό από άλλες να εξελιχθούν σε μια σωστή κατανόηση. Οι παρανοήσεις που αποτελούνται από πολλαπλές λανθασμένες ιδέες μπορεί να απαιτούν περισσότερο χρόνο και προσπάθεια για να αντικατασταθούν από τις απλούστερες.

Για αυτό, σημαντικό ρόλο για την κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου παίζει επίσης η διασύνδεση του γεωλογικού χρόνου με άλλα γνωστικά αντικείμενα, όπως η εξέλιξη των οργανισμών και οι κλιματικές αλλαγές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αξιοποίηση της μεθόδου project στο μάθημα της βιολογίας (Αθανασίου, 2015), ώστε μέσω μιας διαθεματικής προσέγγισης, οι μαθητές να αντιλαμβάνονταν ευκολότερα τις διδασκόμενες έννοιες. Η κατανόηση ότι μεγάλες

περιβαλλοντικές και βιολογικές αλλαγές απαιτούν χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια είναι κόμβος για την αποδοχή και την κατανόηση της φυσικής ιστορίας της Γης.

Η προσέγγιση του γεωλογικού χρόνου απαιτεί, επίσης, την ενίσχυση της εννοιολογικής σκέψης των μαθητών: την καλλιέργεια της αφηρημένης σκέψης και την αποδοχή της έννοιας του βαθμιαίου και αργού ρυθμού φυσικών διαδικασιών. Διδάσκοντας ότι οι γεωλογικές αλλαγές (όπως η διαμόρφωση βουνών, η διάβρωση ή η μετακίνηση των ηπείρων) είναι αποτελέσματα διαδικασιών που δρουν αθροιστικά επί εκατομμύρια χρόνια, οι μαθητές αντιλαμβάνονται τον κόσμο όχι ως στατικό, αλλά ως δυναμικό και εξελισσόμενο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η διδασκαλία του γεωλογικού χρόνου μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη της επιστημονικής κουλτούρας των μαθητών. Μέσω της διερεύνησης απολιθωμάτων, ιζηματογενών στρωμάτων και γεωλογικών ανακαλύψεων, τα παιδιά έρχονται σε επαφή με τον τρόπο που οι επιστήμονες κατασκευάζουν θεωρίες για γεγονότα του απώτατου παρελθόντος στηριζόμενοι σε ενδείξεις και ερμηνεία δεδομένων.

4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Ανασκόπηση ερευνών σχετικά με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών

4.1. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη Θεωρία της Εξέλιξης

Η διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση συνιστά μια διαδικασία, η οποία απαιτεί επαρκείς γνώσεις, μεταδοτικότητα και ετοιμότητα ανταπόκρισης σε ερωτήσεις μαθητών καθώς είναι μια θεωρία που εγείρει ούτως ή άλλως αυτομάτως διάφορους προβληματισμούς, ειδικά στα παιδιά. Άλλωστε, η διδασκαλία της εξέλιξης αποτελεί μια ιδιαίτερα προβληματική περιοχή της επιστημονικής εκπαίδευσης, κυρίως λόγω γνωστικών εμποδίων, προσωπικών πεποιθήσεων, πολιτισμικών και θρησκευτικών παραγόντων (Stasinakis & Athanasiou, 2016).

Σε αυτό το πλαίσιο, οι Mavrikaki & Athanasiou (2011) ανέπτυξαν ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο μέτρησης των αντιλήψεων αυτο-αποτελεσματικότητας των δασκάλων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα σχετικά με τη διδασκαλία της βιολογίας. Η ανάγκη για την ανάπτυξη αυτού του εργαλείου προέκυψε από το γεγονός ότι οι περισσότεροι Έλληνες δάσκαλοι έχουν ελάχιστη ή καθόλου επίσημη πανεπιστημιακή εκπαίδευση στη βιολογία, καθώς τα πανεπιστημιακά προγράμματα σπουδών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν περιλάμβαναν, ή περιλάμβαναν ελάχιστα, μαθήματα βιολογίας. Αυτό το έλλειμμα επηρεάζει τις πεποιθήσεις αυτο-αποτελεσματικότητάς τους, κάτι που με τη σειρά του μπορεί να επηρεάσει τη διδασκαλία των επιστημονικών μαθημάτων στα σχολεία.

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Mavrikaki & Athanasiou (2011) έδειξαν ότι οι Έλληνες δάσκαλοι παρουσίασαν μέτριες προς υψηλές αντιλήψεις αυτο-αποτελεσματικότητας στη διδασκαλία της βιολογίας, με μέσο όρο 3,87. Βέβαια, οι μεγαλύτεροι και πιο έμπειροι δάσκαλοι είχαν υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα, όπως επίσης και οι δάσκαλοι με επιστημονικό υπόβαθρο ή περισσότερα μαθήματα βιολογίας στο πανεπιστήμιο παρουσίασαν υψηλότερες αντιλήψεις αυτο-αποτελεσματικότητας. Παρότι είχαν λιγότερη θεωρητική εκπαίδευση, οι απόφοιτοι

παλαιότερων Παιδαγωγικών Ακαδημιών είχαν υψηλότερη αυτο-αποτελεσματικότητα λόγω περισσότερης επαγγελματικής εμπειρίας. Ωστόσο, οι δάσκαλοι αισθάνονταν λιγότερο αποτελεσματικοί στην κατανόηση και τη διδασκαλία της εξέλιξης, της μοριακής βιολογίας και της μικροβιολογίας, αντικατοπτρίζοντας ελλείψεις στην εκπαίδευσή τους.

Η Πρίνου (2008) στην έρευνα που διεξήγαγε στο πλαίσιο της διδακτορικής της διατριβής έθεσε σε εκπαιδευτικούς ανοικτές ερωτήσεις. Σε μία από αυτές τις ανοικτές ερωτήσεις τους ζητούσε να εξηγήσουν πώς αντιλαμβάνονται την έννοια «προσαρμογή των ζώων», την οποία δίδασκαν στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών της Ε' Δημοτικού. Από τις απαντήσεις τους προέκυψε πως οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν αναφέρθηκαν καθόλου στην έννοια της φυσικής επιλογής, παρά μόνο αρκέστηκαν στο να περιγράψουν τους μηχανισμούς προσαρμογής των ζώων. Αυτό ίσως δείχνει τις ανεπαρκείς τους γνώσεις να χειριστούν έννοιες, όπως η φυσική επιλογή.

Επιπλέον, σε κλειστές ερωτήσεις που τους απευθύνθηκαν για τη θεωρία της εξέλιξης, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί συμφωνούσαν με την επιστημονική άποψη ότι η θεωρία της εξέλιξης αφορά όλους τους οργανισμούς εκτός από τους ανθρώπους. Ωστόσο, η πλειονότητα των εκπαιδευτικών υποστήριζε επίσης ότι τα νέα χαρακτηριστικά εμφανίζονται στους οργανισμούς, επειδή τα χρειάζονται, για να επιβιώσουν, πράγμα που θεωρείται μια εσφαλμένη άποψη, η οποία όμως υιοθετείται από πολλούς εκπαιδευτικούς. Βέβαια, πρέπει να αναφερθεί πως οι εκπαιδευτικοί με τα λιγότερα έτη επαγγελματικής εμπειρίας, δηλαδή εκείνοι που είχαν αποφοιτήσει σχετικά πρόσφατα από το πανεπιστήμιο, διαφωνούσαν με αυτή την άποψη. Επίσης, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί ηλικίας άνω των 41 ετών διαφώνησαν με την άποψη ότι όλοι οι οργανισμοί στη γη άρχισαν να υπάρχουν από την ίδια στιγμή. Αξιοσημείωτο επίσης από τα αποτελέσματα της έρευνας της Πρίνου (2008) είναι πως οι εκπαιδευτικοί που έδωσαν τον μικρότερο ή μεσαίο αριθμό σωστών απαντήσεων, διέθεταν μεταπτυχιακό τίτλο.

Επιπρόσθετα, οι Stasinakis & Athanasiou (2016) διερεύνησαν τις απόψεις βιολόγων εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδασκαλία της θεωρίας της εξέλιξης. Τα ερευνητικά αποτελέσματα κατέδειξαν πως η πλειοψηφία των καθηγητών βιολογίας

εμφάνισε ανεπαρκή κατανόηση της θεωρίας της εξέλιξης και περιορισμένη ικανότητα μετατροπής του επιστημονικού περιεχομένου σε διδακτικές στρατηγικές προσαρμοσμένες στο επίπεδο των μαθητών. Πολλοί καθηγητές δεν είχαν παρακολουθήσει ουσιαστικά μαθήματα που να σχετίζονται με τη διδακτική της βιολογίας ή της εξέλιξης. Μόνο το 69% είχε παρακολουθήσει κάποιο πανεπιστημιακό μάθημα σχετικό με την εξέλιξη. Επίσης, οι περισσότεροι από αυτούς δεν συμμετείχαν σε σχετικού αντικειμένου επιμορφωτικά προγράμματα.

Βέβαια, πέρα από τις ανεπάρκειες που προκύπτουν από το γνωστικό τους υπόβαθρο, πολλοί από τους εκπαιδευτικούς ανέφεραν ως εμπόδια διδασκαλίας της Θεωρίας της Εξέλιξης, την πίεση του χρόνου, τις γνωστικές δυσκολίες των μαθητών/ριών καθώς και την ανασφάλειά τους να ανταποκριθούν πλήρως στις ερωτήσεις των μαθητών/ριών τους. Μάλιστα, πολλοί εμφάνιζαν παρανοήσεις σχετικά με βασικές έννοιες, όπως τον ρόλο της τυχαιότητας στην εξέλιξη ή τη σημασία του γεωλογικού χρόνου, ενώ κάποιοι απέφευγαν να διδάξουν αυτή τη θεωρία για θρησκευτικούς λόγους. Έτσι, τα αποτελέσματα αυτά ανέδειξαν την αναγκαιότητα ύπαρξης εξειδικευμένων προγραμμάτων επιμόρφωσης που να επικεντρώνονται ειδικά στη διδασκαλία της εξέλιξης και όχι γενικά στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Stasinakis & Athanasiou, 2016).

Εκτός από τις αντιλήψεις των καθηγητών βιολογίας για τη διδασκαλία της Θεωρίας της Εξέλιξης, έχουν εξίσου διερευνηθεί και οι αντιλήψεις των καθηγητών Φυσικών Επιστημών για αυτό το θέμα. Η έρευνα σε αυτό το πεδίο έδειξε παρόμοια αποτελέσματα. Οι καθηγητές Φυσικών Επιστημών διέθεταν γνώσεις χαμηλού επιπέδου για το περιεχόμενο της Θεωρίας της Εξέλιξης και επίσης πολλοί από αυτούς ισχυρίστηκαν πως δεν διέθεταν εμπειρία στη διδασκαλία αυτού του αντικειμένου. Ωστόσο, το θετικό στοιχείο αυτής της έρευνας ήταν πως η θρησκευτικότητα των καθηγητών δεν αποτέλεσε σοβαρό εμπόδιο στην άποψή τους για τη Θεωρία της Εξέλιξης, αντιθέτως ευνόησε τον εποικοδομητικό προβληματισμό (Athanasiou, Katagos & Papadopoulou, 2016).

Επίσης, οι Αντωνάτου, Μαυρικάκη & Αθανασίου (2024) εξέτασαν τον βαθμό στον οποίο είναι εξοικειωμένοι οι εκπαιδευτικοί των ελληνικών σχολείων με τη Θεωρία

της Εξέλιξης και συγκεκριμένα με τη φυσική επιλογή. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από 200 εκπαιδευτικούς μέσω ερωτηματολογίου έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί ανεξάρτητα από την ειδικότητά τους αποδέχονται τη Θεωρία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής. Ωστόσο, ο βαθμός αποδοχής της φαίνεται πως διαφοροποιείται ανάλογα με τα χρόνια εμπειρίας των εκπαιδευτικών καθώς και τα μαθήματα που είχαν διδαχθεί στις πανεπιστημιακές τους σπουδές. Το γεγονός αυτό δείχνει πως πιθανά προγράμματα κατάρτισης πάνω σε αυτό το θέμα θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα τουλάχιστον για ένα μέρος του εκπαιδευτικού πληθυσμού.

Η αποδοχή της Θεωρίας της Εξέλιξης από τους εκπαιδευτικούς φαίνεται και μέσα από τα αποτελέσματα της έρευνας των Αθανασίου & Λαζαρίδου (2004), που πραγματοποιήθηκε τόσο σε εκπαιδευτικούς όσο και σε τεταρτοετείς φοιτητές. Από αυτούς το 97% των εκπαιδευτικών και το 83% των φοιτητών φαίνεται πως αποδέχεται την εξελικτική θεωρία, ωστόσο υπάρχουν περιπτώσεις που οι εκπαιδευτικοί θεωρούν πως η Θεωρία της Εξέλιξης δεν βασίζεται καθ' αυτή σε επιστημονικές αλήθειες αλλά σε υποθέσεις. Επίσης, ένα ποσοστό και των δύο ομάδων δήλωσε πως η Θεωρία της Εξέλιξης δεν μπορεί να επαληθευτεί πλήρως επιστημονικά. Μάλιστα, όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα, το 26% των εκπαιδευτικών αλλά και το 36% των φοιτητών δεν θεωρούν ότι οι άνθρωποι και οι πίθηκοι προέρχονται από τον ίδιο πρόγονο. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ένα έλλειμμα γνώσης τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους φοιτητές, πράγμα που σημαίνει πως απαιτείται περαιτέρω επιμόρφωση σε αυτά τα θέματα.

4.2. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου

Πολλοί εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται τον Γεωλογικό Χρόνο με βάση ανθρωποκεντρικές κλίμακες, δυσκολεύόμενοι να διανοηθούν τα τεράστια χρονικά διαστήματα που απαιτούνται για τις γεωλογικές αλλαγές. Η ιδέα ότι η Γη έχει ηλικία περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια ή ότι η εξέλιξη της ζωής συντελέστηκε σε κλίμακες εκατομμυρίων ετών είναι ξένη προς τη συνηθισμένη εμπειρία και συχνά υποτιμάται ή

απλουστεύεται (Harris, 2023; Bertrand & Legendre, 2021). Επιπλέον, η πολιτισμική και θρησκευτική κοσμοαντίληψη ορισμένων εκπαιδευτικών μπορεί να επηρεάσει τις αντιλήψεις τους για την ηλικία της Γης. Σε κοινωνίες όπου παραδοσιακές ή θρησκευτικές αφηγήσεις για τη δημιουργία του κόσμου έχουν έντονη παρουσία, οι εκπαιδευτικοί μπορεί να βιώνουν εσωτερικές συγκρούσεις ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τις προσωπικές τους πεποιθήσεις (King, 2010). Αυτό μπορεί να οδηγήσει είτε σε σιωπηρή παράλειψη της διδασκαλίας του γεωλογικού χρόνου είτε σε ασαφή ή υποβαθμισμένη παρουσίασή του.

Οι Katakos & Athanasiou (2020) είχαν ως στόχο της έρευνάς τους να εξετάσουν τη σημασία των γεωλογικών επιχειρημάτων, όπως η ηλικία της Γης, οι γεωλογικές αλλαγές, η στρωματογραφία και τα απολιθώματα, στη διαδικασία αποδοχής της Θεωρίας της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής (TENS) από Έλληνες καθηγητές που διδάσκουν βιολογία. Σε αυτή την έρευνα συμμετείχαν 306 καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από σχετικούς επιστημονικούς κλάδους. Το ποσοστό αποδοχής της θεωρίας της εξέλιξης ήταν ιδιαίτερα υψηλό μεταξύ των καθηγητών γεωλογίας (89,36%) και φυσιολογικών (90,5%), ενώ οι βιολόγοι ακολουθούσαν με 83,91%. Όσον αφορά το μέρος της ποιοτικής έρευνας, οι γεωλόγοι που συμμετείχαν στις συνεντεύξεις τόνισαν ότι η γνώση τους για την ηλικία της Γης, τη γεωλογική ιστορία και τα απολιθώματα είχε αποφασιστική επίδραση στην αποδοχή της εξέλιξης. Επίσης, η εμπειρική επαφή με γεωλογικά δεδομένα, όπως η παρατήρηση απολιθωμάτων, ενίσχυσε τη θεώρηση της εξέλιξης ως φυσικό και αυτονόητο φαινόμενο. Από την άλλη πλευρά, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως η θρησκευτικότητα δεν αποτέλεσε εμπόδιο για την αποδοχή της εξέλιξης στους γεωλόγους.

Παράλληλα, οι Parry & Metzger (2023) μέσω της έρευνας που διεξήγαγαν, δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται απροετοίμαστοι να βοηθήσουν τους μαθητές να αναπτύξουν τις ικανότητες που απαιτούνται για την κατανόηση εννοιών, όπως ο Γεωλογικός Χρόνος ή η Γεωλογική Χρονική Κλίμακα. Οι εκπαιδευτικοί βρίσκουν κυρίως εμπόδια στην πολυεπιστημονική, μαθητοκεντρική εκπαίδευση για τη βιωσιμότητα, καθώς επίσης θεωρούν ότι έχουν πρόσβαση σε ανεπαρκείς ευκαιρίες επαγγελματικής μάθησης. Αυτά τα εμπόδια εξακολουθούν να υπάρχουν παρά τις

επανεκτιμημένες εκκλήσεις από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και τους ερευνητές για καλύτερη προετοιμασία και υποστήριξη των εκπαιδευτικών ως συντονιστών της μάθησης για τη βιωσιμότητα καθώς και για θέματα που σχετίζονται με τη Βιολογία.

Οι εξελικτικές πληροφορίες σχετικά με τους χρόνους απόκλισης των ειδών είναι θεμελιώδεις για τις μελέτες της βιοποικιλότητας, της ανάπτυξης και των ασθενειών. Η μοριακή χρονολόγηση έχει βελτιώσει την κατανόησή μας για τα χρονικά πρότυπα των αποκλίσεων των ειδών τις τελευταίες πέντε δεκαετίες και ο αριθμός των μελετών αυξάνεται ραγδαία λόγω της εκθετικής αύξησης της διαθέσιμης συλλογής μοριακών αλληλουχιών από ποικίλα είδη και μεγάλο αριθμό γονιδίων. Ο πόρος TimeTree είναι μια δημόσια βάση γνώσεων με κύριο στόχο τη διάθεση όλων των χρόνων απόκλισης ειδών που προκύπτουν χρησιμοποιώντας δεδομένα μοριακής αλληλουχίας σε επιστήμονες, εκπαιδευτικούς και το ευρύ κοινό σε μια συνεπή και προσβάσιμη μορφή (Kumar et al., 2017). Σε αυτόν τον πόρο οι εκπαιδευτικοί μπορούν να έχουν πρόσβαση, προκειμένου να εμπλουτίσουν και να βελτιώσουν τις γνώσεις τους σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου.

Η αναγνώριση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί, όπως η αδυναμία σύλληψης τεράστιων χρονικών διαστημάτων ή η επίδραση πολιτισμικών, θρησκευτικών ή και προσωπικών πεποιθήσεων, καθιστά σαφή την ανάγκη για στοχευμένη επιμόρφωση, καθοδήγηση και διδακτική υποστήριξη (Stasinakis & Athanasiou, 2016). Η ενίσχυση της επιστημονικής τους γνώσης, η χρήση βιωματικών και αναλογικών διδακτικών στρατηγικών και η ανάπτυξη κριτικής σκέψης μπορούν να συμβάλουν ουσιαστικά στην υπέρβαση των εμποδίων. Καλλιεργώντας μια βαθύτερη κατανόηση του Γεωλογικού Χρόνου, οι εκπαιδευτικοί θα μπορέσουν να εμπνεύσουν τους μαθητές και τις μαθήτριες να δουν τη Γη όχι ως ένα στατικό σκηνικό, αλλά ως ένα ζωντανό, μεταβαλλόμενο σύστημα, σε συνεχή εξέλιξη μέσα σε αχανείς χρονικές κλίμακες. Σε τελική ανάλυση, η επένδυση στη διδακτική του Γεωλογικού Χρόνου αλλά και της Θεωρίας της Εξέλιξης, είναι μια επένδυση στη διεύρυνση της ανθρώπινης αντίληψης για τη θέση των ανθρώπων στο σύμπαν και την κατανόηση της βαθιάς και πολύπλοκης ιστορίας της ζωής στη Γη.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

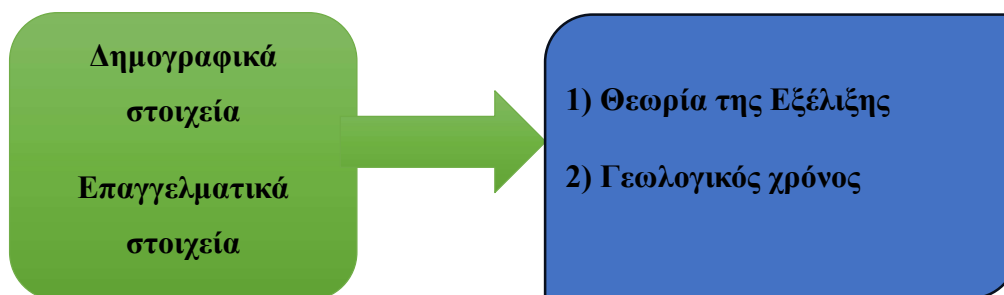
5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Μεθοδολογία έρευνας

5.1. Ερευνητική στρατηγική

Πραγματοποιήθηκε μια ποσοτική, πρωτογενής έρευνα, η οποία βασίστηκε στη χρήση σταθμισμένων ερωτηματολογίων σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Driscoll, 2011). Η έρευνα ήταν συγχρονική καθώς τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, από 6/5/2025 έως 22/5/2025 (Olsen et al., 2010).

Επιλέχθηκε η ποσοτική έρευνα για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα καθώς οι έννοιες που διαπραγματεύεται η έρευνα είναι μετρήσιμες (Cohen, Manion and Morrison, 2018). Συγκεκριμένα η έννοια της «Θεωρία της εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής» μετρήθηκε με το ερωτηματολόγιο Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS) των Anderson, Fisher & Norman (2002) και ο «Γεωλογικός χρόνος» με το Geoscience Concept Inventory (GCI) των Libarkin & Anderson (2007).

Η ποσοτική δίνει την δυνατότητα στους ερευνητές να ανιχνεύσουν σχέσεις μεταξύ εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών με χρήση αριθμητικών δεδομένων (Muijs, 2011). Οι εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας είναι η «Θεωρία της Εξέλιξης» και ο «Γεωλογικός χρόνος» (δηλαδή η κατανόηση τους) ενώ οι ανεξάρτητες τα δημογραφικά και τα επαγγελματικά στοιχεία των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το Σχήμα 1 παρουσιάζει το ερευνητικό μοντέλο της έρευνας. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ποσοτικής έρευνας είναι: α) Η δυνατότητα συλλογής μεγάλου δείγματος σε σύντομο χρονικό διάστημα και από διαφορετικές περιοχές, β) Η δυνατότητα γενίκευσης των συμπερασμάτων, για πληθυσμό παρόμοιο με αυτό του δείγματος (Creswell, 2014).



Σχήμα 1:Ερευνητικό μοντέλο

5.2. Εργαλείο συλλογής δεδομένων

Το εργαλείο συλλογής δεδομένων αποτελείται από 40 ερωτήσεις και τις ακόλουθες 3 ενότητες: α) Δημογραφικά στοιχεία, β) Θεωρία της εξέλιξης και γ) Γεωλογικός χρόνος.

A) Δημογραφικά στοιχεία: Η ενότητα περιλαμβάνει 10 ερωτήσεις σχετικά με το φύλο, την ηλικία, τη βαθμίδα εκπαίδευσης (νηπιαγωγός, δάσκαλος), τα έτη προϋπηρεσίας, το μορφωτικό επίπεδο (πτυχίο, μεταπτυχιακό, διδακτορικό), το φορέα εργασίας (ιδιωτικός, δημόσιος), την τάξη έως την οποία διδάχθηκαν βιολογία στο σχολείο, τη γνώση του όρου εξέλιξη σύμφωνα με τη βιολογία, την εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας και το βαθμό ενδιαφέροντος σχετικά με τα βιολογικά θέματα.

B) Θεωρία της εξέλιξης: Χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS) που δημιουργήθηκε από τους Anderson, Fisher & Norman (2002) με το οποίο διερευνώνται οι αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών σχετικά με την Εξέλιξη μέσω Φυσικής Επιλογής. Αποτελείται από 20 ερωτήσεις κλειστού τύπου που αξιολογούν 10 βασικές έννοιες της θεωρίας της εξέλιξης και θεωρείται έγκυρο μέσω εσωτερικής εγκυρότητας και όψης. Η αξιοπιστία του εργαλείου ελέγχθηκε με τον δείκτη Cronbach Alpha, ο οποίος υπολογίζει την αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας, δηλαδή την σταθερότητα των μετρήσεων, με ικανοποιητικές να

θεωρούνται οι τιμές άνω του 0,7 (Γαλάνης, 2013). Η αξιοπιστία του εργαλείου ήταν ικανοποιητική ($\alpha=0,712$), με αφαίρεση της 2^{ης} ερώτησης. Το εργαλείο χωρίζεται σε 3 υποενότητες:

1) Σπίνοι των Νησιών Γκαλαμπάγκος: περιλαμβάνει 8 ερωτήσεις κλειστού τύπου σχετικά με την πιθανή εξέλιξη των σπίνων σε ιδανικές συνθήκες, την συμπεριφορά των σπίνων Γκαλαμπάγκος όταν η τροφή και νερό σπανίζουν, την πιθανή εξέλιξη του πληθυσμού σε ένα συγκεκριμένο νησί μετά από πολλά χρόνια, τις πρωταρχικές αλλαγές που συμβαίνουν σταδιακά στη διάρκεια των ετών στον πληθυσμό των σπίνων, τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους σπίνους για την εύρεση τροφής, τις αιτίες αλλαγών στα ράμφη, τον τύπο ποικιλότητας των σπίνων που πέρασε στους απογόνους και το λόγο που έκανε τους πληθυσμούς των πουλιών που είχαν διαφορετικές μορφές και μεγέθη ράμφους να καταστούν ξεχωριστά είδη στα νησιά. Οι σωστές απαντήσεις στην ενότητα αυτή είναι: 1Γ, 2Α, 3Β, 4Β, 5Δ, 6Β, 7Γ, 8Α.

2) Λεβιστές της Βενεζουέλας: περιλαμβάνει 5 ερωτήσεις κλειστού τύπου σχετικά με τις ομοιότητες των λεβιστών, το χαρακτηριστικό που θα θεωρούσε ένας βιολόγος ως το πλέον σημαντικό στο να καθορισθεί ποιοι λεβιστές ήταν οι πλέον «προσαρμοσμένοι», την πιθανή εξέλιξη ενός ζευγαριού λεβιστών σε ιδανικές συνθήκες (αφθονία τροφής-χώρου, χωρίς θηρευτές) και αληθινές συνθήκες και τις πρωταρχικές αλλαγές που συμβαίνουν σταδιακά στους πληθυσμούς των λεβιστών στη διάρκεια των ετών. Οι σωστές απαντήσεις στην ενότητα αυτή είναι: 9Δ, 10Γ, 11Β, 12Α και 13Β

3) Σαύρες των Καναρίων Νήσων: περιλαμβάνει 7 ερωτήσεις σχετικά με τη διαθεσιμότητα τροφής για τις σαύρες στα Κανάρια Νησιά, τη συμπεριφορά όταν τα αποθέματα της τροφής είναι περιορισμένα, τα χαρακτηριστικά ομοιότητας, τον τρόπο με τον οποίο τα χαρακτηριστικά στις σαύρες μεταφέρονται από τη μία γενεά στην επόμενη, τα χαρακτηριστικά της πλέον προσαρμοσμένης σαύρας, την προέλευση σύμφωνα με τη Φυσική Επιλογή, των διαφορετικοτήτων στο μέγεθος του σώματος στα 3 είδη σαύρας και τον πιθανό παράγοντα που θα μπορούσε να προκαλέσει την αλλαγή του ενός είδους σαύρας στα τρία διαφορετικά είδη στη διάρκεια των ετών. Οι σωστές απαντήσεις στην ενότητα αυτή είναι 14Δ, 15Δ, 16Γ, 17Δ, 18Β, 19Γ και 20Β.

Πίνακας 1: Ανάλυση αξιοπιστίας παραγόντων κατανόησης

Παράγοντες κατανόησης	Ερωτήσεις	Cronbach Alpha	Αξιοπιστία
Θεωρία της Εξέλιξης ⁽¹⁾	2-20	0,712	Ικανοποιητική
Γεωλογικός Χρόνος ⁽²⁾	1,3-10	0,714	Ικανοποιητική

(1)Εξαιρέθηκε η ερώτηση 1 λόγω αρνητικής φόρτισης

(2)Εξαιρέθηκε η ερώτηση 2, λόγω χαμηλής φόρτισης

Γ) Γεωλογικός χρόνος: Χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο Geoscience Concept Inventory (GCI) αναπτύχθηκε από τους Libarkin και Anderson το 2007, από το οποίο χρησιμοποιήθηκαν 10 ερωτήσεις κλειστού τύπου οι οποίες αναφέρονται στην κατανόηση του γεωλογικού χρόνου. Το εργαλείο περιλαμβάνει 69 ερωτήσεις και θεωρείται έγκυρο ως προς το περιεχόμενο του για την μέτρηση της κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου. Η αξιοπιστία του εργαλείου ελέγχθηκε με τον δείκτη Cronbach Alpha, ο οποίος υπολογίζει την αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας, δηλαδή την σταθερότητα των μετρήσεων, με ικανοποιητικές να θεωρούνται οι τιμές άνω του 0,7 (Γαλάνης, 2013). Η αξιοπιστία του εργαλείου ήταν ικανοποιητική ($\alpha=0,714$). Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις σχετίζονται με την εμφάνιση της επιφάνειας της γης, όταν προσχηματίστηκε, το είδος ζωής θα επικρατούσε στη γη στην εποχή που η Γη μόλις είχε σχηματιστεί ως πλανήτης, την χρονική εξέλιξη αναφορικά με την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη, την εμφάνιση και εξαφάνιση των δεινοσαύρων και την εμφάνιση του ανθρώπου, τον χρόνο που χρειάστηκε για να διαχωριστεί η μία ήπειρος που ήταν αρχικά και να σχηματίσει τη σημερινή διάταξη, το χρόνο που μεσολάβησε μεταξύ της εμφάνισης και της εξαφάνισης αυτών των δεινοσαύρων, το μέγεθος του πλανήτη Γη όταν εμφανίστηκαν για πρώτη φορά οι δεινόσαυροι, το χρόνο που χρειάστηκε η Γη να σχηματιστεί ως πλανήτης και το μέγεθος του πλανήτη εκατομμύρια χρόνια μετά. Οι σωστές απαντήσεις στην ενότητα αυτή είναι 1Δ, 2Α, 3Α, 4Δ, 5Ε, 6Γ, 7Γ, 8Γ, 9Δ και 10Γ.

5.3. Δείγμα και διαδικασία συλλογής δεδομένων

Στην έρευνα συμμετείχαν 153 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μέσης ηλικίας 42 ετών, στην πλειοψηφία τους γυναίκες, δάσκαλοι, κάτοχοι μεταπτυχιακού οι οποίοι εργάζονται στον δημόσιο τομέα για 14,5 περίπου έτη. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί παρακολούθησαν βιολογία μέχρι την αποφοίτηση τους ή μέχρι 1-2

χρόνια πριν, θεωρούν ότι γνωρίζουν την βιολογική έννοια της εξέλιξης, έχουν μέτριο προς υψηλό ενδιαφέρον για βιολογικά θέματα, ωστόσο δεν έχουν λάβει εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας. Αναλυτικά αποτελέσματα για την σύσταση του δείγματος παρουσιάζονται στο κεφάλαιο των Αποτελεσμάτων στην Περιγραφική στατιστική στην υποενότητα «Δημογραφικά στοιχεία».

Η ερευνήτρια διαμοίρασε τα ερωτηματολόγια στην πρωτοβάθμια Δωδεκανήσου, Ημαθίας και Βοιωτίας, αλλά και σε μεμονωμένα άτομα εκπαιδευτικούς σε άλλες περιοχές. Επίσης, τα προώθησε κατόπιν τηλεφωνικής επικοινωνίας σε ιδιωτικά εκπαιδευτήρια. Η δειγματοληψία χαρακτηρίστηκε ως βολική (Creswell, 2014) καθώς η ερευνήτρια απευθύνθηκε στα άτομα που είχε εύκολη πρόσβαση. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν στο χρονικό διάστημα από 6/5/2025 έως 22/5/2025 μέσω του ηλεκτρονικού συνδέσμου από την εφαρμογή googleforms: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd9SxpbQRq2mapGrCd0yIxkcZ0gQgF4rNvsCL4UOvIMGsg4AA/viewform?usp=header>.

Με χρήση εισαγωγικού σημειώματος, οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ενημερώθηκαν ότι η έρευνα διεξάγεται στα πλαίσια Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών α) του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και β) του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής της Σχολής Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τίτλο «Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον». Οι εκπαιδευτικοί-συμμετέχοντες της έρευνας ενημερώθηκαν για τον σκοπό της έρευνας είναι να διερευνήσει την κατανόηση των εννοιών του γεωλογικού χρόνου και της θεωρίας της εξέλιξης από τους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Ακόμη, ενημερώθηκαν ότι η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου θα είναι ανώνυμη και προαιρετική, καθώς οι απαντήσεις θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς. Συνολικά, τηρήθηκαν τα απαραίτητα ηθικά και δεοντολογικά ζητήματα (Koocher and Keith-Spiegel, 1998).

5.4. Μέθοδοι ανάλυσης δεδομένων

Τα δεδομένα της έρευνας εξήχθησαν από την εφαρμογή googleforms σε υπολογιστικό φύλλο Microsoft Office Excel 2016, όπου έγινε η κωδικοποίησή τους. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε στο στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS 26 και χρησιμοποιήθηκαν επαγωγικές και περιγραφικές μέθοδοι.

Περιγραφικές μέθοδοι: ποσοστά και συχνότητες για την παρουσίαση των δημογραφικών στοιχείων των ερωτηθέντων, για τις ερωτήσεις της «Θεωρίας της εξέλιξης» και της «Κατανόησης του γεωλογικού χρόνου». Μέσος όρος, τυπική απόκλιση, ελάχιστη και μέγιστη τιμή χρησιμοποιήθηκαν για την περιγραφή των ποσοτικών δημογραφικών μεταβλητών (ηλικία, προϋπηρεσία).

Επαγωγικές μέθοδοι: Η Επαγωγική Στατιστική πραγματοποιήθηκε σε στάθμη σημαντικότητας 5%. Οι παράγοντες «Θεωρία της Εξέλιξης» και «Γεωλογικός Χρόνος» προήλθαν ως μέσος όρος της αξιολόγησης των εκπαιδευτικών σε κάθε ερώτηση, όπου για κάθε σωστή απάντηση δόθηκε η τιμή 100 και για κάθε λανθασμένη η τιμή 0. Χρησιμοποιήθηκαν 95% διαστήματα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής. Οι παράγοντες ελέγχθηκαν για ύπαρξη κανονικής κατανομής, με χρήση του ShapiroWilktest (Razali & Wah, 2011).

Πίνακας 2: Έλεγχος κανονικότητας παραγόντων κατανόησης

Παράγοντες κατανόησης	W (153)	p-value
Θεωρία της Εξέλιξης	0,906	<0,001
Γεωλογικός Χρόνος	0,933	<0,001

Λόγω μη κανονικών κατανομών (Πίνακας 2), χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω μη παραμετρικοί έλεγχοι:

α)Spearman για έλεγχο συσχέτισης της «Θεωρίας της εξέλιξης» και «Γεωλογικού χρόνου». Επιπλέον, για τον έλεγχο της συσχέτισης της ηλικίας και των ετών προϋπηρεσίας με τους παράγοντες «Θεωρία της εξέλιξης» και «Γεωλογικός Χρόνος».

β)MannWhitneyU, για σύγκριση των επιπέδων την γνώσης της «Θεωρίας της εξέλιξης» και του «Γεωλογικού χρόνου» μεταξύ 2 ανεξάρτητων δειγμάτων.

γ) KruskalWallis για σύγκριση των επιπέδων την γνώσης της «Θεωρίας της εξέλιξης» και του «Γεωλογικού χρόνου» μεταξύ 3 ή περισσότερων ανεξάρτητων δειγμάτων (Field, 2017).

6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Αποτελέσματα έρευνας

6.1. Περιγραφική Στατιστική

6.1.1. Δημογραφικά και επαγγελματικά στοιχεία

Στον παρακάτω Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δημογραφικών και επαγγελματικών στοιχείων του δείγματος που αποτελείται από 153 συμμετέχοντες, εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Πίνακας 3: Δημογραφικά και επαγγελματικά στοιχεία εκπαιδευτικών

Κατηγορική μεταβλητή	Κατηγορία	N	%
Φύλο	Άνδρας	62	40,52
	Γυναίκα	91	59,48
Βαθμίδα εκπαίδευσης	Νηπιαγωγός	32	20,92
	Δάσκαλος	121	79,08
Μορφωτικό επίπεδο	ΑΕΙ-ΤΕΙ	47	30,72
	Μεταπτυχιακό	100	65,36
	Διδακτορικό	6	3,92
Φορέας εργασίας	Ιδιωτικός	19	12,42
	Δημόσιος	134	87,58
Μέχρι ποια τάξη κάνατε βιολογία στο σχολείο;	Δεν παρακολούθησα ποτέ μαθήματα βιολογίας στο σχολείο	5	3,27
	Μέχρι περισσότερα από 4 χρόνια πριν την αποφοίτηση μου	15	9,80
	Μέχρι 3-4 χρόνια πριν την αποφοίτηση μου	24	15,69
	Μέχρι 1-2 χρόνια πριν την αποφοίτηση μου	38	24,84
	Μέχρι την αποφοίτηση μου	71	46,41
Πιστεύεις ότι γνωρίζεις τι σημαίνει εξέλιξη σύμφωνα με τη βιολογία;	Όχι	10	6,54
	Αποσπασματικά	34	22,22
	Περίπου	66	43,14
	Ναι	43	28,10
Έχετε λάβει εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας;	Όχι	102	66,67
	Ναι	51	33,33
Πόσο σε ενδιαφέρουν τα βιολογικά θέματα;	Καθόλου	7	4,58
	Λίγο	18	11,76
	Μέτρια	41	26,80
	Αρκετά	72	47,06
	Πολύ	15	9,80

Ποσοτική μεταβλητή	Ελάχιστη-Μέγιστη	M.O.	T.A.
Ηλικία (σε έτη)	24-65	42,30	10,36
Έτη προϋπηρεσίας	0-39	14,63	10,27

6.1.2. Θεωρία της Εξέλιξης

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με την κατανόηση των εκπαιδευτικών για την Θεωρία της Εξέλιξης μελετώντας α) τους σπίνους, β) τους λεβιστές, γ) τις σαύρες.

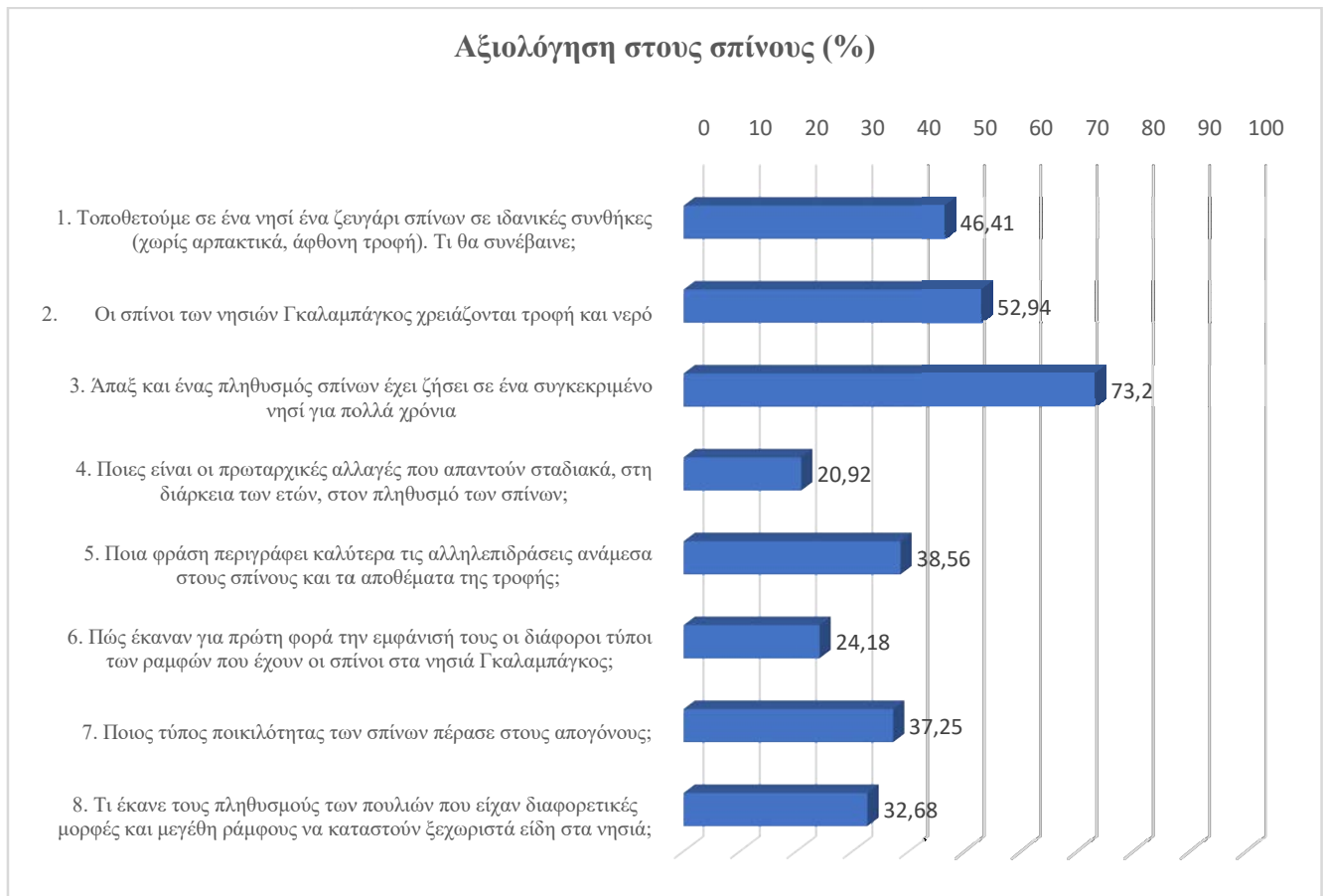
6.1.2.1. Σπίνι

Στην παρούσα υποενότητα, (Πίνακας 4), παρουσιάζονται οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις ερωτήσεις που θα αξιολογήσουν τον βαθμό στον οποίο κατανοούν την Θεωρία της Εξέλιξης στο παράδειγμα των σπίνων των Νησιών Γκαλαμπάγκος.

Πίνακας 4: Εξέλιξη σπίνων των Νησιών Γκαλαμπάγκος

Ερώτηση	Απάντηση	N	%
1. Τοποθετούμε σε ένα νησί ένα ζευγάρι σπίνων σε ιδανικές συνθήκες (χωρίς αρπακτικά, άφθονη τροφή). Τι θα συνέβαινε;	Ο πληθυσμός των σπίνων θα παρέμενε μικρός επειδή τα πουλιά κάνουν μόνο τόσα μικρά όσα χρειάζεται	8	5,23
	Ο πληθυσμός των σπίνων θα διπλασιαζόταν και στη συνέχεια θα παρέμενε σχετικά σταθερός.	28	18,30
	Ο πληθυσμός των σπίνων θα αύξανε δραματικά (Σ)	71	46,41
	Ο πληθυσμός των σπίνων θα αύξανε σιγά-σιγά και θα έφτανε σε ένα σταθερό επίπεδο	46	30,07
2. Οι σπίνι των νησιών Γκαλαμπάγκος χρειάζονται τροφή και νερό.	Όταν η τροφή και το νερό σπανίζουν, κάποια πουλιά μπορεί να μην είναι ικανά στην εξεύρεση των απαραίτητων για τη ζωή (Σ)	81	52,94
	Όταν η τροφή και το νερό είναι περιορισμένα, οι σπίνι θα βρουν άλλες πηγές τροφής οπότε θα υπάρχει πάντοτε αρκετή.	28	18,30
	Όταν οι τροφή και το νερό σπανίζουν, όλοι οι σπίνι τρώνε και πίνουν λιγότερο, οπότε όλα τα πουλιά επιβιώνουν.	25	16,34
	Υπάρχει πάντοτε αφθονία τροφής και νερού στα νησιά Γκαλαμπάγκος για την αντιμετώπιση των αναγκών των σπίνων.	19	12,42
3. Άπαξ και ένας πληθυσμός σπίνων έχει ζήσει σε ένα συγκεκριμένο νησί για πολλά χρόνια	Ο πληθυσμός συνεχίζει να αυξάνει με γρήγορο ρυθμό.	15	9,80
	Ο πληθυσμός παραμένει σχετικά σταθερός, με κάποιες αυξομειώσεις (Σ)	112	73,20
	Ο πληθυσμός αυξάνει και ελαττώνεται δραματικά κάθε χρόνο	19	12,42
	Ο πληθυσμός θα ελαττώνεται σταθερά.	7	4,58
4. Ποιες είναι οι πρωταρχικές αλλαγές που απαντούν σταδιακά, στη διάρκεια των ετών, στον πληθυσμό των σπίνων;	Τα χαρακτηριστικά του κάθε σπίνου μέσα σε ένα πληθυσμό αλλάζουν σταδιακά.	19	12,42
	Αλλάζουν τα ποσοστά των σπίνων που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μέσα σε ένα πληθυσμό (Σ)	32	20,92

	Συμπεριφορές που μαθεύτηκαν σε διαδοχικές γενεές περνούν από τους σπίνους στους απογόνους.	38	24,84
	Καθώς το περιβάλλον αλλάζει, εμφανίζονται μεταλλάξεις για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες των σπίνων.	64	41,83
5. Ποια φράση περιγράφει καλύτερα τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στους σπίνους και τα αποθέματα της τροφής;	Οι περισσότεροι από τους σπίνους σε ένα νησί συνεργάζονται για την εξεύρεση τροφής και μοιράζονται αυτά που βρίσκουν.	36	23,53
	Πολλοί από τους σπίνους σε ένα νησί μάχονται μεταξύ τους και οι πιο δυνατοί νικούν.	22	14,38
	Υπάρχει αρκετή τροφή για τις ανάγκες όλων των σπίνων, οπότε δεν χρειάζεται ανταγωνισμός για τροφή.	36	23,53
	Οι σπίνοι ανταγωνίζονται με τους συγγενικούς τους σπίνους και κάποιοι μπορεί να πεθάνουν από την έλλειψη τροφής (Σ)	59	38,56
6. Πώς έκαναν για πρώτη φορά την εμφάνισή τους οι διάφοροι τύποι των ραμφών που έχουν οι σπίνοι στα νησιά Γκαλαμπάγκος;	Οι αλλαγές (μεγέθη-μορφή) στα ράμφη των σπίνων εμφανίστηκαν εξαιτίας της ανάγκης τους να τρώνε διαφορετικά είδη τροφής	73	47,71
	Οι αλλαγές στα ράμφη των σπίνων έγιναν τυχαία και όταν ταίριαζε η μορφή του με τη τροφή, γεννήθηκαν πιο πολλοί απογόνους (Σ)	37	24,18
	Οι αλλαγές στα ράμφη των σπίνων εμφανίστηκαν επειδή το περιβάλλον προκάλεσε τις επιθυμητές γενετικές αλλαγές.	23	15,03
	Τα ράμφη των σπίνων άλλαξαν λίγο στη μορφή ενώ το μέγεθος σε κάθε γενεά και έτσι άλλα ήταν μεγαλύτερα ή μικρότερα.	20	13,07
7. Ποιος τύπος ποικιλότητας των σπίνων πέρασε στους απογόνους;	Οποιοσδήποτε συμπεριφορές που μαθεύτηκαν στη διάρκεια της ζωής ενός σπίνου.	20	13,07
	Μόνο τα ευεργετικά χαρακτηριστικά που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια της ζωής ενός σπίνου.	25	16,34
	Όλα τα χαρακτηριστικά που ήταν γενετικά καθορισμένα (Σ)	57	37,25
	Κάθε χαρακτηριστικό που επηρεαζόταν θετικά από το περιβάλλον στη διάρκεια της ζωής ενός σπίνου.	51	33,33
8. Τι έκανε τους πληθυσμούς των πουλιών που είχαν διαφορετικές μορφές και μεγέθη ράμφους να καταστούν ξεχωριστά είδη στα νησιά;	Οι σπίνοι ήταν ποικίλοι και εκείνοι που ταίριαζαν καλύτερα με την διαθέσιμη τροφή κάθε νησιού, αναπαρήχθησαν (Σ)	50	32,68
	Όλοι οι σπίνοι είναι ουσιαστικά παρόμοιοι και δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα δεκατέσσερα διαφορετικά είδη.	18	11,76
	Σε κάθε νησί υπάρχουν διαφορετικές τροφές, γι' αυτό, ξεχωριστοί σπίνοι σε κάθε νησί ανέπτυξαν τον τύπο του ράμφους τους	59	38,56
	Διαφορετικές ομάδες σπίνων ανέπτυξαν διαφορετικούς τύπους ράμφους για να αποκομίσουν την διαθέσιμη τροφή.	26	16,99



Σχήμα 2: Αξιολόγηση στους σπίνους

6.1.2.2. Λεβιστές

Στην παρούσα υποενότητα, (Πίνακας 5), παρουσιάζονται οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις ερωτήσεις που θα αξιολογήσουν τον βαθμό στον οποίο κατανοούν την Θεωρία της Εξέλιξης στο παράδειγμα των λεβιστών της Βενεζουέλας.

Πίνακας 5: Εξέλιξη λεβιστών της Βενεζουέλας

Ερώτηση	Απάντηση	N	%
9. Ποια φράση περιγράφει καλύτερα τους λεβιστές ενός είδους ε ένα απομονωμένο πληθυσμό;	Όλοι οι λεβιστές μοιράζονται τα ίδια χαρακτηριστικά και είναι όμοιοι μεταξύ τους.	18	11,76
	Οι λεβιστές μοιράζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του είδους. Οι παραλλαγές τους δεν επηρεάζουν την επιβίωση.	46	30,07
	Όλοι οι λεβιστές είναι όμοιοι μεταξύ τους εσωτερικά, αλλά έχουν πολλές διαφορές μεταξύ τους στην εμφάνιση.	20	13,07
	Όλοι οι λεβιστές μοιράζονται πολλά βασικά χαρακτηριστικά, αλλά μπορεί, επίσης, να ποικίλουν σε πολλά χαρακτηριστικά(Σ)	69	45,10
10. Ποιο χαρακτηριστικό, θα θεωρούσε ένας βιολόγος ως το πλέον σημαντικό στο να καθορισθεί ποιοι λεβιστές ήταν οι πλέον «προσαρμοσμένοι»;	Μεγάλο μέγεθος σώματος και ικανότητα κολύμβησης για γρήγορη απομάκρυνση από τους θηρευτές	48	31,37
	Εξαιρετική ικανότητα στον ανταγωνισμό για την τροφή	28	18,30
	Μεγάλος αριθμός απογόνων που επιζούσαν μέχρι την ηλικία της αναπαραγωγής (Σ)	55	35,95
	Μεγάλος αριθμός ζευγαρωμάτων με πολλά διαφορετικά θηλυκά.	22	14,38
11. Σε ιδανικές συνθήκες (αφθονία τροφής-χώρου, χωρίς θηρευτές), τί θα συνέβαινε αν σε μία μεγάλη λίμνη τοποθετούσαμε ένα ζευγάρι λεβιστών;	Οι λεβιστές θα αυξανόντουσαν αργά, καθώς θα γεννούσαν μόνο τόσα μικρά όσα χρειάζονται για την αναπλήρωση	18	11,76
	Οι λεβιστές θα αυξανόντουσαν αργά στην αρχή, μετά γρήγορα και χιλιάδες θα γέμιζαν τη λίμνη (Σ)	60	39,22
	Οι λεβιστές ποτέ δεν θα γινόντουσαν πολλοί, επειδή οργανισμοί όπως π.χ. έντομα και βακτηρίδια πολλαπλασιάζονται έτσι	23	15,03
	Ο πληθυσμός των λεβιστών θα συνέχιζε να αυξάνει σιγά-σιγά στη διάρκεια του χρόνου.	52	33,99
12. Ένας πληθυσμός λεβιστών εγκαθίστανται για χρόνια σε μία αληθινή (όχι ιδανική) λίμνη μαζί με άλλους οργανισμούς (+ θηρευτές). Τί θα συμβεί;	Ο πληθυσμός των λεβιστών θα παρέμενε περίπου στο ίδιο μέγεθος (Σ)	57	37,25
	Ο πληθυσμός των λεβιστών θα συνεχίζει να αυξάνει σε μέγεθος.	22	14,38
	Ο πληθυσμός των λεβιστών θα ελαττώνεται σταδιακά έως το σημείο που δεν θα υπάρχουν άλλοι λεβιστές.	15	9,80
	Είναι αδύνατον να προβλέψει κανείς τί θα συμβεί διότι οι πληθυσμοί δεν ακολουθούν προδιαγεγραμμένα σχήματα.	59	38,56
13. Ποιες είναι οι πρωταρχικές αλλαγές που απαντούν σταδιακά στους πληθυσμούς των λεβιστών στη διάρκεια των ετών;	Τα χαρακτηριστικά του κάθε λεβιστή που απαντά μέσα στον πληθυσμό αλλάζουν σταδιακά.	21	13,73
	Οι αναλογίες των λεβιστών που έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά μέσα σε ένα πληθυσμό αλλάζουν (Σ)	32	20,92
	Διαδοχικές συμπεριφορές που έμαθαν κάποιοι από τους λεβιστές περνούν στους απογόνους.	38	24,84
	Καθώς το περιβάλλον αλλάζει, συμβαίνουν μεταλλάξεις ως απάντηση στις ανάγκες των λεβιστών.	62	40,52



Σχήμα 3: Αξιολόγηση στους λεβιστές

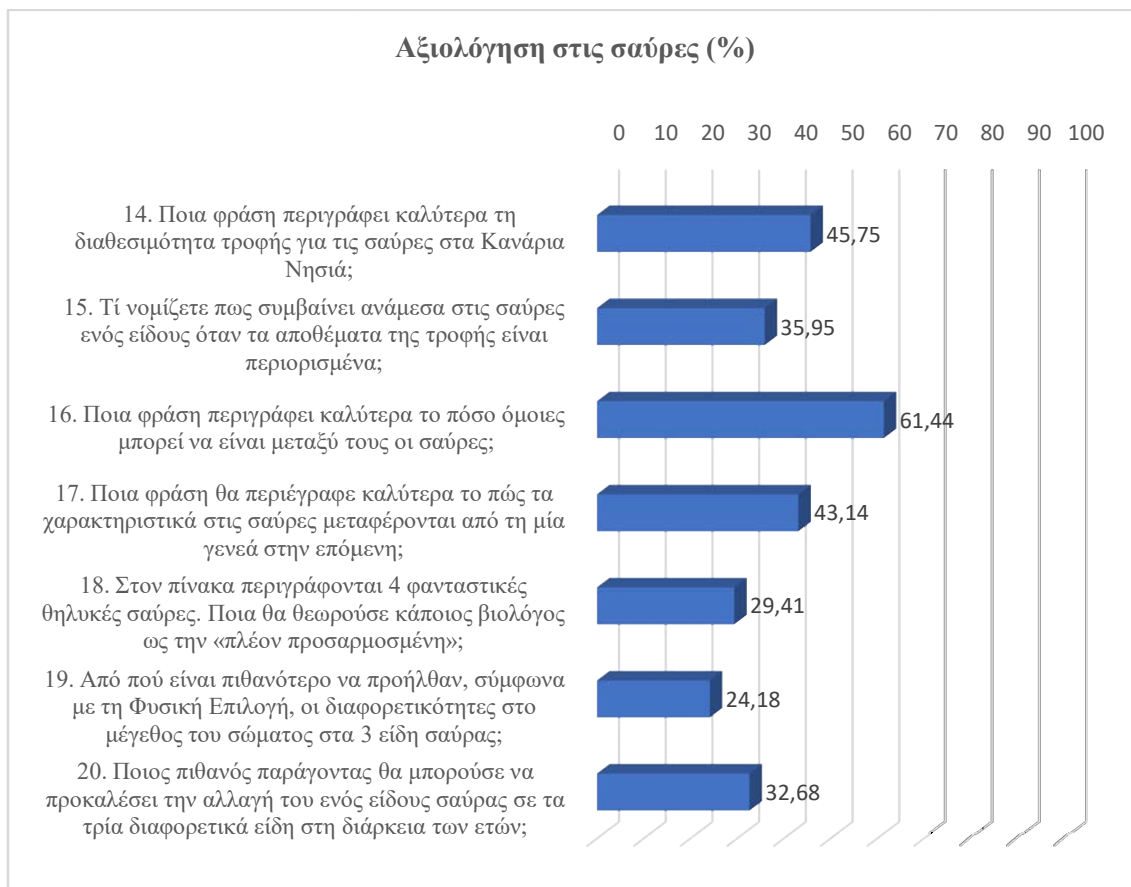
6.1.2.3. Σαύρες

Στην παρούσα υποενότητα, (Πίνακας 6), παρουσιάζονται οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις ερωτήσεις που θα αξιολογήσουν τον βαθμό στον οποίο κατανοούν την Θεωρία της Εξέλιξης στο παράδειγμα των σαυρών των Καναρίων Νήσων.

Πίνακας 6: Εξέλιξη σαυρών των Καναρίων Νήσων

Ερώτηση	Απάντηση	N	%
14. Ποια φράση περιγράφει καλύτερα τη διαθεσιμότητα τροφής για τις σαύρες στα Κανάρια Νησιά;	Η εξεύρεση τροφής δεν συνιστά πρόβλημα μια και υπάρχει πάντοτε αφθονία σε εφόδια τροφής.	16	10,46
	Αφού οι σαύρες καταναλώνουν μία ποικιλία τροφών, υπάρχει η πιθανότητα	42	27,45

	να υπάρχει αρκετή τροφή για όλες τις σαύρες πάντα		
	Οι σαύρες μπορούν να επιβιώσουν με πολύ λίγη τροφή και επομένως τα αποθέματα της τροφής δεν έχουν σημασία.	25	16,34
	Είναι πιθανό πως κάποιες φορές υπάρχει αρκετή τροφή, αλλά σε άλλες εποχές δεν υπάρχει αρκετή τροφή για όλες τις σαύρες (Σ)	70	45,75
15. Τί νομίζετε πως συμβαίνει ανάμεσα στις σαύρες ενός είδους όταν τα αποθέματα της τροφής είναι περιορισμένα;	Οι σαύρες συνεργάζονται για την εξεύρεση τροφής και μοιράζονται αυτό που βρίσκουν.	10	6,54
	Οι σαύρες μάχονται για τη διαθέσιμη τροφή και οι πιο ισχυρές από αυτές σκοτώνουν τις πιο αδύναμες.	49	32,03
	Είναι πολύ πιθανόν να προκληθούν γενετικές αλλαγές που θα επιτρέψουν στις σαύρες να τραφούν από νέες πηγές τροφής.	39	25,49
	Οι σαύρες που είναι λιγότερο επιτυχημένες στην εξεύρεση τροφής μάλλον θα πεθάνουν από πείνα και κακή διατροφή (Σ)	55	35,95
16. Ποια φράση περιγράφει καλύτερα το πόσο όμοιες μπορεί να είναι μεταξύ τους οι σαύρες;	Όλες οι σαύρες μέσα στον πληθυσμό είναι πιθανόν να είναι σχεδόν όμοιες.	22	14,38
	Όλες οι σαύρες είναι όμοιες εξωτερικά, αλλά υπάρχουν διαφορές στα εσωτερικά τους όργανα	22	14,38
	Όλες οι σαύρες μοιράζονται πολλές ομοιότητες, αλλά υπάρχουν διαφορές στα χαρακτηριστικά τους (Σ)	94	61,44
	Όλες οι σαύρες μέσα στον πληθυσμό είναι τελείως μοναδικές και δεν μοιράζονται χαρακτηριστικά με άλλες σαύρες.	15	9,80
17. Ποια φράση θα περιέγραφε καλύτερα το πώς τα χαρακτηριστικά στις σαύρες μεταφέρονται από τη μία γενεά στην επόμενη;	Σαύρες που συλλαμβάνουν ένα τύπο εντόμου θα μεταφέρουν αυτή την ικανότητα στους απογόνους.	24	15,69
	Σαύρες που ακούνε, αλλά δεν έχουν πλεονέκτημα επιβίωσης από την ικανότητα αυτή, δεν θα την κληρονομήσουν στους απογόνους	19	12,42
	Οι σαύρες με δυνατές δαγκάνες για να συλλαμβάνουν έντομα έχουν απογόνους με πιο δυνατές δαγκάνες	44	28,76
	Σαύρες που έχουν ένα συγκεκριμένο σχέδιο και χρωματισμό, μάλλον θα περάσουν στους απογόνους το ίδιο χαρακτηριστικό (Σ)	66	43,14
18. Στον πίνακα περιγράφονται 4 φανταστικές θηλυκές σαύρες. Ποια θα θεωρούσε κάποιος βιολόγος ως την «πλέον προσαρμοσμένη»;	Σαύρα Α (Μήκος σώματος=20cm, απόγονοι που επιβιώνουν ως την ωριμότητα=19, ηλικία θανάτου=4 έτη)	27	17,65
	Σαύρα Β (Μήκος σώματος=12cm, απόγονοι που επιβιώνουν ως την ωριμότητα=28, ηλικία θανάτου=5 έτη) (Σ)	45	29,41
	Σαύρα Γ (Μήκος σώματος=10cm, απόγονοι που επιβιώνουν ως την ωριμότητα=22, ηλικία θανάτου=4 έτη)	31	20,26
	Σαύρα Δ (Μήκος σώματος=15cm, απόγονοι που επιβιώνουν ως την ωριμότητα=26, ηλικία θανάτου=6 έτη)	50	32,68
19. Από πού είναι πιθανότερο να προήλθαν, σύμφωνα με τη Φυσική Επιλογή, οι διαφορετικότητες στο μέγεθος του σώματος στα 3 είδη σαύρας;	Οι σαύρες έπρεπε να αλλάξουν για να μπορέσουν να επιβιώσουν, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν νέα ευεργετικά χαρακτηριστικά.	77	50,33
	Οι σαύρες ήθελαν να γίνουν διαφορετικές σε μέγεθος, οπότε εμφανίστηκαν σταδιακά, νέα ευεργετικά χαρακτηριστικά.	22	14,38
	Οι τυχαίες γενετικές αλλαγές και ο γενετικός ανασυνδυασμός δημιούργησαν νέες ποικιλίες (Σ)	37	24,18
	Το νησιωτικό περιβάλλον προκάλεσε γενετικές αλλαγές στις σαύρες.	17	11,11
20. Ποιος πιθανός παράγοντας θα μπορούσε να προκαλέσει την αλλαγή του ενός είδους σαύρας σε τα τρία διαφορετικά είδη στη διάρκεια των ετών;	Ορισμένες σαύρες αντιμετώπισαν διαφορετικά περιβάλλοντα οπότε έπρεπε να καταστούν νέα είδη για να επιβιώσουν	40	26,14
	Ορισμένες σαύρες απομονώθηκαν γεωγραφικά από άλλες, ενώ τυχαίες γενετικές αλλαγές συσσωρεύθηκαν στις απομονωμένες (Σ)	50	32,68
	Μπορεί να υπάρχουν δευτερεύουσες παραλλαγές, αλλά όλες οι σαύρες είναι ουσιαστικά όμοιες και μέλη ενός είδους.	17	11,11
	Για επιβίωση, ομάδες σαυρών έπρεπε να προσαρμοσθούν στα νησιά, οπότε η κάθε ομάδα, διαμόρφωσε ένα νέο είδος	46	30,07



Σχήμα 2: Αξιολόγηση στις σαύρες

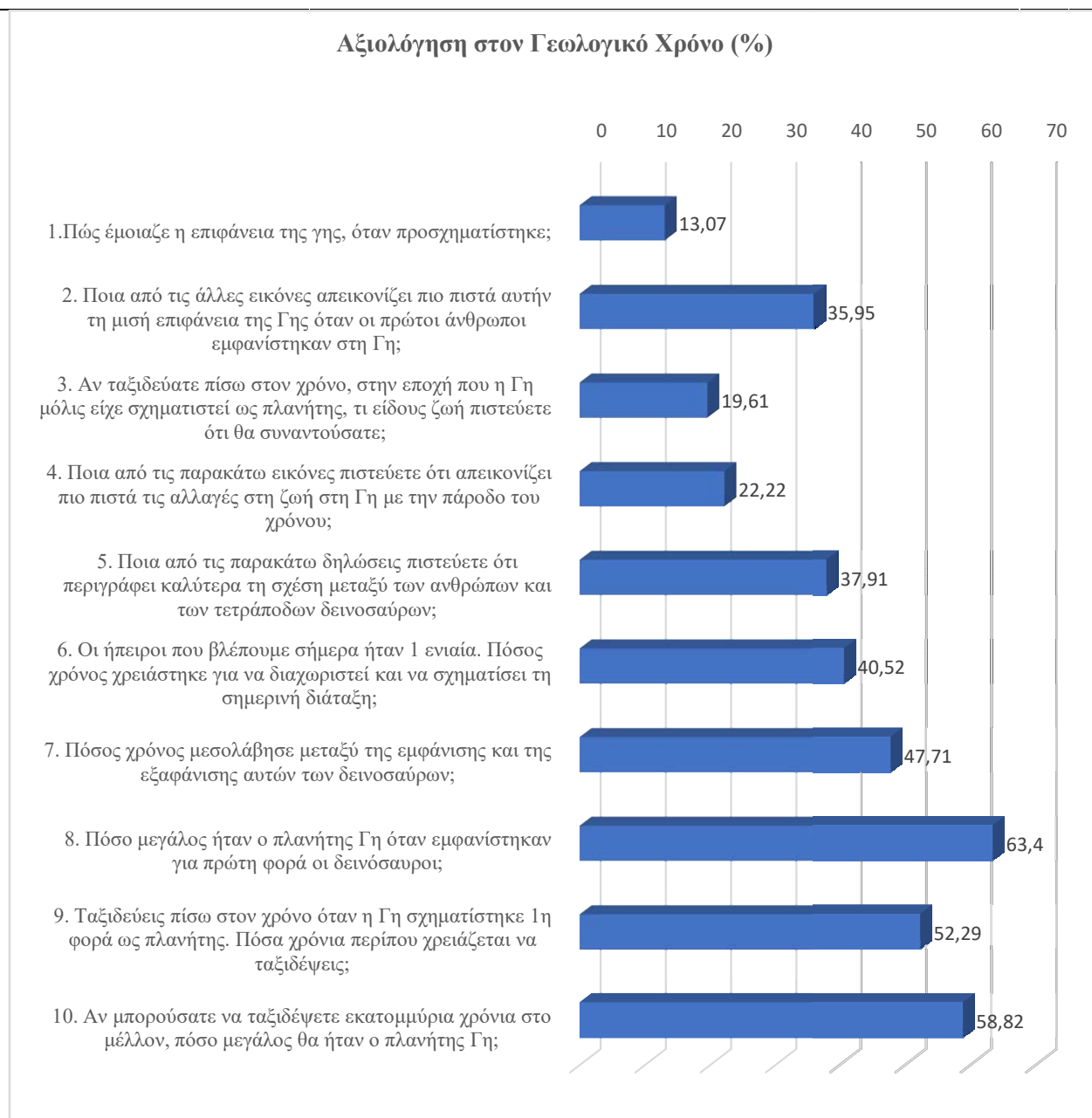
6.1.3. Γεωλογικός χρόνος

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών στις ερωτήσεις που θα αξιολογήσουν τον βαθμό στον οποίο κατανοούν την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου.

Πίνακας 7: Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου

Ερώτηση	Απάντηση	N	%
1. Πώς έμοιαζε η επιφάνεια της	Μία μεγάλη χερσαία μάζα περιτριγυρισμένη από νερό	89	58,17

γης, όταν προσχηματίστηκε;	Μόνο νερό και καθόλου στεριά	16	10,46
	Παρόμοια μορφή με τη σημερινή	17	11,11
	Κυρίως λιωμένο πέτρωμα και καθόλου νερό (Σ)	20	13,07
	Δεν υπάρχει τρόπος να το γνωρίζουμε	11	7,19
2. Ποια από τις άλλες εικόνες απεικονίζει πιο πιστά αυτήν τη μισή μισή επιφάνεια της Γης όταν οι πρώτοι άνθρωποι εμφανίστηκαν στη Γη;	A (Σ)	55	35,95
	B	49	32,03
	Γ	10	6,54
	Δ	39	25,49
3. Αν ταξιδεύατε πίσω στον χρόνο, στην εποχή που η Γη μόλις είχε σχηματιστεί ως πλανήτης, τι είδους ζωή πιστεύετε ότι θα συναντούσατε;	Δεν θα υπήρχε καμία μορφή ζωής ούτε στο νερό ούτε στη στεριά (Σ)	30	19,61
	Μονοκύτταροι οργανισμοί στο νερό	72	47,06
	Ζώα και φυτά στο νερό	9	5,88
	Όλα τα είδη ζωής στο νερό και στη στεριά, εκτός από τους ανθρώπους	18	11,76
	Όλα τα είδη ζωής στο νερό/στεριά, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων	24	15,69
4. Ποια από τις παρακάτω εικόνες πιστεύετε ότι απεικονίζει πιο πιστά τις αλλαγές στη ζωή στη Γη με την πάροδο του χρόνου;	A	27	17,65
	B	34	22,22
	Γ	42	27,45
	Δ (Σ)	34	22,22
	E	16	10,46
5. Ποια από τις παρακάτω δηλώσεις πιστεύετε ότι περιγράφει καλύτερα τη σχέση μεταξύ των ανθρώπων και των τετράποδων δεινοσαύρων;	Οι άνθρωποι και οι τετράποδοι δεινόσαυροι συνυπήρξαν για περίπου πέντε χιλιάδες χρόνια	22	14,38
	Οι άνθρωποι και οι τετράποδοι δεινόσαυροι συνυπήρξαν για περίπου πεντακόσιες χιλιάδες χρόνια	17	11,11
	Οι τετράποδοι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν περίπου πέντε χιλιάδες χρόνια πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη	26	16,99
	Οι τετράποδοι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν περίπου πεντακόσιες χιλιάδες χρόνια πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη	30	19,61
	Οι τετράποδοι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν περίπου πενήντα εκατομμύρια χρόνια πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη (Σ)	58	37,91
6. Οι ήπειροι που βλέπουμε σήμερα ήταν 1 ενιαία. Πόσος χρόνος χρειάστηκε για να διαχωριστεί και να σχηματίσει τη σημερινή διάταξη;	Εκατοντάδες χρόνια	9	5,88
	Χιλιάδες χρόνια	15	9,80
	Εκατομμύρια χρόνια (Σ)	62	40,52
	Δισεκατομμύρια χρόνια	47	30,72
	Είναι αδύνατο να προσδιοριστεί πόσος χρόνος χρειάστηκε	20	13,07
7. Πόσος χρόνος μεσολάβησε μεταξύ της εμφάνισης και της εξαφάνισης αυτών των δεινοσαύρων;	Εκατοντάδες χρόνια	11	7,19
	Χιλιάδες χρόνια	29	18,95
	Εκατομμύρια χρόνια (Σ)	73	47,71
	Δισεκατομμύρια χρόνια	30	19,61
	Μερικά από αυτά τα πλάσματα εξακολουθούν να υπάρχουν	10	6,54
8. Πόσο μεγάλος ήταν ο πλανήτης Γη όταν εμφανίστηκαν για πρώτη φορά οι δεινόσαυροι;	Πολύ μικρότερος από σήμερα	12	7,84
	Πολύ μεγαλύτερος από σήμερα	10	6,54
	Περίπου στο ίδιο μέγεθος με σήμερα (Σ)	97	63,40
	Δεν έχουμε κανέναν τρόπο να το γνωρίζουμε	34	22,22
9. Ταξιδεύεις πίσω στον χρόνο όταν η Γη σχηματίστηκε 1η φορά ως πλανήτης. Πόσα χρόνια περίπου χρειάζεται να ταξιδέψεις;	400 χρόνια	3	1,96
	400.000 χρόνια	12	7,84
	4 εκατομμύρια χρόνια	27	17,65
	4 δισεκατομμύρια χρόνια (Σ)	80	52,29
	4 τρισεκατομμύρια χρόνια	31	20,26
10. Αν μπορούσατε να ταξιδέψετε εκατομμύρια χρόνια στο μέλλον, πόσο μεγάλος θα ήταν ο πλανήτης Γη;	Πολύ μικρότερος από σήμερα	10	6,54
	Πολύ μεγαλύτερος από σήμερα	10	6,54
	Περίπου στο ίδιο μέγεθος με σήμερα (Σ)	90	58,82
	Δεν έχουμε κανέναν τρόπο να το γνωρίζουμε	43	28,10



Σχήμα 3: Αξιολόγηση στον Γεωλογικό Χρόνο

6.2. Επαγωγική ανάλυση

6.2.1. Επίπεδα κατανόησης

Παρατηρήθηκαν χαμηλά επίπεδα στους παράγοντες: «Θεωρία της Εξέλιξης» (95% δ.ε. = [35,08, 41,00]) και «Γεωλογικός Χρόνος» (95% δ.ε. = [39,51, 43,56]) (Πίνακα 8).

Πίνακας 8: Συνολικά επίπεδα κατανόησης

Παράγοντες κατανόησης	M.O.	T.A.	95% δ. ε.
Θεωρία της Εξέλιξης	38,46	18,91	[35,44,41,48]
Γεωλογικός Χρόνος	39,51	25,39	[35,45,43,56]

6.2.2. Συσχέτιση παραγόντων γνώσης

Οι παράγοντες «Θεωρία της Εξέλιξης» και «Γεωλογικός Χρόνος» συσχετίστηκαν θετικά μεταξύ τους ($\rho(153)=0,458, p<0,01$) (Πίνακας 9).

Πίνακας 9: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης

Παράγοντες κατανόησης	1	2
1 Θεωρία της Εξέλιξης	1	
2 Γεωλογικός Χρόνος	,458**	1

** $p<0,01$

6.2.3. Επίδραση δημογραφικών και επαγγελματικών στοιχείων στα επίπεδα γνώσης

Φύλο

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω των όρων ως προς το φύλο στους παράγοντες κατανόησης ($p \geq 0,180$).

Πίνακας 10: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς το φύλο

Παράγοντες κατανόησης	Φύλο	N	M.O.	T.A.	Z	p-value
Θεωρία της Εξέλιξης	Ανδρας	62	41,34	19,92	-1,342	0,180
	Γυναίκα	91	36,50	18,04		
Γεωλογικός Χρόνος	Ανδρας	62	42,11	28,46	-0,501	0,616
	Γυναίκα	91	37,73	23,06		

Ηλικία

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ παραγόντων κατανόησης και ηλικίας ($p \geq 0,137$).

Πίνακας 11: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με την ηλικία

Παράγοντες κατανόησης	Ηλικία
Θεωρία της Εξέλιξης	rho (153) = 0,121, $p = 0,137$
Γεωλογικός Χρόνος	rho (153) = 0,018, $p = 0,830$

Βαθμίδα εκπαίδευσης

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω των όρων, με υψηλότερες τιμές να καταγράφονται σε δασκάλους συγκριτικά με τους νηπιαγωγούς, στους παράγοντες «Θεωρία της Εξέλιξης» ($M.O. \text{ Νηπιαγωγός} = 31,91$ vs $M.O. \text{ Δάσκαλος} = 40,19$, $Z = -2,670$, $p = 0,008$) και «Γεωλογικός Χρόνος» ($M.O. \text{ Νηπιαγωγός} = 29,17$ vs $M.O. \text{ Δάσκαλος} = 42,24$, $Z = -2,587$, $p = 0,010$).

Πίνακας 12: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης προς τη βαθμίδα εκπαίδευσης

Παράγοντες κατανόησης	Βαθμίδα εκπαίδευσης	N	M.O.	T.A.	Z	p-value
Θεωρία της Εξέλιξης	Νηπιαγωγός	32	31,91	17,88	-2,670	0,008
	Δάσκαλος	121	40,19	18,87		
Γεωλογικός Χρόνος	Νηπιαγωγός	32	29,17	20,11	-2,587	0,010
	Δάσκαλος	121	42,24	26,00		

Έτη προϋπηρεσίας

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ παραγόντων κατανόησης και των ετών προϋπηρεσίας ($p \geq 0,391$).

Πίνακας 13: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με τα έτη προϋπηρεσίας

Παράγοντες κατανόησης	Έτη προϋπηρεσίας
Θεωρία της Εξέλιξης	rho (153) = 0,070, $p = 0,391$
Γεωλογικός Χρόνος	rho (153) = 0,006, $p = 0,939$

Μορφωτικό επίπεδο

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω των όρων ως προς το μορφωτικό επίπεδο στους παράγοντες κατανόησης ($p \geq 0,788$).

Πίνακας 14: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς το μορφωτικό επίπεδο

Παράγοντες γνώσης	Μορφωτικό επίπεδο	N	M.O.	T.A.	H(2,153)	p-value
Θεωρία της Εξέλιξης	ΑΕΙ-ΤΕΙ	47	39,98	20,14	0,295	0,863
	Μεταπτυχιακό	100	37,53	17,90		
	Διδακτορικό	6	42,11	27,25		
Γεωλογικός Χρόνος	ΑΕΙ-ΤΕΙ	47	41,84	27,43	0,478	0,788
	Μεταπτυχιακό	100	38,00	23,70		
	Διδακτορικό	6	46,30	37,46		

Φορέας εργασίας

Δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω των όρων ως προς το φορέα εργασίας στους παράγοντες κατανόησης ($p \geq 0,114$).

Πίνακας 15: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς τον φορέα εργασίας

Παράγοντες κατανόησης	Φορέας εργασίας	N	M.O.	T.A.	Z	p-value
Θεωρία της Εξέλιξης	Ιδιωτικός	19	41,55	23,60	-0,223	0,824
	Δημόσιος	134	38,02	18,22		
Γεωλογικός Χρόνος	Ιδιωτικός	19	32,75	26,57	-1,580	0,114
	Δημόσιος	134	40,46	25,18		

Τάξη βιολογίας στο σχολείο

Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ παραγόντων κατανόησης και της τάξης βιολογίας στο σχολείο ($p \geq 0,090$).

Πίνακας 16: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με την τάξη βιολογίας

Παράγοντες κατανόησης	Τάξη βιολογίας στο σχολείο
Θεωρία της Εξέλιξης	$\rho(153) = -0,151, p = 0,063$
Γεωλογικός Χρόνος	$\rho(153) = -0,119, p = 0,142$

Γνώση εξέλιξης σύμφωνα με τη βιολογία

Ο παράγοντας «Γεωλογικός Χρόνος» συσχετίστηκε θετικά με την γνώση εξέλιξης σύμφωνα με τη βιολογία ($\rho(153) = 0,284, p < 0,01$).

Πίνακας 17: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με την αντίληψη εξέλιξης σύμφωνα με τη βιολογία

Παράγοντες κατανόησης	Γνώση εξέλιξης σύμφωνα με τη βιολογία
Θεωρία της Εξέλιξης	0,108
Γεωλογικός Χρόνος	,284**

** $p < 0,01$

Εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας:

Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μέσω των όρων ως προς την εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας με υψηλότερες τιμές να καταγράφονται σε εκπαιδευτικούς που έχουν εκπαιδευτεί, στους παράγοντες «Θεωρία της Εξέλιξης» ($M.O. \text{ Έχω λάβει εκπαίδευση} = 43,34$ vs $M.O. \text{ Δεν έχω λάβει εκπαίδευση} = 36,02$, $Z = -2,662$, $p = 0,008$) και «Γεωλογικός Χρόνος» ($M.O. \text{ Έχω λάβει εκπαίδευση} = 48,80$ vs $M.O. \text{ Δεν έχω λάβει εκπαίδευση} = 34,86$, $Z = -3,127$, $p = 0,002$).

Πίνακας 18: Σύγκριση παραγόντων κατανόησης ως προς την εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας

Παράγοντες κατανόησης	Εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας		N	M.O.	T.A.	Z	p-value
	Όχι	Ναι					
Θεωρία της Εξέλιξης	Όχι	Ναι	102	36,02	18,32	-2,662	0,008
	Όχι	Ναι	51	43,34	19,31		
Γεωλογικός Χρόνος	Όχι	Ναι	102	34,86	22,82	-3,127	0,002
	Όχι	Ναι	51	48,80	27,85		

Ενδιαφέρον για βιολογικά θέματα:

Το ενδιαφέρον για τα βιολογικά θέματα συσχετίστηκε θετικά με τη «Θεωρία της Εξέλιξης» ($\rho (153) = 0,270$, $p < 0,01$) και με τον «Γεωλογικό Χρόνο» ($\rho (153) = 0,287$, $p < 0,01$).

Πίνακας 19: Συσχέτιση παραγόντων κατανόησης με το ενδιαφέρον για τα βιολογικά θέματα

Παράγοντες κατανόησης	Ενδιαφέρον για τα βιολογικά θέματα
Θεωρία της Εξέλιξης	,270**
Γεωλογικός Χρόνος	,287**

** $p < 0,01$

7. ΚΕΦΑΛΑΙΟ. Συμπεράσματα έρευνας

7.1. Συζήτηση

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνηθούν α) τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής, β) να καθοριστούν οι παράγοντες επιρροής της κατανόησης. Στην έρευνα συμμετείχαν 153 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, μέσης ηλικίας 42 ετών, στην πλειοψηφία τους γυναίκες, δάσκαλοι, κάτοχοι μεταπτυχιακού οι οποίοι εργάζονται στον δημόσιο τομέα για 14,5 περίπου έτη. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί παρακολούθησαν βιολογία μέχρι την αποφοίτηση τους ή μέχρι 1-2 χρόνια πριν, θεωρούν ότι γνωρίζουν την βιολογική έννοια της εξέλιξης, έχουν μέτριο προς υψηλό ενδιαφέρον για βιολογικά θέματα, ωστόσο δεν έχουν λάβει εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας.

Στο **1^ο ερευνητικό ερώτημα** μελετήθηκαν τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης.

Η βαθμολογία των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με την **κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού χρόνου ήταν μέτρια προς χαμηλή (39,51%)**. Συγκεκριμένα, προέκυψε πως οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν γνωρίζουν πως έμοιαζε η επιφάνεια της γης όταν προσχηματίστηκε, δηλαδή ότι ήταν κυρίως πέτρωμα και καθόλου νερό. Οι περισσότεροι ανέφεραν πως ήταν μία μεγάλη χερσαία μάζα περιτριγυρισμένη με νερό. Ακόμη, οι περισσότεροι δεν γνωρίζουν ότι στην αρχή της δημιουργίας του πλανήτη δεν υπήρχε ζωή και οι μισοί υποστήριξαν την ύπαρξη ζωής σε μονοκύτταρο επίπεδο. Επιπλέον, προέκυψε πως οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν γνωρίζουν την εξέλιξη της σειράς των γεγονότων του χρόνου όσον αφορά την εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη, την εμφάνιση και εξαφάνιση των δεινοσαύρων και την εμφάνιση του ανθρώπου ενώ παράλληλα παρατηρήθηκαν και χαμηλά επίπεδα γνώσης όσον αφορά το σχήμα της Γης όταν οι πρώτοι άνθρωποι εμφανίστηκαν. Συμπερασματικά, παρατηρήθηκαν μέτρια προς

χαμηλά επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου.

Τα ευρήματα αυτά συνάδουν με διεθνείς μελέτες, οι οποίες επισημαίνουν ότι οι έννοιες του "βαθιού χρόνου" (deep time) και της ιστορίας της ζωής αποτελούν γνωστικά εμπόδια τόσο για μαθητές όσο και για εκπαιδευτικούς. Έρευνα σε καθηγητές βιολογίας στις ΗΠΑ έδειξε πως το 12,5% πίστευε ότι η ηλικία της Γης είναι κάτω από 20.000 έτη και το 15% αποδεχόταν ότι όλα τα είδη εμφανίστηκαν περίπου ταυτόχρονα, θέσεις που απορρίπτονται από την επιστημονική κοινότητα. Οι εσφαλμένες αντιλήψεις αποδίδονται εν μέρει στην αποτυχία των διδακτικών εγχειριδίων να παρουσιάσουν με επάρκεια τον Γεωλογικό Χρόνο (Decker, Summers, & Barrow, 2007; Rutledge & Warden, 2000). Παράλληλα, ο Trend (2001) κατέγραψε πως οι αντιλήψεις 17χρονων μαθητών στη Βρετανία περιλάμβαναν σοβαρές συγχύσεις ανάμεσα στην προέλευση του Σύμπαντος και της Γης και λάθος εκτιμήσεις για το χρόνο εμφάνισης σημαντικών γεγονότων, όπως η ανθρώπινη εξέλιξη ή οι παγετώνες. Οι μαθητές ανέφεραν ηλικίες ακόμη και τρισεκατομμυρίων ετών, φανερώνοντας τη δυσκολία κατανόησης της έννοιας του "βαθιού χρόνου" (Trend, 2001). Οι Catley & Novick (2009) έδειξαν ότι ακόμη και φοιτητές βιολογίας και παιδαγωγικών δυσκολεύονται να τοποθετήσουν βασικά εξελικτικά γεγονότα στο σωστό χρονικό πλαίσιο (Catley & Novick, 2009). Η μελέτη της Cheek κατέληξε στο ότι οι μαθητές –συμπεριλαμβανομένων και προπτυχιακών φοιτητών γεωεπιστημών, δυσκολεύονται ιδιαίτερα να κατανοήσουν τη διάρκεια (duration) γεγονότων στον γεωλογικό χρόνο, λόγω ελλιπούς γνώσης μεγάλων αριθμών, αναλογιών και επιστημονικού υπόβαθρου (Cheek, 2010).

Η μελέτη των Teed & Slattery (2011) αναφέρεται στη βελτίωση της κατανόησης του γεωλογικού χρόνου από προπτυχιακούς εκπαιδευτικούς έπειτα από την παρακολούθηση σχετικού μαθήματος, υποδεικνύοντας την επίδραση της στοχευμένης πανεπιστημιακής εκπαίδευσης. Αυτό υποστηρίζει την άποψη ότι η πανεπιστημιακή εκπαίδευση που εστιάζει στον γεωλογικό χρόνο μπορεί να ενισχύσει τη γνώση των μελλοντικών δασκάλων και την ετοιμότητά τους να διδάξουν τέτοιες έννοιες, κάτι που δεν ισχύει για εκπαιδευτικούς που δεν έχουν παρόμοιο υπόβαθρο όπως μπορεί να συμβαίνει στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Στη μελέτη του Catling (2014),

πραγματοποιήθηκε συστηματική ανασκόπηση της γνώσης και της κατανόησης των προπτυχιακών δασκάλων αναφορικά με τη γεωγραφία και τη διδασκαλία της. Παρόλο που η κύρια εστίαση είναι η γεωγραφία και όχι η γεωλογική χρονική κλίμακα ή η θεωρία της εξέλιξης, η εργασία υπογραμμίζει γενικά ελλείμματα στη γνώση βασικών επιστημονικών εννοιών μεταξύ των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι ελλείψεις αυτές συχνά αποδίδονται στο ανεπαρκές περιεχόμενο του πανεπιστημιακού προγράμματος σπουδών, στην περιορισμένη ακαδημαϊκή εκπαίδευση επί του θέματος, αλλά και στην έλλειψη αυτοπεποίθησης και ενδιαφέροντος των ίδιων των φοιτητών δασκάλων για τη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου. Η μελέτη τονίζει ότι οι δάσκαλοι που εισέρχονται στην εκπαίδευση συχνά δεν διαθέτουν επαρκή θεμελιώδη γνώση γεωγραφικών εννοιών, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μειωμένη ετοιμότητα για τη διδασκαλία των εννοιών αυτών με εμπιστοσύνη ή με ακρίβεια στο δημοτικό σχολείο. Αν και δεν γίνεται άμεση αναφορά στη θεωρία της εξέλιξης ή στον γεωλογικό χρόνο, το περιεχόμενο αυτό αναδεικνύει γενικότερα τα προβλήματα γνωστικής επάρκειας και παιδαγωγικής ετοιμότητας που αφορούν και συγγενή επιστημονικά πεδία, ιδίως σε θεμελιώδεις έννοιες με μακροχρονικές και αφηρημένες διαστάσεις.

Τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την **Θεωρία της Εξέλιξης βαθμολογήθηκαν μέτρια προς χαμηλά (38,04%)** μελετώντας τους σπίνους, τους λεβιστές και τις σαύρες. Σχετικά με τους σπίνους, προέκυψε πως η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν γνωρίζει τις πρωταρχικές αλλαγές που πραγματοποιούνται σταδιακά στον πληθυσμό, την εξέλιξη του ράμφους, το είδος των σπίνων που είναι ικανότερο στην επιβίωση, τα γενετικά χαρακτηριστικά που μεταδίδονται στους απογόνους και την αλληλεπίδραση των σπίνων για την εύρεση τροφής. Όσον αφορά τους λεβιστές, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δεν γνωρίζουν τις πρωταρχικές αλλαγές που πραγματοποιούνται σταδιακά στον πληθυσμό, το χαρακτηριστικό προσαρμοστικότητας των λεβιστών και την εξέλιξη του αριθμού του πληθυσμού σε ιδανικές και αληθινές συνθήκες. Αναφορικά με τις σαύρες, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών δεν γνωρίζουν την πηγή προέλευσης της διαφορετικότητας των μεγεθών του σώματος στα 3 είδη σαύρας, τα χαρακτηριστικά προσαρμοστικότητας, τους παράγοντες που προκαλούν

αλλαγές στο είδος της σαύρας και την συμπεριφορά των σαυρών όταν τα αποθέματα τροφής είναι περιορισμένα. Εξετάζοντας μέσα από αυτά τα αποτελέσματα τις θεμελιώδεις έννοιες της Θεωρίας της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν βασική επίγνωση ορισμένων εννοιών, όπως η ποικιλομορφία, η προσαρμοστικότητα κ.α., και πιθανώς βασίζονται σε εναλλακτικές αντιλήψεις ή καθημερινές εμπειρικές εικόνες των σχολικών βιβλίων. Συμπερασματικά, παρατηρήθηκαν μέτρια προς χαμηλά επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την Θεωρία της Εξέλιξης, μελετώντας τους σπίνους, τους λεβιστές και τις σαύρες.

Η έρευνα των Rutledge και Warden (2000) έδειξε ότι η χαμηλή αποδοχή της εξελικτικής θεωρίας μεταξύ εκπαιδευτικών σχετίζεται με την αδυναμία κατανόησης της επιστημονικής της βάσης, υπονοώντας μια ανεπάρκεια στην επιστημολογική τους συγκρότηση. Ο Trend (2001) εντόπισε βαθιές συγχύσεις στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς που προορίζονται για τις πρώτες βαθμίδες σχετικά με τον χρονισμό και την αλληλουχία σημαντικών γεγονότων στην ιστορία της ζωής και της Γης. Οι συμμετέχοντες παρουσίασαν σοβαρές παρερμηνείες σχετικά με την προέλευση του Σύμπαντος και του πλανήτη, δηλώνοντας ηλικίες τρισεκατομμυρίων ετών ή αποδίδοντας την ανθρώπινη εμφάνιση σε λανθασμένες γεωλογικές περιόδους. Σε μελέτες με μελλοντικούς δασκάλους, η χρήση διαδραστικού λογισμικού με δεδομένα για τους σπίνους αποκάλυψε ότι παρότι οι εκπαιδευτικοί μπορούσαν να κατασκευάσουν επιχειρήματα βασισμένα σε δεδομένα, εξακολουθούσαν να εμφανίζουν περιορισμούς στην κατανόηση της φυσικής επιλογής, όπως έχουν καταγραφεί και στη βιβλιογραφία (Zemba-Saul et al., 2002). Η μελέτη των Decker, Summers και Barrow (2007) υπογράμμισε ότι η ελλιπής παρουσίαση της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου στα σχολικά εγχειρίδια συμβάλλει στην κακή κατανόηση της ιστορίας της ζωής από τους εκπαιδευτικούς, κάτι που οδηγεί σε παρανοήσεις, όπως η πίστη ότι η Γη είναι ηλικίας μικρότερης των 20.000 ετών ή ότι όλα τα είδη εμφανίστηκαν ταυτόχρονα. Οι Köse & Keskin (2015) επισημαίνουν συχνές παρανοήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών γύρω από τη φυσική επιλογή και την προσαρμογή, όπως τη λανθασμένη πίστη ότι οι οργανισμοί προσαρμόζονται από ανάγκη κάτι το οποίο δείχνει ότι οι εκπαιδευτικοί

αυτοί που προορίζονται για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση έχουν λίγες γνώσεις και κατανόηση.

Στο **2^ο ερευνητικό ερώτημα** μελετήθηκαν οι δημογραφικοί και επαγγελματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την κατανόηση των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης.

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν την σημαντική επίδραση της βαθμίδας εκπαίδευσης καθώς οι δάσκαλοι εμφάνισαν υψηλότερα επίπεδα κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης σε σύγκριση με τους νηπιαγωγούς. Οι Teed και Slattery (2011) σημειώνουν ότι οι εκπαιδευόμενοι που ετοιμάζονται για τις πρώτες βαθμίδες, μπορεί να ξεκινούν με περιορισμένες και συχνά εσφαλμένες αντιλήψεις για τη γεωλογική χρονικότητα, ωστόσο με κατάλληλη διδακτική παρέμβαση μπορεί να σημειωθεί σημαντική βελτίωση. Η μελέτη των Torkar & Šorgo (2020) καταγράφει ότι οι φοιτητές προσχολικής αγωγής παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη γνώση των εννοιών της εξέλιξης σε σχέση με τους φοιτητές που εκπαιδεύονται για τη διδασκαλία στη δημοτική εκπαίδευση. Πιο συγκεκριμένα, τονίζεται πως το εκπαιδευτικό υπόβαθρο επηρεάζει άμεσα τη γνώση της εξέλιξης, κάτι που αναδεικνύει τον ρόλο της βαθμίδας εκπαίδευσης στη διαμόρφωση της σχετικής επιστημονικής κατανόησης. Η μελέτη των Hanisch & Eirdosh (2023) περιγράφει ότι η στοχευμένη πανεπιστημιακή εκπαίδευση των δασκάλων μπορεί να ενισχύσει τη γνώση και την αυτοπεποίθησή τους σχετικά με την εξέλιξη, καθιστώντας τους πιο έτοιμους να ενσωματώσουν την έννοια της εξέλιξης στο σχολικό πρόγραμμα. Αυτό είναι πιθανόν να μην παρατηρείται αντίστοιχα στους εκπαιδευτικούς προσχολικής αγωγής, εφόσον δεν έχουν παρόμοιο γνωστικό υπόβαθρο ως συμπέρασμα.

Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι δήλωσαν ότι γνωρίζουν την εξέλιξη σύμφωνα με τη βιολογία αλλά και εμφάνισαν υψηλότερα επίπεδα κατανόησης στην Θεωρία της Εξέλιξης, εμφάνισαν και υψηλότερα επίπεδα κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού χρόνου. Διαφαίνεται δηλαδή ότι η κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και η Θεωρία της Εξέλιξης είναι έννοιες αλληλένδετες. Η συσχέτιση της κατανόησης του Γεωλογικού Χρόνου με τη Θεωρία της Εξέλιξης έχει τεκμηριωθεί στη διεθνή βιβλιογραφία και υποστηρίζει το συμπέρασμα ότι οι δύο έννοιες είναι

αλληλένδετες. Η μελέτη του Dodick (2007) δείχνει πως στρατηγικές μάθησης που ενσωματώνουν την παρουσίαση της εξέλιξης μέσα στο πλαίσιο του γεωλογικού χρόνου συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση και των δύο εννοιών. Παρομοίως, οι Hanisch & Eirdosh (2023) καταδεικνύουν ότι η στοχευμένη πανεπιστημιακή εκπαίδευση μπορεί να ενισχύσει τη γνώση και την αυτοπεποίθηση των μελλοντικών δασκάλων ως προς την έννοια της εξέλιξης, επιτρέποντάς τους να την ενσωματώσουν αποτελεσματικά στο αναλυτικό πρόγραμμα.

Σημαντική ήταν και η επίδραση της εκπαίδευσης στο αντικείμενο της βιολογίας καθώς οι εκπαιδευτικοί που έλαβαν την σχετική εκπαίδευση εμφάνισαν υψηλότερα επίπεδα κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης σε σύγκριση με όσους δεν έλαβαν εκπαίδευση στην βιολογία. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης οι οποίοι ενδιαφέρονται για βιολογικά θέματα εμφάνισαν υψηλότερα επίπεδα κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης. Διαφαίνεται πως το απλό ενδιαφέρον για βιολογικά θέματα αλλά και η εκπαίδευση στην βιολογία συμβάλλουν στην αύξηση της κατανόησης έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης. Η εκπαίδευση στη βιολογία φαίνεται να διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη γνώση των εκπαιδευτικών για τη Θεωρία της Εξέλιξης και την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου.

Η κατανόηση της εξέλιξης και του βάθους του γεωλογικού χρόνου από εκπαιδευτικούς επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το περιεχόμενο της πανεπιστημιακής εκπαίδευσης. Οι φοιτητές που συμμετείχαν σε ειδικά σεμινάρια για την εξέλιξη παρουσίασαν καλύτερη κατανόηση και μεγαλύτερη αποδοχή του θέματος (Moore, 2007), ενώ η προπτυχιακή εκπαίδευση στη βιολογία συσχετίστηκε θετικά με την δυνατότητα διδασκαλίας της εξέλιξης παρά τις δυσκολίες (White, 2011). Επιπλέον, ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που είχαν παρακολουθήσει μαθήματα εξέλιξης παρουσίαζαν ως έναν βαθμό μεγαλύτερη επιστημονική κατανόηση και λιγότερες προκαταλήψεις, ενώ η έλλειψη εκπαίδευσης στη βιολογία συχνά οδηγούσε σε απόρριψη ή παρερμηνείες (Friedrichsen et al., 2016; Karataş, 2019). Στη Σλοβενία, οι προπτυχιακοί φοιτητές προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης παρουσίασαν ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα κατανόησης των

βασικών εξελικτικών εννοιών, κάτι που αποδόθηκε κυρίως στην περιορισμένη διδασκαλία βιολογίας στο σχολείο (Torkar & Šorgo, 2020).

7.2. Περιορισμοί

Η κατανόηση των εκπαιδευτικών για την θεωρία της Εξέλιξης εκτιμήθηκε μέσω της γνώσης για συγκεκριμένα είδη: σπίνους, λεβιστές και σαύρες. Λόγω προβλημάτων αξιοπιστίας, στο εργαλείο της Θεωρίας της Εξέλιξης αφαιρέθηκε η 1^η ερώτηση και στο εργαλείο του Γεωλογικού Χρόνου η 2^η. Γενικότερα, τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία δεν έχουν σταθμιστεί σε κάποιον πληθυσμό (π.χ. εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) αλλά θεωρούνται έγκυρα μόνο ως προς το περιεχόμενο.

7.3. Προτάσεις

Προτείνεται μελλοντικοί ερευνητές να χρησιμοποιήσουν το ερωτηματολόγιο CINS με προσαρμογή των ερωτήσεων όπως για παράδειγμα με χρήση ειδών που απαντώνται στην ελληνική πανίδα, προκειμένου να είναι πιο άμεσα αναγνωρίσιμα από τους συμμετέχοντες ώστε να ενισχυθεί η εννοιολογική μεταφορά στο σκεπτικό της εξέλιξης και όχι στην κατανόηση του υπόβαθρου των ερωτήσεων. Επίσης επόμενη έρευνα θα μπορούσε να συμπεριλάβει και συνεντεύξεις, καθώς έτσι θα υπήρχε η δυνατότητα να εντοπιστούν και περαιτέρω εσφαλμένες ή εναλλακτικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών. Τέλος θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα ερωτηματολόγιο βασισμένο στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του Δημοτικού, ώστε να εντοπιστούν τυχόν παρανοήσεις που αφορούν τη διδακτέα ύλη.

7.4. Σύνοψη

Τα επίπεδα κατανόησης των εκπαιδευτικών σχετικά με την έννοια του Γεωλογικού Χρόνου και τη Θεωρία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής αξιολογήθηκαν κάτω του μετρίου. Η κατανόηση της έννοιας του Γεωλογικού χρόνου θεωρήθηκε αλληλένδετη με την κατανόηση της Θεωρίας της Εξέλιξης. Υψηλότερα επίπεδα κατανόησης της έννοιας του Γεωλογικού Χρόνου και της Θεωρίας της Εξέλιξης εμφάνισαν α) οι δάσκαλοι σε σύγκριση με τους νηπιαγωγούς, β) όσοι έχουν λάβει εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας, γ) όσοι έχουν υψηλό ενδιαφέρον για βιολογικά θέματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενογλώσση

- Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and Evaluation of the Conceptual Inventory of Natural Selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952-978.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.10053>
- Arneitz, P., Egli, R., & Leonhardt, R. (2017). Unbiased analysis of geomagnetic data sets and comparison of historical data with paleomagnetic and archeomagnetic records. *Reviews of Geophysics*, 55(1), 5-39.
<https://doi.org/10.1002/2016RG000527>
- Athanasiou, K. (2022). DARWINISM AND RELIGIOCITY (On the occasion of World Darwin Day). EfimeridaSyntakton.
- Athanasiou, K., & Mavrikaki, E. (2014). Conceptual inventory of natural selection as a tool for measuring Greek University students' evolution knowledge: Differences between novice and advanced students. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1262-1285.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2013.856529>
- Athanasiou, K., & Papadopoulou, P. (2015). Evolution theory teaching and learning: What conclusions can we get from comparisons of teachers' and students'

conceptual ecologies in Greece and Turkey? *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(4), 841-853.
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1443a>

Athanasiou, K., Katakos, E., & Papadopoulou, P. (2016). Acceptance of evolution as one of the factors structuring the conceptual ecology of the evolution theory of Greek secondary school teachers. *Evolution: Education and Outreach*, 9, 1-15.
<https://doi.org/10.1186/s12052-016-0058-7>

Baldwin, J. M. (2018). A new factor in evolution. *Diacronia*, (7), 1-13.

Berry, A., & Browne, J. (2022). Mendel and Darwin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(30), e2122144119.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2122144119>

Bertrand, P., & Legendre, L. (2021). *Earth, Our Living Planet*. Springer International Publishing.

Bouchard, F. (2011). Darwinism without populations: a more inclusive understanding of the “Survival of the Fittest”. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 42(1), 106-114.
<https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2010.11.002>

Bryant, F. B., & Yarnold, P. R. (1995). Principal-components analysis and exploratory and confirmatory factor analysis. In L. G. Grimm & P. R. Yarnold (Eds.), *Reading and understanding multivariate statistics* (pp. 99–136). American Psychological Association.

- Cantor, L. (2022). Thales—the ‘first philosopher’? A troubled chapter in the historiography of philosophy. *British Journal for the History of Philosophy*, 30(5), 727-750.<https://doi.org/10.1080/09608788.2022.2029347>
- Catley, K. M., & Novick, L. R. (2009). Digging deep: Exploring college students' knowledge of macroevolutionary time. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(3), 311-332.
- Catling, S. (2014). Pre-service primary teachers' knowledge and understanding of geography and its teaching: A review. *Review of International Geographical Education Online*, 4(3), 235-260.
- Chakrabarty, D. (2018). Anthropocene time. *History and Theory*, 57(1), 5-32.<https://doi.org/10.1111/hith.12044>
- Cheek, K. (2010). *Factors Underlying Students' Conceptions of Deep Time: An Exploratory Study*. Doctoral thesis, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/277/>
- Claeys, G. (2000). The "survival of the fittest" and the origins of social darwinism. *Journal of the History of Ideas*, 61(2), 223-240.<https://doi.org/10.1353/jhi.2000.0014>
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (8th ed.). London:Routledge.
- Cohen, S. M., Curd, P., & Reeve, C. D. C. (Eds.). (2016). *Readings in ancient Greek philosophy: from Thales to Aristotle*. Hackett Publishing.
- Corsi, P. (2011). Jean-Baptiste Lamarck: from myth to history. In Gissis, S. B. & Jablonka, E. (Eds) *Transformations of Lamarckism: From subtle fluids to molecular biology*, 9-18. *The Vienna Series in Theoretical Biology*. Massachusetts Institute of Technology.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Czajka, C. D., & McConnell, D. (2018). An exploratory study examining undergraduate geology students' conceptions related to geologic time and rates. *Journal of Geoscience Education*, 66(3), 231-245.
<https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1480826>
- Darwin, C. (1859/2023). Origin of the Species. In P. Hough (Ed.), *British Politics and the environment in the long nineteenth century* (pp. 47-55). Routledge.
- Decker, T., Summers, G., & Barrow, L. (2007). The treatment of geological time & the history of life on Earth in high school biology textbooks. *The American Biology Teacher*, 69(7), 401-405.

- Dodick, J. (2007). Understanding evolutionary change within the framework of geological time. *McGill Journal of Education (Online)*, 42(2), 245.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003). Measuring student understanding of geological time. *Science education*, 87(5), 708-731. <https://doi.org/10.1002/sce.1057>
- Dolphin, G., Dutchak, A., Karchewski, B., & Cooper, J. (2019). Virtual field experiences in introductory geology: Addressing a capacity problem, but finding a pedagogical one. *Journal of Geoscience Education*, 67(2), 114-130. <https://doi.org/10.1080/10899995.2018.1547034>
- Driscoll, D.L. (2011). Introduction to primary research: Observations, surveys, and interviews. *Writing spaces: Readings on writing*, 2, 153-174.
- Eppelbaum, L. V., Katz, Y. I., & Ben-Avraham, Z. (2023). Geodynamic aspects of magnetic data analysis and tectonic–paleomagnetic mapping in the Easternmost Mediterranean: A review. *Applied Sciences*, 13(18), 10541. <https://doi.org/10.3390/app131810541>
- Fagan, M. (2019). On the dangers of an Anthropocene epoch: Geological time, political time and post-human politics. *Political geography*, 70, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2019.01.008>
- Field, A. (2017). *Discovering Statistics Using IBM SPSS (5th edition)*. Sage Publications Ltd.

- Friedrichsen, P. J., Linke, N., & Barnett, E. (2016). Biology teachers' professional development needs for teaching evolution. *Science Educator*, 25(1), 51-61.
- Geldard, R. G. (2000). *Remembering Heraclitus*. Richard Geldard.
- Gingerich, P. D. (2021). Rates of geological processes. *Earth-Science Reviews*, 220, 103723. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103723>
- Gradstein, F. M., & Ogg, J. G. (2020). The chronostratigraphic scale. In *Geologic time scale 2020* (pp. 21-32). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00002-4>
- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D., & Ogg, G. E. (2012). *The geologic time scale*. Boston, USA.
- Grant, K. T., & Estes, G. B. (2009). *Darwin in Galápagos: footsteps to a New World*. Princeton University Press.
- Hanisch, S., & Eirdosh, D. (2023). Developing Teacher Competencies for Teaching Evolution across the Primary School Curriculum: A Design Study of a Pre-Service Teacher Education Module. *Education Sciences*, 13(8), 797.
- Harris, S. A. (2023). Evolution of the climate of the Earth. *J. Civ. Eng. Res. Technol*, 141, 2-15.
- Harrison, T. M. (2020). *Hadean Earth* (p. 291). Cham, Switzerland: Springer.
- Humphreys, J. (1996). Lamarck and the general theory of evolution. *Journal of Biological Education*, 30(4), 295-303.

- Jazdzewska, K. (2020). Love in Many Dimensions: Hesiod and Empedocles in Plutarch's *Amatorius*. *The Dynamics of Intertextuality in Plutarch*, 459-74. https://doi.org/10.1163/9789004427860_032
- Johnson, M. R. (2005). *Aristotle on teleology*. Clarendon Press.
- Karatas, A. (2019). Opinions of Pre-Service Teachers about Evolution. *Journal of Education and Training Studies*, 7(8), 1-12.
- Katakos, S., & Athanasiou, K. (2020). The 'Geological Argument' as an instrument for the acceptance of the Theory of Evolution among Greek Science Teachers. *J Genet Cell Biol*, 3(3), 183-6.
- Kerdany, M. T., & Cherif, O. H. (2017). Mesozoic. In *The geology of Egypt* (pp. 407-438). Routledge.
- King, C. J. H. (2010). An analysis of misconceptions in science textbooks: Earth science in England and Wales. *International Journal of Science Education*, 32(5), 565-601. <https://doi.org/10.1080/09500690902721681>
- Kingsley, K. S., & Parry, R. (2019). Empedocles.
- Knoll, A. H., & Nowak, M. A. (2017). The timetable of evolution. *Science advances*, 3(5), e1603076. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1603076>
- Kočandrle, R., & Kleisner, K. (2013). Evolution born of moisture: analogies and parallels between Anaximander's ideas on origin of life and man and later pre-

- Darwinian and Darwinian evolutionary concepts. *Journal of the History of Biology*, 46, 103-124. <https://doi.org/10.1007/s10739-012-9334-8>
- Koocher, G. & Keith-Spiegel, P. (1998). *Ethics in psychology*. New York: Oxford University Press.
- Koonin, E. V., & Wolf, Y. I. (2009). Is evolution Darwinian or/and Lamarckian? *Biologydirect*, 4, 1-14. <https://doi.org/10.1186/1745-6150-4-42>
- Köse, E. Ö., & Keskin, B. (2015). Understanding adaptation and natural selection: Common misconceptions. *International Journal of Academic Research in Education*, 1(2), 53-63.
- Kravitz, G. (2014). The geohistorical time arrow: From Steno's stratigraphic principles to Boltzmann's past hypothesis. *Journal of Geoscience Education*, 62(4), 691-700. <https://doi.org/10.5408/13-107.1>
- Kumar, S., Stecher, G., Suleski, M., & Hedges, S. B. (2017). TimeTree: a resource for timelines, time trees, and divergence times. *Molecular biology and evolution*, 34(7), 1812-1819. <https://doi.org/10.1093/molbev/msx116>
- Libarkin, J. C. and Anderson, S. W. (2007). Development of the Geoscience Concept Inventory, in Proceedings of the National STEM Assessment Conference, Washington DC, October 19-21, 2006, p. 148-158.
- Loison, L. (2018). Lamarckism and epigenetic inheritance: a clarification. *Biology & Philosophy*, 33(3), 29. <https://doi.org/10.1007/s10539-018-9642-2>

- Mavrikaki, E., & Athanasiou, K. (2011). Development and application of an instrument to measure Greek primary education teachers' biology teaching self-efficacy beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 7(3), 203-213. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75197>
- Mills, R., Tomas, L., Whiteford, C., & Lewthwaite, B. (2020). Developing middle school students' interest in learning science and geology through Slowmation. *Research in Science Education*, 50(4), 1501-1520. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9741-8>
- Moore, R. (2007). The differing perceptions of teachers & students regarding teachers' emphasis on evolution in high school biology classrooms. *The American Biology Teacher*, 69(5), 268-271.
- Moser, D. E. (2021). Crystalline Stenonian time features from Earth and beyond. *Substantia*, 5(Suppl), 99-114.
- Nishihara, K. (2017). Great medical discoveries of the 21st century Part II: Establishment of the gravitational evolutionary law in the vertebrates. *J Biol Phys Chem*, 17, 94-124. <https://doi.org/10.4024/08NI17R.jbpc.17.03>
- Noble, D. (2020). Charles Darwin, Jean-Baptiste Lamarck, and 21st century arguments on the fundamentals of biology. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 153, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2020.02.005>
- Olsen, J., Kaare, C., Murray, J., & Ekbom, A. (2010). *The cross-sectional study*; Ed. Springer, New York, 1: 79 –7.

- Onay, H. (2021). İhvan-ı Safa Felsefesinde Tekamül Nazariyesi. *Mesned İlahiyat Araştırmaları Dergisi*, 12(2), 283-303. <https://doi.org/10.51605/mesned.1001352>
- Osborn, H. F. (1894). *From the Greeks to Darwin: an outline of the development of the evolution idea* (Vol. 1). Macmillan.
- Paola, C., Ganti, V., Mohrig, D., Runkel, A. C., & Straub, K. M. (2018). Time not our time: physical controls on the preservation and measurement of geologic time. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 46(1), 409-438. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-082517-010129>
- Papadopoulou, P., & Athanasiou, K. (2005). Primary school teachers' categories for "animal": biology or folkbiology. In *Trends in biology education research in the new biology era*, 43-58. *Vth Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, September 21st - 25th 2004, Patras – Greece.
- Papadopoulou, P., Stanisavljević, J., Katakos, E., & Athanasiou, K. (2011). Acceptance and understanding of evolution theory: A comparative study of Greek and Serbian teachers. In *Science learning and citizenship, E-book proceedings of the ESERA 2011 Conference*. Lyon. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1713.8962>
- Papadopoulou, P., Stasinakis, P., & Athanasiou, K. (2010). Study of evolution theory teaching: students' conceptual ecologies and teachers' perceptions. In *Authenticity in biology education: benefits and challenges. A selection of papers presented at the 8th Conference of European Researchers in didactics of biology (ERIDOB)* Braga. Portugal (pp. 271-283).

- Parry, S., & Metzger, E. (2023). Barriers to learning for sustainability: a teacher perspective. *SustainableEarthReviews*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s42055-022-00050-3>
- Ratinen, I., & Keinonen, T. (2011). Student-teachers' use of Google Earth in problem-based geology learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 20(4), 345-358. <https://doi.org/10.1080/10382046.2011.619811>
- Razali, N. & Wah, Y. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2, 21-33.
- Richards, R. J. (2015). Darwin's theory of natural selection and its moral purpose. In *Debates in Nineteenth-Century European Philosophy* (pp. 211-225). Routledge.
- Roberts, N. M., Salminen, J., Johansson, Å., Mitchell, R. N., Palin, R. M., Condie, K. C., & Spencer, C. J. (2022). On the enigmatic mid-Proterozoic: Single-lid versus plate tectonics. *Earth and planetary science letters*, 594, 117749. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2022.117749>
- Roy, A. B., & Purohit, R. (2018). *Indian shield: Precambrian evolution and Phanerozoic reconstitution*. Elsevier.
- Ruddiman, W. F. (2018). Three flaws in defining a formal 'Anthropocene'. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 42(4), 451-461. <https://doi.org/10.1177/0309133318783142>

- Rull, V. (2021). The Anthropozoic era revisited. *Lethaia*, 54(3), 289-299.
<https://doi.org/10.1111/let.12408>
- Rutledge, M. L., & Warden, M. A. (2000). Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher*, 23-31.
- Schmieder, M., & Kring, D. A. (2020). Earth's impact events through geologic time: a list of recommended ages for terrestrial impact structures and deposits. *Astrobiology*, 20(1), 91-141.<https://doi.org/10.1089/ast.2019.2085>
- Somma, R. (2022). Advances in flipped classrooms for teaching and learning forensic geology. *Education Sciences*, 12(6), 403.<https://doi.org/10.3390/educsci12060403>
- Stasinakis, P. K., & Athanasiou, K. (2016). Investigating Greek biology teachers' attitudes towards evolution teaching with respect to their pedagogical content knowledge: Suggestions for their professional development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1605-1617.
<https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1249a>
- Teed, R., & Slattery, W. (2011). Changes in geologic time understanding in a class for preservice teachers. *Journal of Geoscience Education*, 59(3), 151-162.<https://doi.org/10.5408/1.3604829>
- Thomsen, K. R., & Rasmussen, S. (2023). Dynamics of Darwinian versus Baldwinian versus Lamarckian evolution. arXiv preprint arXiv:2305.00491.

- Torkar, G., & Šorgo, A. (2020). Evolutionary content knowledge, religiosity and educational background of Slovene preschool and primary school pre-service teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(7), em1855.
- Trend, R. (1998). An investigation into understanding of geological time among 10-and 11-year-old children. *International Journal of Science Education*, 20(8), 973-988. <https://doi.org/10.1080/0950069980200805>
- Trend, R. (2001). An investigation into the understanding of geological time among 17-year-old students, with implications for the subject matter knowledge of future teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 10(3), 298-321. <https://doi.org/10.1080/10382040108667447>
- Upadhyay, R. K. (2025). Geology: Study of the Earth. In *Geology and Mineral Resources* (pp. 63-137). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-96-0598-9_2
- US Geological Survey Geologic Names Committee. (2018). Divisions of geologic time—Major chronostratigraphic and geochronologic units (No. 2018-3054). US Geological Survey.
- Wang, N., Cheng, W., Wang, B., Liu, Q., & Zhou, C. (2020). Geomorphological regionalization theory system and division methodology of China. *Journal of Geographical Sciences*, 30, 212-232. <https://doi.org/10.1007/s11442-020-1724-9>

- Waters, C. N., Williams, M., Zalasiewicz, J., Turner, S. D., Barnosky, A. D., Head, M. J., ... & Jeandel, C. (2022). Epochs, events and episodes: Marking the geological impact of humans. *Earth-Science Reviews*, 234, 104171. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104171>
- Westbroek, R., Habgood, B., & Williams, D. (2024). Panta Rei: Everything Flows. In *24th International Colloquium Tribology* (p. 185). expert verlag GmbH.
- White, J. (2011). The effect of a biology learning community on ISU secondary education biology students. *The American Biology Teacher*, 73(2), 79–83.
- Wright, M. R. (2023). Empedocles. In *From the beginning to Plato* (pp. 175-207). Routledge.
- Wu, H., Fang, Q., Hinnov, L. A., Zhang, S., Yang, T., Shi, M., & Li, H. (2023). Astronomical time scale for the Paleozoic Era. *Earth-Science Reviews*, 244, 104510. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104510>
- Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Ellis, E. C., Head, M. J., Vidas, D., Steffen, W., ... & Zinke, J. (2021). The Anthropocene: Comparing its meaning in geology (chronostratigraphy) with conceptual approaches arising in other disciplines. *Earth'sFuture*. <https://doi.org/10.1029/2020EF001896>
- Zembal-Saul, C., Munford, D., Crawford, B., Friedrichsen, P., & Land, S. (2002). Scaffolding preservice science teachers' evidence-based arguments during an investigation of natural selection. *Research in Science Education*, 32, 437-463.

Zhu, C., Rehrey, G., Treadwell, B., & Johnson, C. C. (2012). Looking back to move ahead: How students learn geologic time by predicting future environmental impacts. *Journal of College Science Teaching*, 41(3), 60-66.

Ελληνόγλωσηση

Αθανασίου, Κ. & Λαζαρίδου, Ε. (2004). Εξελικτική θεωρία: Αποδοχή και κατανόηση της από τους εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας και τους τεταρτοετείς φοιτητές του τμήματος βιολογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στις Επιστήμες της Αγωγής.

Αθανασίου, Κ. (2015). *Διδακτική της βιολογίας*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις.

Αθανασίου, Κ. (2023). Διδάσκοντας τη Βιολογία ως Κοινωνική Επιστήμη με την Εξέλιξη μέσω Φυσικής Επιλογής (ΕμΦΕ) ως την Ενοποιητική της Θεωρία: Καταθέτοντας την εμπειρία μιας καινοτόμας διδασκαλίας ενός πανεπιστημιακού μαθήματος. Ημερίδα με θέμα: "ΤΕΑΠΗ 1984-2023: αναπτύσσοντας το διεπιστημονικό πεδίο της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών"
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12794.67523>

Αντωνάτου, Χ.Μ., Μαυρικάκη, Ε. & Αθανασίου, Κ. (2024). Μελετώντας τη Σχέση Αποδοχής και Κατανόησης της Θεωρίας της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής σε σχέση με τη Γνώση της Φύσης της Επιστήμης: Η Περίπτωση των Ελλήνων εκπαιδευτικών. *Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών* (10-12 Μαΐου 2024), Πρέσπες, σελ. 20-23. University of Western Macedonia.

Γαλάνης, Π. (2013). Εγκυρότητα και αξιοπιστία των ερωτηματολογίων στις επιδημιολογικές μελέτες. *Εφαρμοσμένη Ιατρική Έρευνα*, 30(1), 97-110.

Κλίμακα γεωλογικού χρόνου (2023, Δεκέμβριος, 6). Ανακτήθηκε στις 28/4/25 από https://el.geologyscience.com/geology-branches/paleontology/geologic-time-scale/#Development_and_evolution_of_the_Geologic_Time_Scale

Κούζας, Δ. & Αθανασίου, Κ. (2025). Διδάσκοντας την ηλικία της Γης χρησιμοποιώντας το ChatGPT. *1ο Διεθνές Επιστημονικό Συνέδριο «Ψηφιακά Μέσα στη Σύγχρονη Εκπαιδευτική Πραγματικότητα»* 4-5 Απριλίου, Πανεπιστημιούπολη- Πρέβεζα. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11039.06565>

Πρίνου, Λ. (2008). Η εικόνα της εξέλιξης στο ελληνικό σχολείο (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης).

ABSTRACT

Aim: To investigate a) the levels of understanding of primary school teachers regarding the concept of Geological Time and the Theory of Evolution through Natural Selection, b) to determine the factors influencing understanding.

Methodology: A quantitative, primary, cross-sectional correlational study was conducted. The sample consisted of 153 primary education teachers, average age 42 years, the majority of them women, teachers, masters' holders who have been working in the public sector for approximately 14.5 years. Understanding of the concept of Geological Time was measured with the Geoscience Concept Inventory (GCI) and understanding of the Theory of Evolution with the Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS). Data collection was carried out from 2/5/2025 to 22/5/2025. Data analysis was performed at a significance level of 5% in SPSS 26 using non-parametric tests.

Results: Moderate to low levels were observed in the factors "Theory of Evolution" (38.46%) and "Geological Time" (39.51%), which were positively correlated ($\rho(153) = 0.458^{**}$). Teachers scored higher in "Theory of Evolution" ($M_{\text{Kindergarten Teacher}} = 31.91$ vs. $M_{\text{Teacher}} = 40.19$, $p = 0.008$) and in "Geological Time" ($M_{\text{Kindergarten Teacher}} = 29.17$ vs. $M_{\text{Teacher}} = 42.24$, $p = 0.010$). Those who received education in biology scored higher on the "Theory of Evolution" ($M_{\text{Educated}} = 43.34$ vs. $M_{\text{No Education}} = 36.02$, $p = 0.008$) and on "Geological Time" ($M_{\text{Educated}} = 48.80$ vs. $M_{\text{No Education}} = 34.86$, $p = 0.002$). Interest in biological topics was positively correlated with the "Theory of Evolution" ($\rho(153) = 0.270^{**}$) and with the "Geological Time" ($\rho(153) = 0.287^{**}$).

Conclusions: Teachers' levels of understanding regarding the concept of Geological Time and the Theory of Evolution were assessed as below average. Understanding the concept of Geological time was considered interrelated with understanding the Theory of Evolution. Higher levels of understanding of the concept of Geological Time and the Theory of Evolution were shown by a) teachers compared to kindergarten teachers, b) those who have received education in the subject of biology, c) those who have a high interest in biological topics.

Keywords: Theory of Evolution, Geological Time, Understanding, Educators, Primary Education.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Ερωτηματολόγιο

Εισαγωγικό σημείωμα

Αγαπητοί/ές εκπαιδευτικοί,

Το παρόν ερωτηματολόγιο διεξάγεται στο πλαίσιο του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών α) του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και β) του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής της Σχολής Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Σπουδών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τίτλο «Εκπαίδευση για την Αειφορία και το Περιβάλλον».

Σκοπός του ερωτηματολογίου είναι να διερευνήσει την κατανόηση των εννοιών του γεωλογικού χρόνου και της θεωρίας της εξέλιξης από τους εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Τα ζητήματα αυτά αποτελούν βασικά πεδία της σύγχρονης επιστημονικής γνώσης και κατέχουν ιδιαίτερη θέση στην εκπαίδευση για την Αειφορία, καθώς είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την κατανόηση των φυσικών φαινομένων, της βιοποικιλότητας και της εξέλιξης της ζωής στη Γη.

Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου είναι ανώνυμη και προαιρετική. Οι απαντήσεις σας θα χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά για ερευνητικούς σκοπούς. Η συμβολή σας είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς θα βοηθήσει στην αποτύπωση και στην ανάδειξη ενδεχόμενων αναγκών επιμόρφωσής μας σε αυτά τα επιστημονικά πεδία.

Σας ευχαριστώ θερμά για τον χρόνο και τη συνεργασία σας.

Με εκτίμηση,

Χριστοδούλου Κατερίνα,

Εκπαιδευτικός ΠΕ70

e-mail: k.christodoulou28@gmail.com

A) Δημογραφικά στοιχεία

1. Φύλο

- ☐ Άνδρας
☐ Γυναίκα

2. Ηλικία (σε έτη)

3. Βαθμίδα εκπαίδευσης

- ☐ Νηπιαγωγός
☐ Δάσκαλος

4. Έτη προϋπηρεσίας

5. Μορφωτικό επίπεδο

- ☐ ΑΕΙ-ΤΕΙ
☐ Μεταπτυχιακό
☐ Διδακτορικό

6. Φορέας εργασίας

- ☐ Ιδιωτικός
☐ Δημόσιος

7. Μέχρι ποιά τάξη κάνατε βιολογία στο σχολείο;

- ☐ Δεν παρακολούθησα ποτέ μαθήματα βιολογίας στο σχολείο
☐ Μέχρι περισσότερα από 4 χρόνια πριν την αποφοίτηση μου
☐ Μέχρι 3-4 χρόνια πριν την αποφοίτηση μου
☐ Μέχρι 1-2 χρόνια πριν την αποφοίτηση μου
☐ Μέχρι την αποφοίτηση μου

8. Πιστεύεις ότι γνωρίζεις τι σημαίνει εξέλιξη σύμφωνα με τη βιολογία;

- ☐ Όχι
☐ Αποσπασματικά
☐ Περίπου
☐ Ναι

9. Έχετε λάβει εκπαίδευση στο αντικείμενο της βιολογίας

- ☐ Όχι
☐ Ναι

10. Πόσο σε ενδιαφέρουν τα βιολογικά θέματα*

- ☐ Καθόλου
- ☐ Λίγο
- ☐ Μέτρια
- ☐ Αρκετά
- ☐ Πολύ

B)Θεωρία της Εξέλιξης

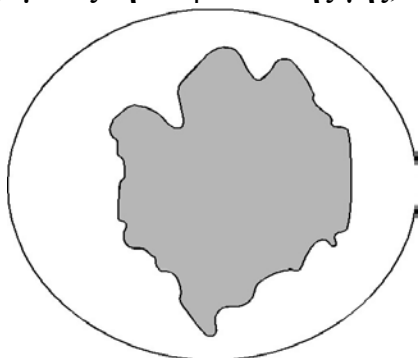
Ερωτήσεις CINS

Το ερωτηματολόγιο CINS το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της κατανόησης της θεωρίας της εξέλιξης μέσω φυσικής επιλογής ήταν η ελληνική μετάφραση του *Conceptual Inventory of Natural Selection (CINS)*, όπως έχει προσαρμοστεί και χρησιμοποιηθεί στην έρευνα των Athanasiou, Katakos & Papadopoulou (2016).

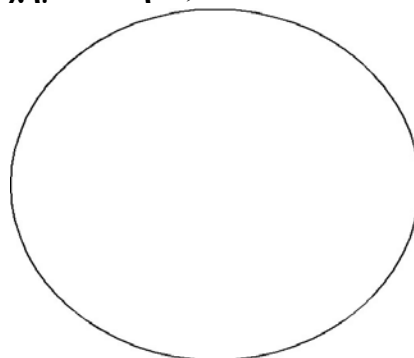
Γ) Γεωλογικός χρόνος

Geoscience Concept Inventory

1. Πώς έμοιαζε η επιφάνεια της γης, όταν προσχηματίστηκε;



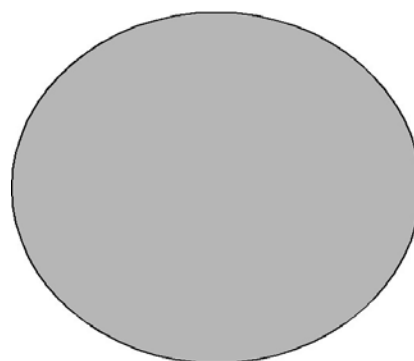
A. Μία μεγάλη χερσαία
μάζα περιτριγυρισμένη από νερό



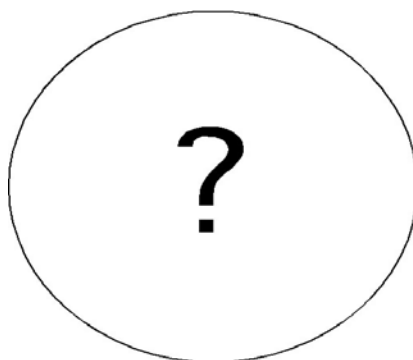
B. Μόνο νερό και καθόλου
στεριά



Γ. Παρόμοια μορφή με τη
συνεοινή



Δ. Κυρίως λιωμένο πέτρωμα
και καθόλου νερό

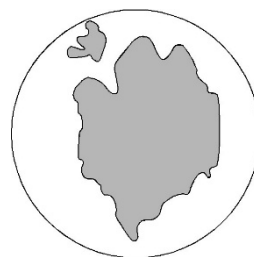


Ε. Δεν υπάρχει τρόπος να το
γνωρίζουμε

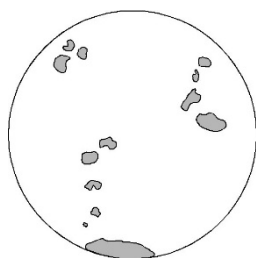
2. Η παρακάτω εικόνα δείχνει τη μία πλευρά της επιφάνειας της Γης όπως φαίνεται από το διάστημα σήμερα. Οι γκρι περιοχές αντιπροσωπεύουν τη στεριά, ενώ οι λευκές περιοχές αντιπροσωπεύουν το νερό. Ποια από τις άλλες εικόνες πιστεύετε ότι απεικονίζει πιο πιστά αυτήν τη μισή επιφάνεια της Γης όταν οι πρώτοι άνθρωποι εμφανίστηκαν στη Γη;



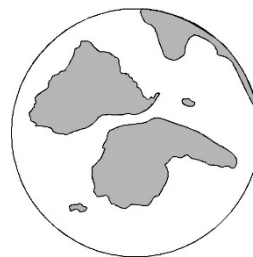
A



B



C



D

3. Αν μπορούσατε να ταξιδέψετε πίσω στον χρόνο, στην εποχή που η Γη μόλις είχε σχηματιστεί ως πλανήτης, τι είδους ζωή πιστεύετε ότι θα συναντούσατε;

(A) Δεν θα υπήρχε καμία μορφή ζωής ούτε στο νερό ούτε στη στεριά

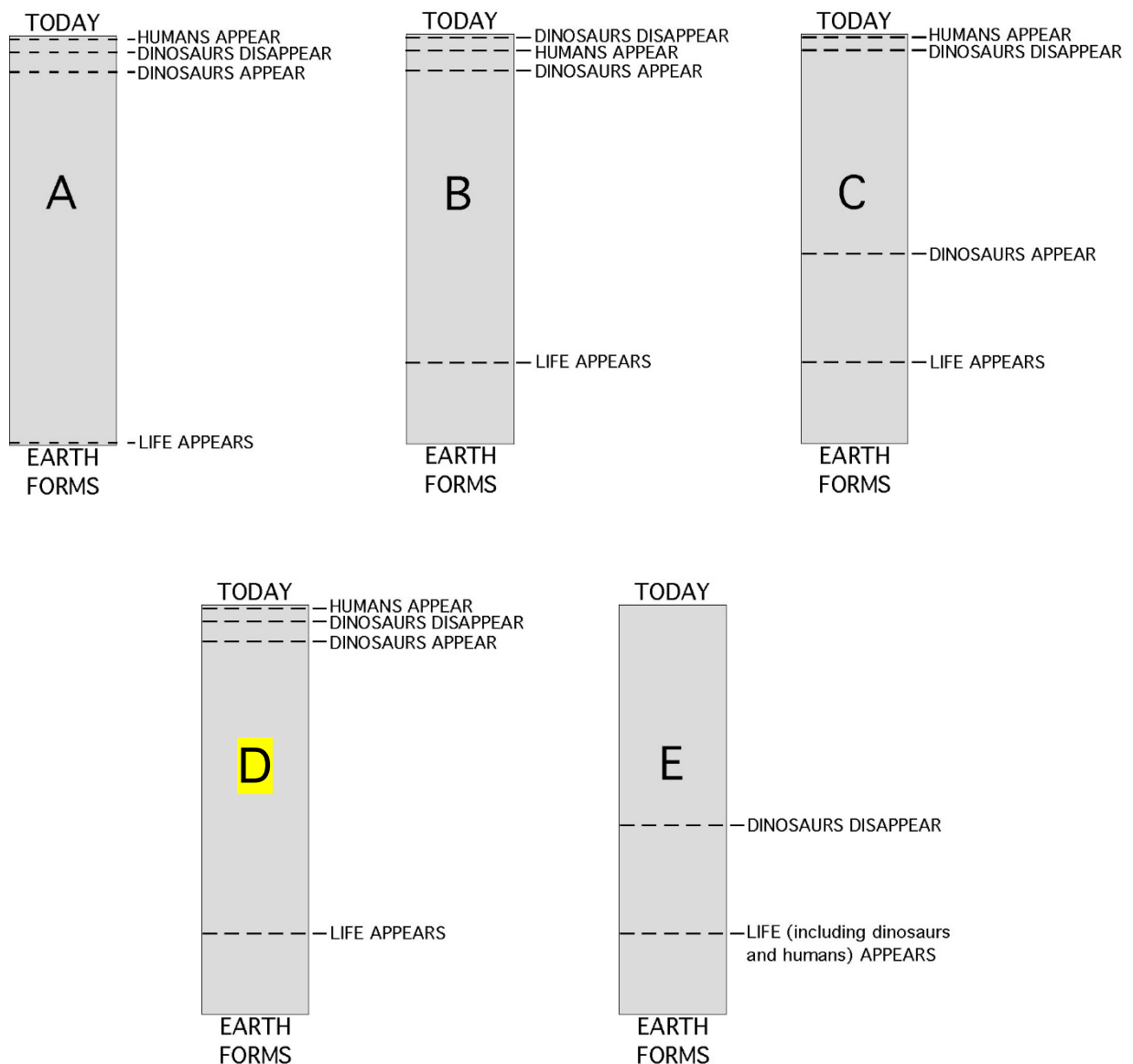
(B) Μονοκύτταροι οργανισμοί στο νερό

(Γ) Ζώα και φυτά στο νερό

(Δ) Όλα τα είδη ζωής στο νερό και στη στεριά, εκτός από τους ανθρώπους

(E) Όλα τα είδη ζωής στο νερό και στη στεριά, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων

4. Ποια από τις παρακάτω εικόνες πιστεύετε ότι απεικονίζει πιο πιστά τις αλλαγές στη ζωή στη Γη με την πάροδο του χρόνου;



5. Ποια από τις παρακάτω δηλώσεις πιστεύετε ότι περιγράφει καλύτερα τη σχέση μεταξύ των ανθρώπων και των τετράποδων δεινοσαύρων;

- (Α) Οι άνθρωποι και οι τετράποδοι δεινόσαυροι συνυπήρξαν για περίπου πέντε χιλιάδες χρόνια
- (Β) Οι άνθρωποι και οι τετράποδοι δεινόσαυροι συνυπήρξαν για περίπου πεντακόσιες χιλιάδες χρόνια
- (Γ) Οι τετράποδοι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν περίπου πέντε χιλιάδες χρόνια πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη
- (Δ) Οι τετράποδοι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν περίπου πεντακόσιες χιλιάδες χρόνια πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη
- (Ε) Οι τετράποδοι δεινόσαυροι εξαφανίστηκαν περίπου πενήντα εκατομμύρια χρόνια πριν εμφανιστούν οι άνθρωποι στη Γη

6. Οι ήπειροι που βλέπουμε σήμερα ήταν κάποτε μία ενιαία ήπειρος. Πόσος χρόνος χρειάστηκε για να διαχωριστεί αυτή η ενιαία ήπειρος και να σχηματίσει τη σημερινή διάταξη των ηπείρων;

- (Α) Εκατοντάδες χρόνια
- (Β) Χιλιάδες χρόνια
- (Γ) Εκατομμύρια χρόνια
- (Δ) Δισεκατομμύρια χρόνια
- (Ε) Είναι αδύνατο να προσδιοριστεί πόσος χρόνος χρειάστηκε για τον διαχωρισμό

7. Οι επιστήμονες έχουν ανακαλύψει απολιθώματα τετράποδων πλασμάτων που ονομάζονται δεινόσαυροι. Πόσος χρόνος μεσολάβησε μεταξύ της εμφάνισης και της εξαφάνισης αυτών των πλασμάτων;

- (Α) Εκατοντάδες χρόνια
- (Β) Χιλιάδες χρόνια
- (Γ) Εκατομμύρια χρόνια
- (Δ) Δισεκατομμύρια χρόνια
- (Ε) Μερικά από αυτά τα πλάσματα εξακολουθούν να υπάρχουν

8. Πόσο μεγάλος ήταν ο πλανήτης Γη όταν εμφανίστηκαν για πρώτη φορά οι δεινόσαυροι;

- (Α) Πολύ μικρότερος από σήμερα
- (Β) Πολύ μεγαλύτερος από σήμερα
- (Γ) Περίπου στο ίδιο μέγεθος με σήμερα
- (Δ) Δεν έχουμε κανέναν τρόπο να το γνωρίζουμε

9. Αν μπορούσες να ταξιδέψεις πίσω στον χρόνο στην εποχή όταν η Γη σχηματίστηκε πρώτη φορά ως πλανήτης, πόσα χρόνια περίπου πίσω στον χρόνο χρειάζεται να ταξιδέψεις;

- (A) 400 χρόνια
- (B) 400.000 χρόνια
- (Γ) 4 εκατομμύρια χρόνια
- (Δ) 4 δισεκατομμύρια χρόνια**
- (E) 4 τρισεκατομμύρια χρόνια

10. Αν μπορούσατε να ταξιδέψετε εκατομμύρια χρόνια στο μέλλον, πόσο μεγάλος θα ήταν ο πλανήτης Γη;

- (A) Πολύ μικρότερος από σήμερα
- (B) Πολύ μεγαλύτερος από σήμερα
- (Γ) Περίπου στο ίδιο μέγεθος με σήμερα**
- (Δ) Δεν έχουμε κανέναν τρόπο να το γνωρίζουμε