

## Η Γεωλογική χρονική κλίμακα Μέρος 1ο

Άρθρο, Οκτώβριος 2004

**Οι επιστήμονες διαιρούν τη Γη σε διάφορες περιόδους - τη Γεωλογική Χρονική Κλίμακα, σύμφωνα με τους τύπους των βράχων και το είδος των απολιθωμάτων που ανευρίσκονται σε αυτούς.**

Η στρωματογραφία είναι ο προσδιορισμός της σχετικής ηλικίας των διαφόρων πετρωμάτων βάση των απολιθωμάτων. Γιατί ο γεωλογικός χρόνος μπορεί να μετρηθεί μόνο αν βρούμε τα ίχνη που έχει αφήσει με το πέρασμά του πάνω στα πετρώματα της Γης.

Τα διάφορα γεγονότα που έχουν συμβεί επάνω στην Γη έχουν αφήσει τα ίχνη τους πάνω στα πετρώματα είτε με την μορφή απολιθωμάτων, απόθεσης ιζημάτων, εκχύσεις λαβών, πτυχώσεις και ρηγμάτων. Η εύρεση της σειράς στην αλληλουχία αυτών των γεγονότων όπως είναι καταγεγραμμένη πάνω στα πετρώματα οδηγεί στην σχετική χρονολόγησή τους. Δηλαδή ποιο γεγονός έγινε πριν από κάποιο άλλο.

Στην φύση όμως υπάρχουν και άλλα γεγονότα τα οποία όμως μπορούν να έχουν μια άμεση ποσοτική σχέση με τον χρόνο που πέρασε. Τέτοια φαινόμενα είναι η μετατροπή ενός ραδιοϊσοτόπου ενός στοιχείου σε ένα άλλο σταθερό. Μετρώντας τον χρόνο της μετατροπής αυτής φτιάχνουμε την απόλυτη χρονολόγηση.

Αν τώρα δίπλα στην σχετική χρονολόγηση βάλουμε την απόλυτη χρονολόγηση φτιάχνουμε τον γεωλογικό χρόνο στον οποίο μπορούν να καταγραφούν ποια γεγονότα έγιναν πριν από άλλα, αλλά και τότε ακριβώς.

Οι υποδιαιρέσεις του γεωλογικού χρόνου ξεκινώντας από τις μεγαλύτερες προς τις μικρότερες είναι οι αιώνες, οι εποχές και οι περίοδοι

Αυτές οι περίοδοι είναι αρκετά αυθαίρετες, όπως όλες οι χρονικές ταξινομήσεις που κάνει ο άνθρωπος, αλλά μπορούν τουλάχιστον να εξυπηρετήσουν τους ερευνητές. Έτσι ο Παλαιοζωικός Αιώνας, η εποχή της "αρχαίας μορφής ζωής" χαρακτηρίζεται από τα απολιθώματα των ασπόνδυλων, των πρωτόγονων τετράποδων κλπ, ο Μεσοζωικός Αιώνας ή η εποχή της "μέσης ζωής", από τα απολιθώματα των δεινοσαύρων κλπ, ενώ ο Καινοζωικός Αιώνας ή η εποχή της "πρόσφατης ζωής" από τα θηλαστικά και τα σύγχρονα φυτά και τα ασπόνδυλα.

Αυτοί οι Αιώνες διαιρούνται σε Περιόδους, κι αυτό το σύστημα καθιερώθηκε στο τέλος του τελευταίου αιώνα. Οι Περίοδοι διαιρούνται στη συνέχεια σε Εποχές, και οι Εποχές διαιρούνται σε Ηλικίες.

Οι επιστήμονες ξέρουν ότι οι Αιώνες κράτησαν εκατομμύρια χρόνια, επειδή μπορούν να τα χρονολογήσουν την ποσότητα της ραδιενέργειας που εμφανίζεται στους βράχους.

Το Γεωλογικό Χρονοδιάγραμμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει τα σημαντικότερα στάδια στην ιστορία της ζωής πάνω στη Γη. Συχνά κάθε Αιώνας τελειώνει με μια σημαντική εξαφάνιση, η οποία εξαλείφει τις κυρίαρχες μορφές της ζωής εκείνης της εποχής και προετοιμάζει το έδαφος για τις νεοφερμένες μορφές.

### Γεωλογικοί Αιώνες



#### Εποχή του Άδη ή Καταρχαιοζωικός Αιώνας

Αυτή η εποχή αρχίζει με το σχηματισμό του ηλιακού συστήματος και της Γης - που προσδιορίζεται ότι έγινε πριν 4,567 δισεκατομμύρια χρόνια - τον σχηματισμό της πρώτης ατμόσφαιρας και ωκεανών καθώς επίσης και το βομβαρδισμό από τους εναπομείναντες πλανητοειδείς και τα συντρίμια. Τελειώσε δε πριν 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια. Το όνομα του το πήρε γιατί ήταν μια καταχθόνια περίοδος, που κράτησε περίπου 760 εκατομμύρια χρόνια, όταν η Γη υπέφερε από συχνό και άγριο βομβαρδισμό από κομήτες, αστεροειδείς και άλλα πλανητικά συντρίμια. Κάποια στιγμή, στις αρχές αυτής της εποχής σχηματίστηκε το φεγγάρι, όταν έπεσε πάνω στην αρχική Γη ένα αντικείμενο σαν τον Άρη μεγάλο, που κονιορτοποίησε και τα δύο. Μπορεί να ακούγεται απίστευτο, αλλά η πρώτη πρωτόγονη ζωή προέκυψε τότε σε αυτό το αρχικό στάδιο. Ήταν μια εποχή που χαρακτηρίστηκε από μεγάλη ηφαιστειακή δραστηριότητα και το σχηματισμό των πρώτων ηπείρων. Μέχρι το τέλος της Εποχής του Άδη, η Γη είχε μια ατμόσφαιρα (δεν θα μπορούσαν να την αναπνεύσουν οι περισσότεροι σημερινοί οργανισμοί), και οι ωκεανοί γέμισαν με προκαρυωτικές μορφές ζωής.

Η Εποχή του Άδη δεν θεωρείται ότι είναι μία γεωλογική περίοδος με την ακριβή σημασία της λέξης. Δεν υπάρχει κανένας βράχος στη Γη από εκείνη την περίοδο - εκτός από τους μετεωρίτες. Κατά τη διάρκεια της εποχής αυτής, σχηματιζόταν ακόμα το ηλιακό σύστημα, πιθανώς μέσα σε ένα μεγάλο

νέφος αερίου και σκόνης γύρω από τον ήλιο, που οι ειδικοί τον αποκαλούν δίσκο προσαύξεσης. Η σχετική αφθονία βαρύτερων στοιχείων στο ηλιακό μας σύστημα δείχνει ότι αυτό το αέριο και η σκόνη προήλθαν από μια έκρηξη σουπερνόβα - μια γιγάντια έκρηξη ενός παλαιού, τεράστιου. Τα βαρύτερα στοιχεία παράγονται μέσα στα αστέρια μέσω της πυρηνικής σύντηξης των στοιχείων. Μπορούμε να δούμε τέτοιες παρόμοιες διαδικασίες σήμερα στα νεφελώματα - όπως το νεφέλωμα M16.

Ο ήλιος σχηματίστηκε μέσα σε ένα τέτοιο νέφος αερίου και σκόνης, που συμπιέστηκε με τη βοήθεια της βαρύτητας έως ότου άρχισε να υποβάλλεται σε πυρηνική τήξη το υδρογόνο και να εκπέμπει φως και θερμότητα. Τα περιβάλλοντα σωματίδια άρχισαν να συγχωνεύονται κάτω από την επίδραση της βαρύτητας σε μεγαλύτερα κομμάτια, ή τους πλανητοειδείς (planetesimals), οι οποίες συνέχισαν να συσσωρεύονται φτιάχνοντας τους πλανήτες. Ότι υλικό απέμεινε διαμορφώσε τους αστεροειδείς και τους κομήτες.

Επειδή οι συγκρούσεις μεταξύ των μεγάλων πλανητοειδών απελευθερώνουν πολλή θερμότητα, η Γη και άλλοι πλανήτες θα ήταν σε κατάσταση τήξης στην αρχή της ιστορίας τους τους. Η στερεοποίηση του λειωμένου υλικού σε βράχους συνέβη όταν η Γη ψύχθηκε. Οι παλαιότεροι μετεωρίτες και οι σεληνιακοί βράχοι είναι περίπου 4,5 δισεκατομμυρίων ετών, αλλά οι παλαιότεροι γνωστοί γήινοι βράχοι αυτήν την περίοδο είναι 3,8 δισεκατομμυρίων ετών. Κάποτε κατά τη διάρκεια των πρώτων 800 εκατομμυρίων από ιστορία της, η επιφάνεια της Γης άλλαξε κι έγινε από υγρή σε στερεή. Μόλις σχηματίστηκε ο στερεός βράχος στη Γη, άρχισε η γεωλογική ιστορία της. Αυτό πιθανότατα έγινε πριν από 3,8 δισεκατομμύρια χρόνια αλλά λείπουν οι τότε βράχοι για να το επιβεβαιώσουν. Η διάβρωση και η τεκτονική των πλακών έχουν καταστρέψει πιθανώς όλους τους στερεούς βράχους, που ήταν αρχαιότεροι από 3,8 δισ. χρόνια. Η εποχή που βλέπουμε τα πρώτα ίχνη των βράχων στη Γη είναι ο Αρχαιοζωικός Αιώνας.



### Αρχαιοζωικός Αιώνας

Ο Αιώνας αυτός κράτησε διπλάσιο χρόνο από όσο ο Φανεροζωικός - κράτησε από 3,8 έως 2,5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν - και ήταν μια εποχή που διάφορα μικρόβια άκμασαν στους αρχέγονους ωκεανούς.

Εάν ήσαστε σε θέση να ταξιδέψετε πίσω στην τότε Γη, πιθανώς δεν θα αναγνωρίζατε ότι ήταν ο ίδιος πλανήτης που κατοικούμε σήμερα. Η ατμόσφαιρα ήταν πολύ διαφορετική από αυτή που αναπνέουμε σήμερα, ήταν πιθανώς ένα μίγμα μεθανίου, αμμωνίας, και άλλων αερίων ενώ θα ήταν τοξική για τα περισσότερα είδη στον πλανήτη μας σήμερα. Επίσης κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ψύχθηκε αρκετά ο γήινος φλοιός έτσι ώστε μπόρεσαν οι βράχοι και οι ηπειρωτικές πλάκες να σχηματιστούν.

Οι ήπειροι δηλαδή αναπτύχθηκαν από την ηφαιστειακή δραστηριότητα. Η τότε αναγωγική (αναερόβια) ατμόσφαιρα επέτρεψε να αναπτυχθούν τα αρχαία-αναερόβια μικρόβια, ενώ οι τεκτονικές λιθοσφαιρικές πλάκες είχαν διαφορετικό σχήμα από αυτό του επόμενου αιώνα, του Πρωτεροζωικού και των πιο πρόσφατων. Κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής, ένας τύπος οργανισμού, τα Κυανοβακτήρια (γαλαζοπράσινα φύκη) παρήγαγαν οξυγόνο ως μεταβολικό υποπροϊόν. Τελικά η συγκέντρωση αυτού του ιδιαίτερα αντιδραστικού αερίου επρόκειτο να αποδειχθεί μοιραία για πολλές μορφές ζωής, και μετέτρεψε την ατμόσφαιρα.



### Πρωτεροζωικός Αιώνας

Ο Πρωτεροζωικός αιώνας κράτησε ακόμα περισσότερο από τον Αρχαιοζωικό (από 2,5 δισεκατομμύρια έως 543 εκατομμύρια χρόνια πριν, ενώ τότε είχαμε μεγάλες αλλαγές στην ατμόσφαιρα, από αναγωγική έγινε οξειδωτική. Αυτό ανάγκασε τους αρχικά αναερόβιους κατοίκους της Γης σε μερικά περιορισμένα και χωρίς οξυγόνο καταφύγια, διευκολύνοντας έτσι την άνοδο της αεροβικής ζωής (προκαρυωτικά και τα πιο σύνθετα ευκαριωτικά κύτταρα (μάλλον εμφανίστηκαν πριν 1,8 δισ. χρόνια πριν), που χρειάζονται οξυγόνο για να ζήσουν). Οι

στρωματολίτες (αποικίες κυανοβακτηρίων), που είχε εμφανιστεί κατά τη διάρκεια του προηγούμενου Αιώνα αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα.

Άρχισε η νέα μετακίνηση των ηπείρων και έγινε ο σχηματισμός της υπερηπείρου Rodinia, αλλά και διάφορες μεγάλες Εποχές του Πάγου. Στο τέλος του Πρωτεροζωικού εμφανίστηκε μια έντονη Εποχή του Πάγου - η Γη έγινε μια τεράστια χιονοσφαίρα με πάγο πάχους αρκετών χιλιομέτρων - αντικαθιστώντας την προηγούμενη θερμή περίοδο. Οι θερμές συνθήκες επέτρεψαν την εμφάνιση του πρώτου μετάζωου.



### Παλαιοζωικός Αιώνας

Στις αρχές του Παλαιοζωικού Αιώνα (543 έως 248 εκατομμύρια χρόνια πριν), που κράτησε κοντά 400 εκατομμύρια χρόνια, το ατμοσφαιρικό οξυγόνο απέκτησε τα σημερινά επίπεδα του, ενώ συγχρόνως δημιουργήθηκε η ασπίδα του όζοντος, εμποδίζοντας την υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στο έδαφος και επέτρεψε στη σύνθετη ζωή να αναπτυχθεί και στα ρηχά νερά και αργότερα στη στεριά. Στον Παλαιοζωικό συναντούμε δύο από τα σημαντικότερα γεγονότα στην ιστορία της ζωής πάνω στην Γη. Στην αρχή του, είχαμε μια τρομακτική "έκρηξη" στην

ποικιλομορφία, και σχεδόν όλο το ζωικό βασίλειο εμφανίστηκε μέσα σε μερικά εκατομμύρια χρόνια. Στο τέλος όμως του Παλαιοζωικού, είχαμε τη μεγαλύτερη μαζική εξαφάνιση στην ιστορία. Εξαφανίστηκε περίπου το 90% όλων των θαλασσίων ζωικών ειδών. Οι αιτίες και των δύο αυτών των

γεγονότων ακόμα δεν έχουν γίνει πλήρως κατανοητές και αποτελεί το θέμα πολλών ερευνών ενώ δεν λείπουν και οι διαφωνίες για αυτά τα αίτια.

Σε αυτή την εποχή συναντάμε τα ασπόνδυλα, τα ψάρια, τα τετράποδα και (κατά τη διάρκεια της Πέρμιαν περιόδου) τα ερπετά. Από την Σιλουρία περίοδο, η ζωή ξεκινώντας από τη θάλασσα αποίκισε τη στεριά. Στα τέλη του Αιώνα αυτού, άκμασαν πρώτα τα πτεριδόφυτα και μετά τα γυμνόσπερμα φυτά. Τις γενικά ήπιες έως τροπικές συνθήκες με τις θερμές ρηχές θάλασσές ακολούθησαν δύο ψυχρές Παγετώδεις Εποχές, η Ορδοβίτσια και η Πέρμια-Λιθανθρακοφόρος.

Κατά τη διάρκεια του Παλαιοζωικού υπήρξαν έξι σημαντικές ηπειρωτικές μάζες και η κάθε μία περιείχε διαφορετικά μέρη των σημερινών ηπείρων. Παραδείγματος χάριν, στην αρχή του Παλαιοζωικού, η Αφρική ήταν στο Νότιο Πόλο. Αυτές οι Παλαιοζωικές ήπειροι δοκίμασαν πολυάριθμες εισχωρήσεις και υποχωρήσεις των θαλασσών στο εσωτερικό τους. Οι μεγάλες αποθέσεις των ασβεστόλιθων είναι στοιχεία αυτών των περιοδικών εισχωρήσεων των θαλασσών.

Προς το τέλος του Παλαιοζωικού οι ήπειροι, συγκεντρώθηκαν σε μια ενιαία ήπειρο - την Παγγαία - ήρθε ξηρασία και αναγκαστικά το τέλος των μεγάλων λιθανθρακοφόρων ελών και της μοναδικής χλωρίδας και πανίδας τους. Στον Παλαιοζωικό Αιώνα, στο τέλος της Πέρμιαν Περιόδου, παρουσιάστηκε μια τεράστια εξαφάνιση των ειδών και ίσως είναι η πιο σοβαρή εξάλειψη που έχει δει ο πλανήτης.



## Μεσοζωικός Αιώνας

Ο Αιώνας αυτός (248 έως 65 εκατομμύρια χρόνια πριν) είχε τη μισή περίπου διάρκεια του Παλαιοζωικού, και ήταν μια εκπληκτική εποχή. Μεσοζωικό σημαίνει "μεσαία ζωή", και είναι ο χρόνος κατά τη διάρκεια του οποίου η παγκόσμια πανίδα άλλαξε δραστικά από αυτήν που είχε φανεί στον Παλαιοζωικό Αιώνα. Οι δεινόσαυροι, που είναι ίσως οι δημοφιλέστεροι οργανισμοί του Μεσοζωικού, εξελίχθηκαν στην Τριαδική Περίοδο, αλλά μέχρι την Ιουρασική δεν υπήρχε και μεγάλη διαφορά. Ο Μεσοζωικός ήταν επίσης μια εποχή μεγάλης αλλαγής και στην

επίγεια βλάστηση. Στην αρχή του Μεσοζωικού κυριάρχησαν οι φτέρες, τα γυμνόσπερμα και άλλα ασυνήθιστα φυτά. Τα σύγχρονα γυμνόσπερμα, όπως είναι τα κωνοφόρα, εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στις απαρχές της Τριαδικής Περιόδου.

Οι αρχόσαυροι, τα ερπετά του Τριαδικής Εποχής, που είχαν μέχρι τότε κατακτήσει τη Γη, έδωσαν τόπο στους δεινοσαύρους, η μεγαλύτερη επίγεια πανίδα που εμφανίστηκε ποτέ στη Γη. Ενώ οι δεινόσαυροι κυριάρχησαν στη ξηρά, άλλα θαλάσσια ερπετά εξουσίαζαν τους ωκεανούς και τα ασπόνδυλα, ειδικά οι αμμωνίτες, είχαν πολλές ποικιλίες. Οι Πτερόσαυροι και τα πιο πρόσφατα πουλιά κυριάρχησαν στον ουρανό. Εντούτοις, τα θηλαστικά, παρέμειναν μικρά και ασήμαντα. Οι κλιματολογικές συνθήκες ήταν θερμές και τροπικές σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η υπερήπειρος Παγγαία διασπάστηκε στη Λαυρασία και τη Γκοντβάνα, στις οποίες εξελίχθηκαν διαφορετικά είδη δεινοσαύρων. Κατά τη διάρκεια αυτής της εποχής εξελίχθηκαν οι σύγχρονες μορφές των κοραλλιών, των εντόμων, νέων ψαριών καθώς και ανθοφόρων φυτών. Στο τέλος της Κρητιδικής Περιόδου οι δεινόσαυροι και πολλά άλλα ζώα σε στεριά και θάλασσα εξαφανίστηκαν απότομα. Γι' αυτή την εξαφάνιση είναι υπεύθυνη η πτώση ενός αστεροειδούς συνδεδεμένη μαζί με μια τεράστια ηφαιστειακή δράση (όξινη βροχή).



## Καινοζωικός Αιώνας

Με εξαφάνιση των δεινοσαύρων και το τέλος του Μεσοζωικού, τα θηλαστικά κληρονομούν γρήγορα τη Γη. Τα αρχαϊκά θηλαστικά υπήρχαν μαζί με τα πουλιά και τα σύγχρονα ερπετά όπως και τα ασπόνδυλα. Σε αυτόν τον Αιώνα (άρχισε πριν 65 εκατομμύρια χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα) δημιουργήθηκε η σημερινή μορφή των ηπείρων και οι αρχικές τροπικές συνθήκες αντικαταστάθηκαν από ένα πιο ψυχρό και ξηρότερο κλίμα, που προκλήθηκε ενδεχομένως από την άνοδο των Ιμαλαΐων. Η εμφάνιση της χλόης σήμανε ότι

αυξήθηκε η τροφή των θηλαστικών, και ο πιο ψυχρός και ξηρός κόσμος επέτρεψε σε ομάδες σύγχρονων θηλαστικών να εξελιχθούν, σε είδη που τώρα έχουν εκλείψει ενώ διατηρήθηκαν και μερικές αρχαίες μορφές. Μεταξύ των νεοφερμένων ήταν οι ανθρωποειδείς πίθηκοι που κατέληξαν στους ανθρωποειδείς αυστραλοπίθηκους της Αφρικής. Οι μειωμένες θερμοκρασίες και η εξάπλωση των πάγων στην Ανταρκτική οδήγησαν σε μια νέα Εποχή Πάγου. Πολύ πρόσφατα, συγκρινόμενη με την γεωλογική ιστορία της Γης, εμφανίστηκε ο Άνθρωπος (ο Όρθιος Άνθρωπος, ο άνθρωπος του Νεάντερταλ και του Κρομανιόν) και μαζί η χρήση των εργαλείων και της φωτιάς. Επίσης, έγινε η εξαφάνιση της Μέγαπανίδας, και η εμφάνιση του πολιτισμού και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που έχουν μετασχηματίσει την υδρόγειο, αλλά με ένα φοβερό κόστος. Αυτό της μεγάλης περιβαλλοντικής καταστροφής.