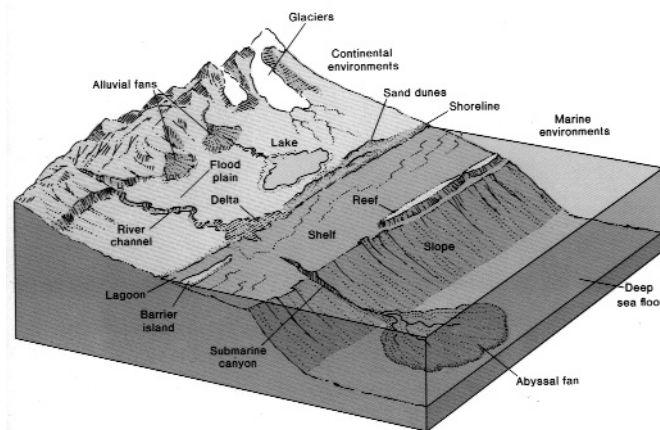




ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

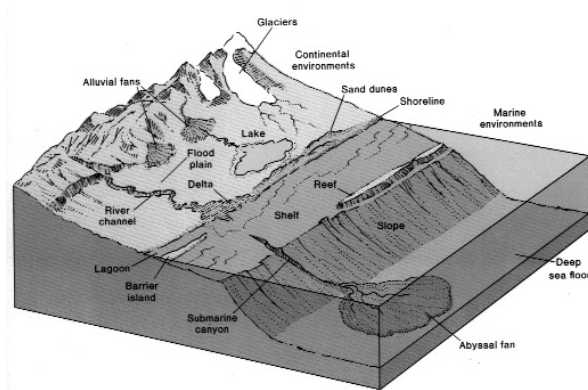
Δρ. Χαρ. Ντρίνια
Αναπλ. Καθηγήτρια



ΑΘΗΝΑ 2012

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Τα ιζηματογενή αποθετικά περιβάλλοντα είναι τμήματα της επιφανείας της γης (στη ξηρά και στη θάλασσα), όπου οι φυσικές, χημικές και βιολογικές παράμετροι διαφέρουν από εκείνες που έχουν οι γύρω περιοχές.



Οι επί μέρους παράγοντες που περιλαμβάνονται στις παραμέτρους αυτές είναι:

Φυσικές:

Η φύση του μέσου απόθεσης

Οι συνθήκες ροής (διεύθυνση, ταχύτητα, σταθερότητα)

Το κλίμα (θερμοκρασία, βροχοπτώσεις κλπ)

Το βάθος του νερού

Χημικές:

Χημική-πετρολογική σύσταση της μητρικής πηγής

Eh

pH

Αλμυρότητα, θερμοκρασία νερού

Βιολογικές:

Δράση φυτών, ζώων, ανθρώπων

Για τα κλαστικά ιζήματα, το αποθετικό περιβάλλον αποτελεί το χώρο που καταλήγουν μετά την μεταφορά τους και καθορίζει την υφή, τη δομή και τη γεωμετρία τους, όπως το ανάγλυφο, η λιθολογία και το κλίμα στη μητρική πηγή καθορίζουν τη σύστασή τους.

Για τα χημικά ιζήματα, το αποθετικό περιβάλλον αποτελεί το χώρο, όπου γίνονται όλες οι διεργασίες που καταλήγουν στον σχηματισμό τους.

Προτού γίνει η ταξινόμηση και μελέτη των ιζηματογενών αποθετικών περιβαλλόντων, κρίνεται σκόπιμο να εξεταστεί πότε γίνεται απόθεση και ποιοι παράγοντες την ρυθμίζουν.

Για τα θαλάσσια περιβάλλοντα, ο πρώτος βασικός παράγοντας που καθορίζει το περιβάλλον απόθεσης είναι η σχετική θέση της θαλάσσιας στάθμης και γενικότερα του βασικού επιπέδου που οφείλεται κυρίως σε τεκτονικές αιτίες. Ο δεύτερος

παράγοντας είναι ο ρυθμός απόθεσης που εξαρτάται κυρίως από τις κλιματικές συνθήκες και το ανάγλυφο. Αν συνδυαστούν αυτοί οι παράγοντες τότε μπορεί να καθοριστούν οι συνθήκες που καταλήγουν σε διάβρωση, ισορροπία και απόθεση ιζημάτων.

Επίσης, ο συνδυασμός των προαναφερθέντων παραγόντων μας φέρνει αντιμέτωπους με τους όρους «επίκλυση» και «απόσυρση».

Η **επίκλυση** μπορεί πολύ απλά να οριστεί σαν την διεργασία μετανάστευσης της ακτογραμμής προς την ξηρά. Ενώ **απόσυρση** είναι η αντίθετη διεργασία. Τα αποτελέσματα επίκλυσης ή απόσυρσης μπορεί να είναι τοπικά ή παγκόσμιας κλίμακας και μπορεί να οφείλονται σε μια ποικιλία αιτιών. Η μετακίνηση της ακτογραμμής σε συνδυασμό με άλλα φαινόμενα όπως είναι η βύθιση, προκαλεί μια σειρά αποθετικών σχηματισμών.

Η απόσυρση είναι το αποτέλεσμα της πτώσης του θαλάσσιου επιπέδου και/ή του υψηλού βαθμού απόθεσης ενώ η επίκλυση προκαλείται με την ανύψωση του θαλάσσιου επιπέδου και τον χαμηλό βαθμό απόθεσης. Όταν το θαλάσσιο επίπεδο παραμένει σταθερό, δηλ. δεν έχουμε καθαρή απόθεση ή διάβρωση, η ακτογραμμή παραμένει γεωγραφικώς στη θέση της.

Επιπλέον, οι σχετικές θέσεις του θαλάσσιου επιπέδου δημιουργούνται είτε από την τεκτονική ανύψωση ή πτώση της ξηράς είτε από την ανύψωση ή πτώση του θαλάσσιου επιπέδου.

Η πρώτη διεργασία συνήθως έχει τεκτονική προέλευση και έχει τοπικό χαρακτήρα. Ενώ η δεύτερη έχει ευστατικό χαρακτήρα εάν έχει παγκόσμια εξάπλωση και δημιουργείται από την ανάπτυξη ή την καταστροφή των μεσοωκεάνιων ράχων ή των πολικών καλυμμάτων πάγου.

Χώρος συγκέντρωσης (accommodation space) είναι ο διαθέσιμος χώρος, σε μια δεδομένη στιγμή του χρόνου, που έχουν τα ιζήματα για να συγκεντρωθούν. Στα θαλάσσια περιβάλλοντα ο χώρος συγκέντρωσης δημιουργείται ή καταστρέφεται από τις σχετικές μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης.

Αλλογενείς (αλλοκυκλικοί) μηχανισμοί είναι οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούν δυνατή επιρροή στις αποθετικές διεργασίες. Περιλαμβάνουν μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης, κλιματικές μεταβολές (π.χ. παροχή ιζήματος) και τεκτονισμό (υποβύθιση, παροχή ιζήματος).

Αντίθετα, οι **αυτογενείς (αυτοκυκλικοί) μηχανισμοί** λειτουργούν μέσα σε ένα δεδομένο αποθετικό περιβάλλον και προκαλούν μεταβολές παρόλο που οι αλλογενείς μηχανισμοί μπορεί να παραμένουν σταθεροί.

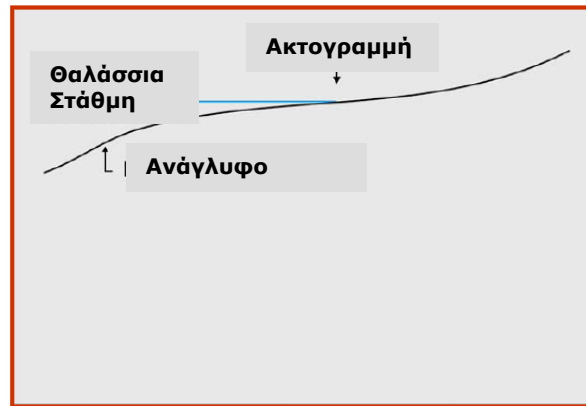
Τις τελευταίες δεκαετίες μεγάλη έμφαση δίνεται στους αλλογενείς μηχανισμούς οι οποίοι αποτελούν αντικείμενο της Στρωματογραφίας Ιζηματογενών Ακολουθιών (Sequence Stratigraphy).

Στρωματογραφική Ακολουθία: Σχετικά σύμφωνη (δηλαδή δεν περιέχει μεγάλες ασυμφωνίες), γενετικώς συσχετιζόμενη ακολουθία στρωμάτων που οριοθετείται από ασυμφωνίες.

Ορια ακολουθιών: Δημιουργούνται κατά την πτώση της σχετικής στάθμης της θάλασσας.

Οι στρωματογραφικές ακολουθίες συνιστούν το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης τριών κύριων επιφανειών:

- της στάθμης της θάλασσας
- του αναγλύφου της επιφανείας της Γης (υψογραφικό επίπεδο)
- και του βασικού επιπέδου

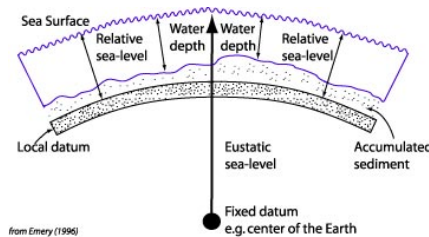


Στάθμη της θάλασσας

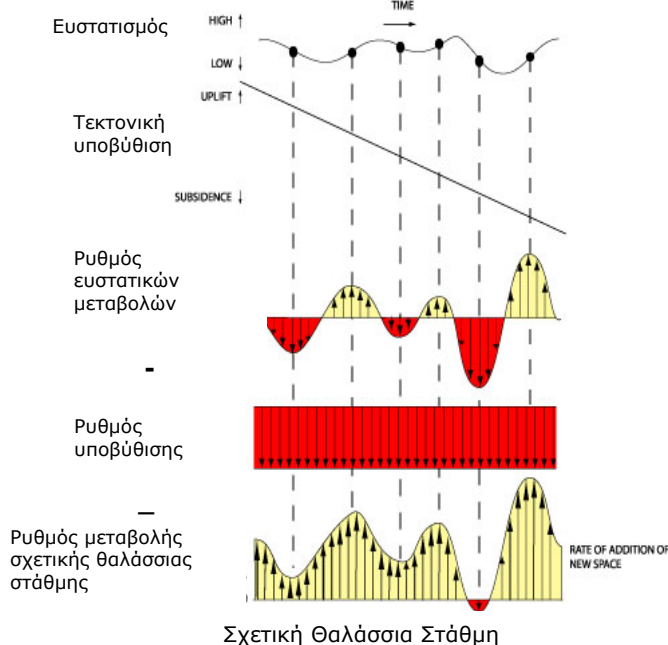
Οι διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας μετρημένες από ένα γνωστό σταθερό σημείο αναφοράς (π.χ. από το όριο πυρήνα-μανδύα, ή από το κέντρο της γης) αποτελούν τις αποκαλούμενες ευστατικές κινήσεις.

Ο όρος αυτός είναι διαφορετικός από τον όρο «βάθος ύδατος» (βαθυμετρία) το οποίο είναι η στάθμη της θάλασσας που μετριέται από ένα μεταβλητό σημείο αναφοράς (πυθμένας της θάλασσας).

Το βάθος ποικίλλει από τόπο σε τόπο και κατά διαστήματα, λόγω της διάβρωσης και της ιζηματογένεσης στον θαλάσσιο πυθμένα, των ευστατικών μεταβολών και της τοπικής τεκτονικής.



Σχετική Θαλάσσια Στάθμη



Με τον όρο «σχετική θαλάσσια στάθμη» εννοούμε τη θέση της επιφάνειας της θάλασσας σε σχέση με ένα σταθερό σημείο αναφοράς κοντά στον πυθμένα της θάλασσας. Περιλαμβάνει δύο συστατικά: τον ευστατισμό και την κάθετη μετακίνηση του πυθμένα της θάλασσας (τεκτονισμός ή/και συμπίεση ιζημάτων).

Το ανάγλυφο της επιφάνειας της Γης (υψογραφία) επίσης μετρείται από ένα σταθερό σημείο αναφοράς όπως είναι το κέντρο της Γης.

Το υψόμετρο ποικίλλει και αυτό από τόπο σε τόπο και κατά διαστήματα, εξαιτίας της διάβρωσης, της ιζηματογένεσης και της τεκτονικής.

Η γραμμή όπου η στάθμη της θάλασσας καταλήγει στην υψογραφική επιφάνεια αποτελεί την ακτογραμμή.

Η ακτογραμμή μετακινείται προς την ξηρά κατά τη διάρκεια της θαλάσσιας επίκλυσης και προς την θάλασσα κατά τη διάρκεια της θαλάσσιας απόσυρσης.

Το βασικό επίπεδο είναι μια εικονική επιφάνεια που αντιπροσωπεύει την ισορροπία μεταξύ της διάβρωσης και της ιζηματογένεσης.

Η επιφάνεια της Γης (υψογραφία) που βρίσκεται πάνω από το βασικό επίπεδο θα υποστεί διάβρωση μέχρις ότου φτάσει το βασικό επίπεδο.

Η επιφάνεια της Γης κάτω από το βασικό επίπεδο θα συγκεντρώσει ίζημα μέχρις ότου «κτιστεί» ως το βασικό επίπεδο.

Η γραμμή όπου το βασικό επίπεδο συναντά την επιφάνεια της Γης ονομάζεται «βασική γραμμή».

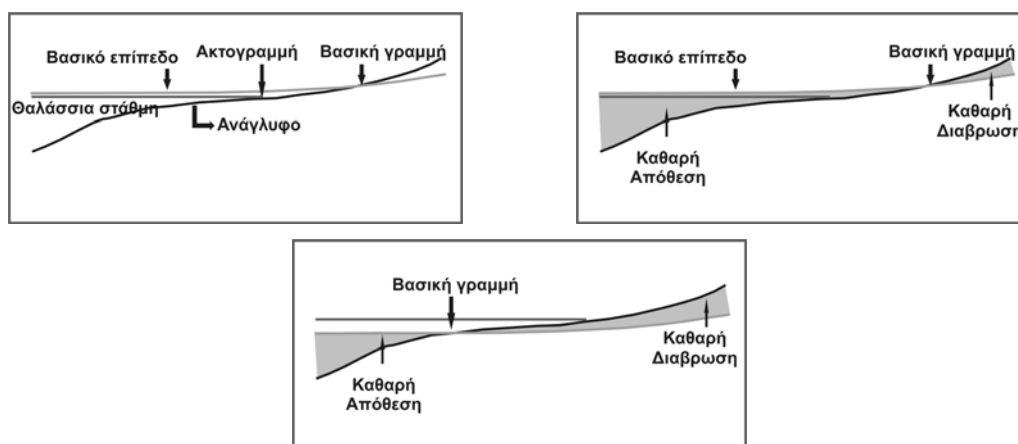
Το βασικό επίπεδο εξαρτάται από τη στάθμη της θάλασσας: όταν η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει ή κατεβαίνει το ίδιο κάνει και το βασικό επίπεδο. Σαν αποτέλεσμα, η βασική γραμμή κινείται προς τη ξηρά (μέσα) ή προς τη θάλασσα (έξω).

Κατά τη διάρκεια αυτών των μετακινήσεων, η διάβρωση και η ιζηματογένεση θα λειτουργήσουν με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί μια νέα ισορροπία.

Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί όταν διατηρείται σταθερή η στάθμη της θάλασσας αλλά κινείται η γήινη επιφάνεια πάνω ή κάτω εξαιτίας της ανύψωσης ή της υποβύθισης (τεκτονική).

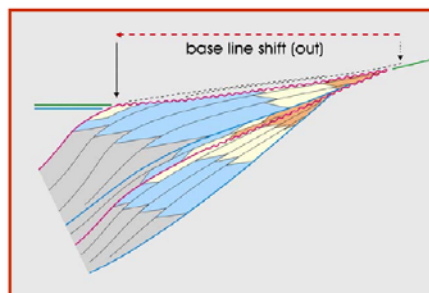
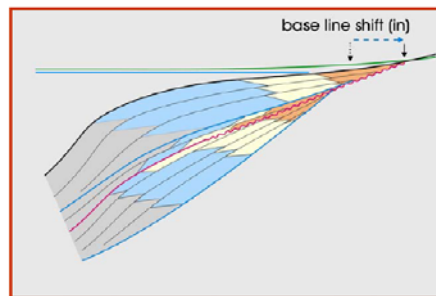
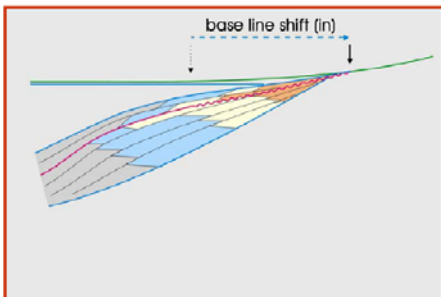
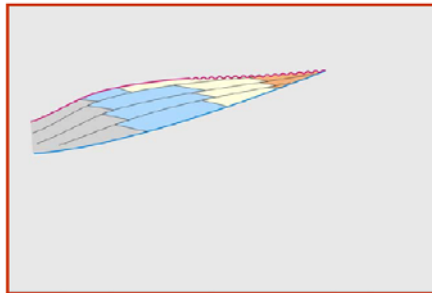
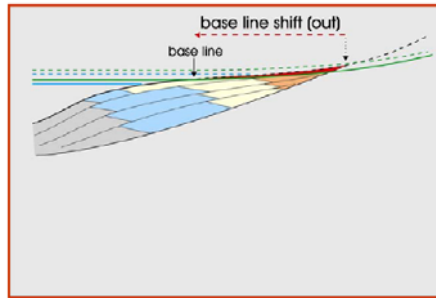
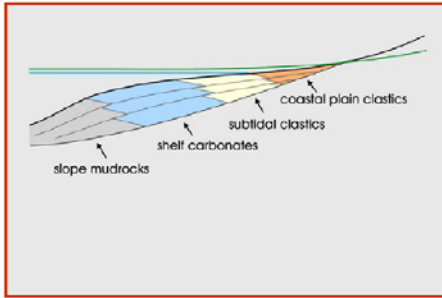
Στην περίπτωση αυτή, η βασική γραμμή κινείται μέσα και έξω παρόλο που το βασικό επίπεδο παραμένει το ίδιο.

Συνεπώς η έκφραση «ανύψωση ή πτώση του βασικού επιπέδου» είναι έγκυρη μόνον όταν έχουμε ευστατική ανύψωση ή πτώση.



Οι στρωματογραφικές ακολουθίες είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ευστατικών και τεκτονικών κινήσεων, της διάβρωσης και της ιζηματογένεσης, τα οποία όλα μαζί οδηγούν σε επαναλαμβανόμενες μετατοπίσεις προς τη θάλασσα ή προς την ξηρά, της βασικής γραμμής.

Οι μετατοπίσεις αυτές της βασικής γραμμής δημιουργούν τις διάφορες στρωματογραφικές επιφάνειες που οριοθετούν τις ακολουθίες.



Στρωματογραφικές επιφάνειες

Οι ιζηματογενείς λεκάνες περιλαμβάνουν ένα πλήθος επιφανειών (π.χ. κάθε επίπεδο στρώσης αποτελεί μια επιφάνεια) αλλά μόνον ορισμένες επιφάνειες είναι χρήσιμες στην στρωματογραφία ιζηματογενών ακολουθιών.

Η αποκρυπτογράφηση των επιφανειών που είναι χρήσιμες κι αυτών που είναι άχρηστες είναι θεμελιώδης.

Η αναγνώριση της κατάλληλης επιφάνειας για την πραγματοποίηση συσχετισμών συνεπάγεται ένα από τα ακόλουθα:

- Άμεση παρατήρηση (π.χ. απότομες κλιτύες)
- Έμμεση παρατήρηση (π.χ. από σεισμικές τομές)
- Ερμηνεία των αποθετικών τάσεων (ρήχευση ή βάθυνση προς τα πάνω.)
- Ερμηνεία του ιζηματογενούς περιβάλλοντος πάνω και κάτω από την εν λόγω επιφάνεια.
- Παρατήρηση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων πάνω και κάτω από την εν λόγω επιφάνεια (π.χ. Hardground, παλαιοεδάφη).

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΗΣ

Αν εξεταστεί στη φύση το συνολικό αποτέλεσμα που έχει η δράση των ενδογενών και εξωγενών παραγόντων, τότε μπορεί να γίνει διάκριση σε περιβάλλοντα διάβρωσης (ορεινές περιοχές, υποθαλάσσια canyons), σε περιβάλλοντα απόθεσης (θαλάσσιες λεκάνες, λίμνες, ακτές) και σε περιβάλλοντα ισορροπίας (αβυσσικές πεδιάδες, υψίπεδα). Στα περιβάλλοντα ισορροπίας επικρατεί η χημική δράση που εκδηλώνεται με τον σχηματισμό λατεριτών-βωξιτών στην ξηρά και τον σχηματισμό κονδύλων Mn στη θάλασσα.

Απόλυτος διαχωρισμός ανάμεσα σε δυο γειτονικά περιβάλλοντα δεν μπορεί να γίνει στη φύση και για αυτόν τον λόγο προκύπτουν μικτοί τύποι που είναι πολύ δύσκολο να ταξινομηθούν. Αν λάβουμε υπόψη και τους τοπικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό απόθεσης, τότε είναι δύσκολος ο καθορισμός τύπων περιβαλλόντων όπως αυτά ορίστηκαν μέχρι τώρα.

Γενικά αν εξεταστεί το ζήτημα της ταξινόμησης μπορεί να γίνει διάκριση σε δυο μεγάλες κατηγορίες περιβαλλόντων: το ηπειρωτικό που βρίσκεται στον χώρο της ξηράς και το θαλάσσιο, που βρίσκεται στον χώρο της θάλασσας.

Οι δυο αυτές κατηγορίες περιβαλλόντων οριοθετούνται από την ζώνη της ακτής που ανήκει κατά ένα μέρος στο ηπειρωτικό και κατά ένα μέρος στο θαλάσσιο περιβάλλον. Επειδή μάλιστα το πλάτος της παράκτιας ζώνης είναι σε μερικές περιπτώσεις σημαντικό και γίνεται μέσα σε αυτή σύνθετες διεργασίες, κρίθηκε σκόπιμο να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει μια μεταβατική κατάσταση και χαρακτηρίστηκε σαν μεταβατικό περιβάλλον.

ΑΠΟΘΕΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Η τρισδιάστατη σειρά ιζημάτων ή λιθοφάσεων που πληρεί μια ιζηματογενή λεκάνη. Τα αποθετικά συστήματα ποικίλλουν σύμφωνα με τους τύπους ιζημάτων που είναι διαθέσιμα για την απόθεση καθώς και με τις αποθετικές διαδικασίες και τα περιβάλλοντα μέσα στα οποία αποτίθενται. Τα κύρια αποθετικά συστήματα είναι:

- το αλλουβιακό,
- το ποτάμιο,
- το δελταϊκό,
- το θαλάσσιο,
- το λιμναίο,
- το αιολικό.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΠΟΘΕΣΗΣ

Η σχετική κινητική ενέργεια του περιβάλλοντος. Ένα υψηλής ενέργειας περιβάλλον μπορεί να συνίσταται από ένα γρήγορο ποτάμι το οποίο είναι σε θέση να μεταφέρει αδρόκοκκα υλικά και άμμο.

Η ιζηματογένεση σε ένα χαμηλής ενέργειας περιβάλλον, όπως είναι οι αβυσσικές πεδιάδες, συνήθως περιλαμβάνει λεπτόκοκκη άργιλο και ιλύ.

Η αποθετική ενέργεια δεν είναι απλά ταχύτητα. Παραδείγματος χάριν, αν και οι παγετώνες δεν κινούνται γρήγορα, είναι σε θέση να μεταφέρουν μεγάλους λίθους.

2. ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΦΑΣΕΙΣ

ΓΕΝΙΚΑ

Η έννοια της φάσεως χρησιμοποιείται από πολύ παλιά, όταν γεωλόγοι και μηχανικοί διαπίστωσαν ότι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία βρίσκονταν σε συγκεκριμένα πετρώματα αποτελούσαν χρήσιμο εργαλείο στον συσχετισμό και την πρόβλεψη εμφανίσεων λιγνιτών, πετρελαίου και άλλων ορυκτών πρώτων υλών.

Μια φάση λοιπόν είναι ένα περιορισμένο ως προς την επιφάνεια τμήμα μιας προσδιορισμένης στρωματογραφικής ενότητας, το οποίο έχει χαρακτήρα σημαντικά διαφορετικό από εκείνο των άλλων τμημάτων της ενότητας. Δηλαδή φάση ονομάζεται ένα «σώμα» πετρώματος με ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Όταν πρόκειται για ιζηματογενές πέτρωμα τότε αυτή ορίζεται με βάση τον χρωματισμό, την σύσταση, την στρώση, την υφή, τα απολιθώματα και τις ιζηματογενείς δομές. Η βιοφάση είναι η φάση εκείνη όπου ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο βιολογικό περιεχόμενο. Εάν τα απολιθώματα απουσιάζουν ή είναι μικρής σημασίας και έμφαση δίνεται στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του πετρώματος, τότε χρησιμοποιείται ο όρος λιθοφάση.

Με την αυξανόμενη χρήση έμμεσων μεθόδων στην περιβαλλοντική ανάλυση, κυρίως του υπεδάφους, έχουν προταθεί και άλλα είδη φάσεων, τα οποία όμως δεν ορίζονται με βάση τα κλασσικά χαρακτηριστικά του πετρώματος (π.χ. σεισμοφάση, φάση διαγραφιών κλπ).

Εκτός από τις γενικές χρήσεις του όρου «φάση» αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

1. για να αποδώσει τον τύπο του πετρώματος («φάση ψαμμίτη»).
2. για να αποδώσει τους μηχανισμούς και τις διεργασίες με τις οποίες πιστεύεται ότι ένα πέτρωμα σχηματίστηκε («φάση τουρβιδιτών»).
3. για να αποδώσει το περιβάλλον μέσα στο οποίο ένα πέτρωμα σχηματίστηκε («ποτάμια φάση»).
4. για να αποδώσει το τεκτονικό καθεστώς μιας περιοχής («τεκτονοφάση»).

Η επιλογή των χαρακτηριστικών που καθορίζουν μια φάση και η σημασία που προσδίδεται σε κάθε ένα από αυτά, αποτελεί προσωπικό-υποκειμενικό κριτήριο και έχει άμεση σχέση με το υλικό το οποίο έχει δειγματοληφθεί, το είδος της εμφανίσεως, τον διαθέσιμο χρόνο του ερευνητή και τον σκοπό της έρευνάς του. Παρόλα αυτά, μια φάση μπορεί να οριστεί αντικειμενικά, βασισμένη σε παρατηρούμενα και ίσως στατιστικώς υπολογίσιμα χαρακτηριστικά ενός πετρώματος.

Ένας ιδανικός ορισμός της ιζηματογενούς φάσεως αφορά ένα *ευκρινές πέτρωμα το οποίο σχηματίζεται κάτω από ορισμένες συνθήκες ιζηματογενέσεως, αντικατοπτρίζοντας έτσι μια συγκεκριμένη διεργασία ή ένα συγκεκριμένο περιβάλλον*. Οι φάσεις μπορούν να υποδιαιρεθούν σε υποφάσεις ή να ομαδοποιηθούν σε συγκεντρώσεις φάσεων.

Ανάλυση φάσεων είναι η ερμηνεία των στρωμάτων σε σχέση με τα αποθετικά περιβάλλοντα (ή αποθετικά συστήματα), και βασίζεται κυρίως σε ένα ευρύ φάσμα παρατηρήσεων.

ΜΟΝΤΕΛΑ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ

Τα μοντέλα φάσεων είναι σχηματικές, τρισδιάστατες αναπαραστάσεις συγκεκριμένων αποθετικών περιβαλλόντων οι οποίες χρησιμοποιούνται σαν πρότυπα για ερμηνεία και πρόβλεψη. Αυτά είναι στατικά με την έννοια ότι εστιάζουν πολύ στις αυτογενείς διεργασίες και αποθέσεις ακολουθώντας τον νόμο του Walther. Σύγχρονες **διεργασίες** πρέπει να αποτελούν τη βάση για την ερμηνεία παλαιών προϊόντων.

Μη συνεκτικοποιημένα ιζήματα (Τεταρτογενές) αποτελούν τη γέφυρα μεταξύ των σημερινών διεργασιών και των παλαιών ιζηματογενών πετρωμάτων. Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι συνήθως εύκολα στην ερμηνεία τους όσον αφορά τα αποθετικά περιβάλλοντα και έχουν μεγάλη δυνατότητα στη μελέτη των σχέσεων των φάσεων και των αλλογενών μηχανισμών.

Ο συνδυασμός μελέτης των σύγχρονων αποθετικών ιζηματογενών περιβαλλόντων και των παλαιών στρωματογραφικών ενοτήτων οδήγησε στην άποψη ότι υπάρχουν ορισμένες ενότητες περιβαλλόντων και περιβαλλοντικών παραγόντων (ενδογενείς και εξωγενείς ως προς την λεκάνη απόθεσης) που επαναλαμβάνονται κατά τη διάρκεια της γεωλογικής ιστορίας. Αυτοί οι επαναλαμβανόμενοι μηχανισμοί προκαλούν τη δημιουργία μεγάλης κλίμακας ενοτήτων φάσεων οι οποίες φαίνονται πολλές φορές στο στρωματογραφικό αρχείο. Κάθε ομάδα στρωματογραφικών ενοτήτων είναι βέβαια μοναδική αλλά οι ομοιότητες μεταξύ ορισμένων ομάδων μπορεί να είναι σημαντικά ευκρινείς για να δώσουν νόημα στην γενικευμένη άποψη των μοντέλων φάσεων. Το να αναγνωρίσουμε ότι μια συγκεκριμένη στρωματογραφική ενότητα ανήκει σε μια ομάδα ενοτήτων εξιδανικευμένη σε ένα από τα μοντέλα φάσεων απλοποιεί σημαντικά το πρόβλημα της περιβαλλοντικής ερμηνείας διότι το μοντέλο έχει προφητική αξία. Σωστή περιβαλλοντική ερμηνείας μιας ή δυο στρωματογραφικών ενοτήτων, υπονοεί την ερμηνεία πολλών άλλων ενοτήτων και προβλέπει τη δυνατή εξάπλωση και γεωμετρία αυτών.

Μια σημαντική όψη της κατανομής των φάσεων που πρέπει να ερμηνευτεί με ένα οποιοδήποτε καλό μοντέλο φάσεων είναι η κάθετη ακολουθία φάσεων. Σε πολλές στρωματογραφικές ενότητες μερικές φάσεις επαναλαμβάνονται αρκετές φορές σε μια κάθετη ακολουθία, υπονοώντας την ύπαρξη ιζηματογενών κύκλων.

Η κυκλική ιζηματογένεση αναφέρεται στην επανάληψη χαρακτηριστικών μέσα σε μια ακολουθία ιζηματογενών πετρωμάτων, τα οποία είναι οργανωμένα με μια ιδιαίτερη σειρά. Οι κύκλοι μπορεί να περιέχουν δύο ή περισσότερες επαναλαμβανόμενες ενότητες και η διευθέτηση των ενοτήτων μπορεί να είναι συμμετρική ή ασύμμετρη.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ

Συγκεντρώσεις φάσεων είναι ομάδες φάσεων οι οποίες συνυπάρχουν και συσχετίζονται μεταξύ τους είτε γενετικά είτε όσον αφορά στο περιβάλλον. Οι συγκεντρώσεις φάσεων βοηθούν στην ερμηνεία περιβαλλόντων περισσότερο από την μεμονωμένη εξέταση κάθε φάσης.

Μια ακολουθία φάσεων είναι μια σειρά φάσεων στην οποία η κάθε φάση περνά σταδιακά στην επόμενη. Η ακολουθία μπορεί να οριοθετείται στην κορυφή και στη βάση της από μια απότομη ή διαβρωσιγενή επιφάνεια ή από ένα hiatus το οποίο αντιπροσωπεύεται από την απόθεση hardground. Μια ακολουθία μπορεί να υπάρχει μόνο μια φορά ή και να επαναλαμβάνεται (κυκλική).

Στα κλαστικά περιβάλλοντα, δύο κύριοι τύποι ακολουθιών υπάρχουν (α) αυτή στην οποία το μέγεθος των κόκκων αυξάνει (θετική ακολουθία) πάνω από μια

απότομη ή διαβρωσιγενή βάση και (β) αυτή όπου το μέγεθος των κόκκων ελαττώνεται προς τα πάνω (αρνητική ακολουθία) έως ότου συναντήσει μια απότομη ή διαβρωσιγενή επιφάνεια.

Το μέγεθος των κόκκων αποτελεί ένα πολύ απλό μέτρο για τη δύναμη της ροής την ώρα της απόθεσης και συνεπώς μια θετική ακολουθία δείχνει συνήθως μια αύξηση της δύναμης της ροής.

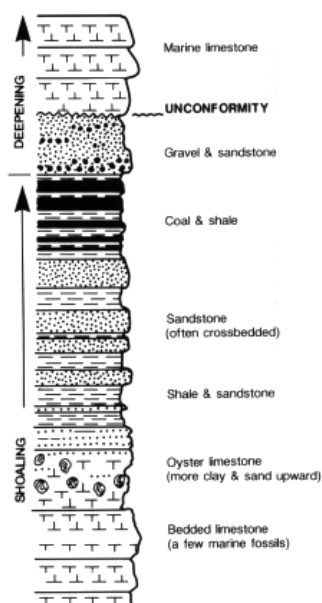
Οι ακολουθίες οφείλονται:

1. σε ιζηματολογικούς παράγοντες όπως είναι οι τοπικές αλλαγές στο περιβάλλον (π.χ. πλευρική μετατόπιση ποταμών).
2. σε εξωτερικούς παράγοντες όπως είναι οι παλινδρομήσεις της στάθμης της θάλασσας, αλλαγές κλίματος ή τεκτονικές κινήσεις, οι οποίοι επηρεάζουν την τροφοδοσία ιζήματος.

Θετικές και αρνητικές ακολουθίες μπορεί να συμβαίνουν σε διάφορες κλίμακες ακόμα και στην κλίμακα ενός μοναδικού στρώματος, όπως π.χ. τα διαβαθμισμένα τουρβιδιτικά στρώματα.

Συχνά ορισμένα τμήματα μιας ακολουθίας λείπουν. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε μη-απόθεση υλικού ή σε διάβρωση αιολική, παγετώδη, ή από ποτάμια ή από κύματα. Π.χ. οι ασβεστόλιθοι και οι εβαπορίτες διαλυτοποιούνται σχετικά εύκολα.

Η απόθεση είναι συχνά ασυνεχής, διακόπτοντας το αρχείο πετρωμάτων, και η διάβρωση μπορεί να έχει αφαιρέσει μέρος από αυτό που ήταν εκεί ήδη. Το hiatus, το χάσμα που αντιπροσωπεύεται εγκαίρως από το σπάσιμο, είναι επομένως σχεδόν πάντα μεγαλύτερο από το διάστημα της μη-απόθεσης.



Η παρακάτω ακολουθία πετρωμάτων τεκμηριώνει την πτώση και την επακόλουθη άνοδο της θάλασσας. Ξεκινάει στη βάση της, με θαλάσσιο ασβεστόλιθο που αποτέθηκε μακριά από την χέρσο αλλά σε ρηχό περιβάλλον (ύπαρξη απολιθωμάτων). Μεταβαίνει προς τα πάνω σε παράκτια άμμο και έπειτα σε λιγνιτοφόρο έλος. Ένα επεισόδιο διάβρωσης χαρακτηρίζεται από μια ασυμφωνία, επάνω στην οποία ένας άλλος θαλάσσιος ασβεστόλιθος αποτίθεται.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ

Η κατανομή των φάσεων και οι διάφορες μεταβολές στην κατανομή, εξαρτώνται από έναν αριθμό παραγόντων:

1. Ιζηματογενείς διαδικασίες
2. Τροφοδοσία ιζήματος

3. Κλίμα
4. Τεκτονική
5. Αλλαγές της στάθμης της θάλασσας
6. Βιολογική δραστηριότητα
7. Χημισμός υδάτων
8. Ηφαιστειότητα

Η σχετική σημασία αυτών των παραγόντων ποικίλει σε κάθε περιβάλλον. Οι δύο πιο κύριοι παράγοντες είναι το κλίμα και η τεκτονική. Το κλίμα είναι κρίσιμο στα ηπειρωτικά και ρηχής θάλασσας περιβάλλοντα. Δεν επηρεάζει τόσο άμεσα τις λεκάνες βαθιάς θάλασσας. Η τεκτονική είναι πιο σημαντική στα ηπειρωτικά και περιβάλλοντα βαθιάς θάλασσας. Ιζηματογενείς παράγοντες φαίνονται περισσότερο στα δελταϊκά και στα ποτάμια περιβάλλοντα.

Τα ιζήματα αποτίθενται με τη βοήθεια διαφόρων διεργασιών συμπεριλαμβανομένου του ανέμου, της ροής του νερού, παλιρροιακών ρευμάτων και ρευμάτων θυέλλης, κυμάτων, ροών ιζήματος και νερού όπως τα τουρβιδιτικά ρεύματα και οι ροές κορυμάτων, επιτόπια ανάπτυξη σκελετών ζώων σε υφάλους, άμεση διαπότιση ορυκτών όπως εβαπορίτες.

Οι διεργασίες απόθεσης αφήνουν το αρχείο τους στο ιζημα με τη μορφή ιζηματογενών δομών και υφών. Ορισμένες διεργασίες είναι τυπικές ενός περιβάλλοντος, ενώ άλλες εμφανίζονται σε πολλά περιβάλλοντα.

Ήδη αναφέρθηκε ότι τα περιβάλλοντα ορίζονται με βάση φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων και μπορεί να αποτελούν θέσεις διάβρωσης, μη-απόθεσης και ιζηματογένεσης. Το βάθος του νερού, ο βαθμός αναταραχής και η αλμυρότητα είναι σπουδαίες φυσικές ιδιότητες υποθαλασσιών περιβαλλόντων που επηρεάζουν κι ελέγχουν τους οργανισμούς που ζουν πάνω ή μέσα στο ιζημα ή σχηματίζουν ιζημα. Χημικοί παράγοντες όπως το Eh και το pH της επιφανείας και του νερού των πόρων επηρεάζουν τους οργανισμούς κι ελέγχουν τον ορυκτό διαποτισμό.

Ο τεκτονισμός έχει μεγάλη σημασία από την στιγμή που καθορίζει το καθεστώς απόθεσης εάν δηλ. αυτό αποτελεί μια σταθερή κρατονική λεκάνη ή ένα γεωσύγκλινο. Γενικά ο τεκτονισμός ερμηνεύεται με μοντέλα τεκτονικής πλακών, έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε εάν η απόθεση έλαβε χώρα σε ηπειρωτικό περιθώριο, ωκεάνιο πυθμένα ή σε τόξο. Οι βαθμοί υποβύθισης ή ανύψωσης, η σεισμική δραστηριότητα και η εμφάνιση των ηφαιστειών εξαρτώνται από τον τεκτονισμό και αντανakλάται στο αποθετιμένο ιζημα.

Αναφέραμε ότι το κλίμα είναι ένας κύριος παράγοντας στην εναέρια αποσάθρωση και διάβρωση κι έχει άμεση σχέση με την σύσταση των χερσαίων κλαστικών ιζημάτων. Το κλίμα είναι καθοδηγητικός παράγοντας για τον σχηματισμό ορισμένων λιθολογιών όπως π.χ. εβαπορίτες και ασβεστόλιθοι. Δυο άλλοι παράγοντες που ελέγχονται από το κλίμα και τον τεκτονισμό είναι η τροφοδοσία ιζήματος και η οργανική παραγωγικότητα. Η τροφοδοσία ιζήματος είναι σημαντική με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε χαμηλοί ρυθμοί τροφοδοσίας ευνοούν τον σχηματισμό ασβεστολίθων, εβαποριτών κλπ. Υψηλά επίπεδα οργανικής παραγωγικότητας είναι σπουδαία για τον σχηματισμό κερατολίθων, ασβεστολίθων, ανθράκων κλπ.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι πολλά χαρακτηριστικά μιας φάσεως αντιπροσωπεύουν διεργασίες απόθεσης και περιβάλλον. Υπάρχει ένας πεπερασμένος αριθμός περιβαλλόντων έτσι ώστε παρόμοιες φάσεις και συγκεντρώσεις φάσεων παράγονται οπουδήποτε και οποτεδήποτε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον υπήρξε στο γεωλογικό αρχείο. Από μελέτες των σύγχρονων και παλαιών ιζηματογενών περιβαλλόντων, διεργασιών και φάσεων, γενικευμένα μοντέλα φάσεων έχουν προταθεί τα οποία δείχνουν τις πλευρικές και κάθετες σχέσεις μεταξύ των φάσεων. Δηλαδή, τα μοντέλα είναι εξειδικευμένες

απλοποιήσεις οι οποίες μας βοηθούν να κατανοήσουμε τα πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα και τις διαδικασίες.

Γενικά τα μοντέλα φάσεων βασίζονται στις συγκεντρώσεις φάσεων και στην ακολουθία φάσεων παλαιών ιζηματογενών πετρωμάτων. Χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία της κατανομής των φάσεων καθώς επίσης και για την πρόβλεψη δηλ. που μπορεί να βρίσκονται ορισμένες φάσεις τις οποίες δεν μπορούμε να βρούμε.

Με λίγα λόγια τα μοντέλα φάσεων χρησιμοποιούνται σαν ένα όργανο σύγκρισης των διαφόρων περιβαλλόντων καθώς και για βοήθημα σε μελλοντικές παρατηρήσεις.

3. ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα υλικά από τα οποία αποτελούνται τα ιζήματα δεν κατανέμονται τυχαία στο χώρο, αλλά παρουσιάζουν μια εσωτερική οργάνωση, έχουν δηλαδή κάποια διάταξη ή δομή (structure).

Οι ιζηματογενείς δομές, ιδιαίτερα εκείνες που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης, παρέχουν πληροφορίες:

- Για την ερμηνεία του περιβάλλοντος απόθεσης από την άποψη των διαδικασιών, του βάθους ύδατος, της δύναμης του αέρα κ.λπ.
- Για τον καθορισμό του τρόπου διάταξης των στρωμάτων (ποιο στρώμα αποτέθηκε από πάνω) σε μια ακολουθία πετρωμάτων που έχει υποστεί έντονη και πολύπλοκη πτύχωση.
- Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη διεύθυνση των παλαιορευμάτων και την παλαιογεωγραφία.

Ιζηματογενείς δομές υπάρχουν σε διάφορες κλίμακες, από λιγότερο από 1 mm (παρατήρηση σε λεπτή τομή) μέχρι 100άδες-1000άδες μέτρα (μεγάλες επιφανειακές εμφανίσεις). Μεγαλύτερη προσοχή παραδοσιακά επικεντρώνεται στην κλίμακα του στρώματος

- Μικροδομές (π.χ. ρυτιδώσεις): Πρόκειται για μικρής κλίμακας δομές που δημιουργούνται από τις αναταράξεις του ύδατος.
- Μεσοδομές (π.χ. θίνες): Πρόκειται για μεγαλύτερης κλίμακας δομές που δημιουργούνται κυρίως από «δυναμικά γεγονότα», κυρίως πλημμύρες. Έχουν όλες παρόμοια γεωμετρία.
- Μακροδομές (π.χ. ράβδοι άμμου). Αντικατοπτρίζουν το συνολικό αποτέλεσμα πολλών δυναμικών γεγονότων που έλαβαν χώρα σε μια περίοδο δεκάδων ή και εκατοντάδων χρόνων

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΔΟΜΩΝ

Με βάση τη διάταξη των υλικών στα ιζήματα και τους παράγοντες που οδηγούν σε μια συγκεκριμένη διάταξη οι δομές ταξινομούνται αρχικώς σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη, η **ανόργανη**, προκύπτει από τη δράση φυσικών και χημικών παραγόντων και διεργασιών που δεν επηρεάζονται από τον βιόκοσμο. Η δεύτερη, η **βιογενής**, οφείλεται αποκλειστικά στη δράση του βιοκόσμου.

Ειδικότερα οι ανόργανες ιζηματογενείς δομές διακρίνονται σε **πρωτογενείς** και **δευτερογενείς**. Οι πρωτογενείς ιζηματογενείς δομές είναι εκείνες που διαμορφώνονται κατά τη διάρκεια (ή αμέσως μετά) της απόθεσης του ιζήματος και οφείλονται ως επί τω πλείστον στη δράση φυσικών παραγόντων, όπως το νερό και ο αέρας που κινούν, μεταφέρουν και τροποποιούν το ιζήμα. Οι δευτερογενείς ιζηματογενείς δομές περιλαμβάνουν τις χημικές δομές οι οποίες ανάλογα με τη χημική διεργασία που τις προκαλούν χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες.

Μια συνοπτική ταξινόμηση των ιζηματογενών δομών είναι η ακόλουθη:

- ➔ Ανόργανες Ιζηματογενείς Δομές
 - Πρωτογενείς ή Μηχανικές

- Εσωτερικές Δομές
 - Στρωματοποίηση
 - Διαβαθμισμένη Στρώση
 - Διασταυρούμενη Στρώση
- Επιφανειακές Δομές
- Βασικές Δομές
- Δευτερογενείς ή Χημικές
 - Τσιμεντοποίηση (συγκόλληση)
 - Κρυστάλλωση
 - Αντικατάσταση
 - Συσσωμάτωση
 - Διάλυση
 - Διάχυση
- Βιογενείς Ιζηματογενείς Δομές

Ειδικότερα οι Ανόργανες Ιζηματογενείς Δομές, ανάλογα με το χρόνο που σχηματίζονται, διακρίνονται σε:

- Δομές από διάβρωση (διαβρωσιγενείς ή προαποθετικές): σχηματίζονται πριν από την απόθεση των υλικών και οφείλονται καθαρά σε διεργασίες διάβρωσης.
 - Βασικές δομές
 - Flute marks
 - Scour marks
 - Καναλοειδείς δομές
 - Groove casts
- Δομές από απόθεση (συναποθετικές): σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της απόθεσης.
 - Συμπαγής στρώση
 - Ελασματοειδής στρώση
 - Διασταυρούμενη στρώση
 - Διαβαθμισμένη στρώση
 - Συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις, θίνες, αντιθίνες
- Δομές μετά την απόθεση (μεταποθετικές): σχηματίζονται μετά την απόθεση, από παράγοντες που ενεργούν πάνω στα ιζήματα.
 - Δομές βαρύτητας
 - Συνιζηματογενείς πτυχώσεις
 - Mudcracks

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Η διάταξη των υλικών σε στρώματα αποτελεί την πιο συνηθισμένη μορφή οργάνωσης στα ιζημάτα.

Ένα **στρώμα** είναι μια ιζηματολογική μονάδα που σχηματίστηκε κάτω από ομοιόμορφες και σταθερές φυσικές συνθήκες.

Σύμφωνα με το άρθρο 8 του κώδικα στρωματογραφικής ονοματολογίας ένα στρώμα είναι η μικρότερη λιθο-στρωματογραφική μονάδα που αναγνωρίζεται στην ταξινόμηση των ιζημάτων.

Το στρώμα οριοθετείται από δυο επιφάνειες, μια κατώτερη και μια ανώτερη που προσδιορίζουν το σχήμα του.

Οι οριακές αυτές επιφάνειες αντιπροσωπεύουν:

- Αλλαγή στον τρόπο ιζηματογένεσης
- Αλλαγή στη σύσταση του ιζήματος
- Αλλαγή στο μέγεθος του κόκκου

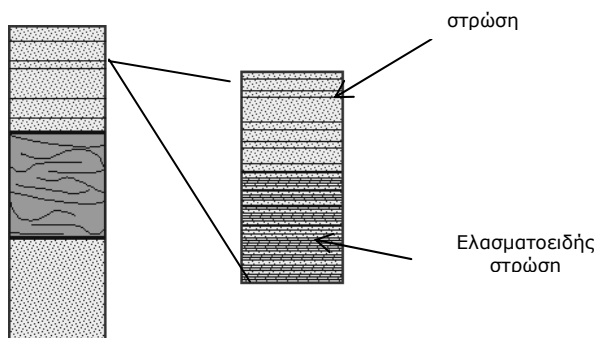
Γενικά, διαφορετικά στρώματα αντιπροσωπεύουν διαφορετική πηγή προέλευσης, διαφορετικές ιζηματογενείς διεργασίες και διαφορετικά περιβάλλοντα απόθεσης.

Ένα στρώμα μπορεί να αποτελείται από ομογενή ή ετερογενή υλικά. Τα υλικά αυτά μερικές φορές παρουσιάζουν μια διάταξη σε λεπτότερα επίπεδα που είναι γνωστά ως **στρώσεις**. Η στρώση αποτελεί το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό ενός ιζηματογενούς πετρώματος.

Μία στρώση είναι συνήθως > 1 cm. Διαφορετικά μιλάμε για ελασματοειδή στρώση όταν είναι < 1 cm.

Η στρώση έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- ☞ Ομοιομορφία στη σύσταση και στη διάταξη των υλικών
- ☞ Δεν διακρίνονται μικρότερες στρώσεις
- ☞ Περιορισμένη έκταση
- ☞ Σχηματίζεται ταχύτερα από το στρώμα που τη περικλείει



Μία στρώση μπορεί να είναι:

- ☞ Συμπαγής
- ☞ Παράλληλη
- ☞ Διαβαθμισμένη
- ☞ Διασταυρούμενη ή σταυρωτή
- ☞ Παρεμβαλλόμενη
- ☞ Φακοειδής
- ☞ Κυματοειδής

Συμπαγής Στρώση

Ουσιαστικά πρόκειται για απουσία οποιασδήποτε δομής σε ένα ιζημα που μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Σε λεπτόκοκκα ιζήματα αργίλλους, μάργες, που η απόθεσή τους γίνεται σε ένα ήρεμο-χαμηλής ενέργειας-περιβάλλον, η απουσία οποιασδήποτε δομής είναι πρωτογενής. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις η στρώση αυτή είναι αποτέλεσμα ανακρυστάλλωσης όπως συμβαίνει σε ασβεστολίθους και δολομίτες, είτε οφείλεται στην καταστροφή της αρχικής στρώσης από οργανική δράση.

Παράλληλη στρώση

Συχνά αναφέρεται ως «επίπεδη ελασματοειδής ανάπτυξη» (planar lamination).

Διακρίνεται από τις παραλλαγές στο χρώμα, στη σύσταση, στο μέγεθος κόκκου και στις επίπεδες επιφάνειες στρώσης, παράλληλες στις οριακές επιφάνειες του στρώματος.

Προκύπτει από:

- Απόθεση από υψηλής ταχύτητας ροή (πχ ζώνη παφλασμού του ύδατος μιας παραλίας)
- Απόθεση από μια στάσιμη υδάτινη μάζα με πολύ χαμηλή ταχύτητα πχ. Βάρβες, πελαγικοί ρυθμίτες.

Διαβαθμισμένη στρώση

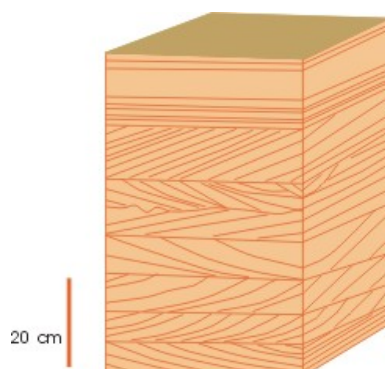
Χαρακτηρίζεται από τη βαθμιαία μείωση στο μέγεθος των κόκκων μέσα σε ένα στρώμα, από το κατώτερο προς το ανώτερο τμήμα του ή το αντίστροφο.

CLASSICAL TURBIDITE

Grain Size	Bouma (1962) Divisions	Interpretation
Mud	T _{sp} Pelite	Pelagic sedimentation
	T _{st} Massive or graded Turbidite	Fine grained, low density turbidity current deposition
Sand-Silt	T _d Upper parallel laminae	? ? ?
	T _c Ripples, wavy or convoluted laminae	Lower part of Lower Flow Regime
	T _b Plane parallel laminae	Upper Flow Regime Plane Bed
Sand (granule at base)	T _a Massive, graded	? Upper Flow Regime Rapid deposition and Quick bed (?)

Χαρακτηριστική απόθεση διαβαθμισμένης στρώσης – Ακολουθία Bouma

Διασταυρούμενη στρώση



Η διασταυρούμενη στρώση είναι ένας γενικός όρος για την εσωτερική δομή στρώματος άμμου που παράγεται με την κίνηση του αέρα ή του ύδατος. Ένα διασταυρούμενο στρώμα είναι ένα στρώμα που αποτελείται εσωτερικά από λεπτές στρώσεις με κλίση προς τη βασική επιφάνεια απόθεσης. Ένα διασταυρούμενο στρώμα διαδέχεται ένα άλλο με μια οριακή επιφάνεια διάβρωσης, ή απόθεσης ή απότομης αλλαγής.

Η Διασταυρούμενη ελασματοειδής στρώση (μικρής

κλίμακας διασταυρούμενη στρώση) δημιουργείται από τη μετανάστευση των ρυτιδώσεων.

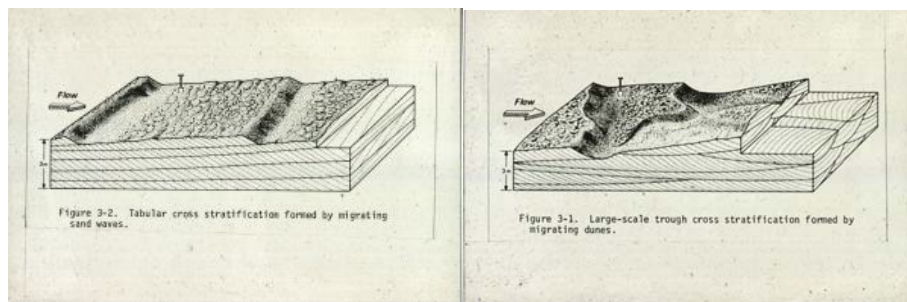
Διασταυρούμενη στρώση (μεγάλης κλίμακας) δημιουργείται από τη μετανάστευση των θινών.

Η διασταυρούμενη στρώση διατηρείται μόνο όταν το στρώμα που τη φιλοξενεί δεν διαβρώνεται εξολοκλήρου από το επόμενο στρώμα

Δύο βασικοί τύποι διασταυρούμενης στρώσης υπάρχουν:

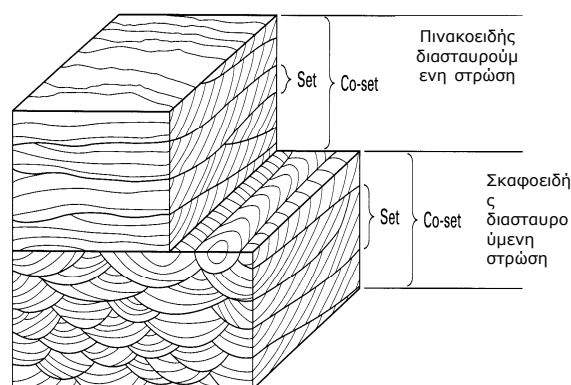
- Η *πινακοειδής* (tabular) η οποία δημιουργείται από τη μετανάστευση δισδιάστατων δομών
- Η *σκαφοειδής* (trough) η οποία δημιουργείται από τη μετανάστευση τρισδιάστατων δομών

Η πινακοειδής διασταυρούμενη στρώση αποτελείται από επίπεδα στρώματα τα οποία έχουν γωνιώδη επαφή με την βασική επιφάνεια και μια γωνία κλίσης 30° ή και παραπάνω. Η σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση έχει σχήμα μεγάλης κουτάλας, με εφαπτόμενες βάσεις και γωνία κλίσης $25-30^\circ$.



Πινακοειδής διασταυρούμενη στρώση

Σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση



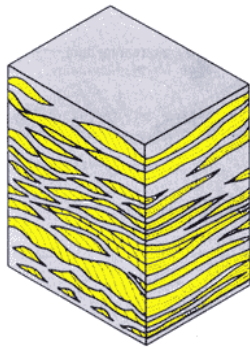
Φακοειδής, Κυματοειδής και παρεμβαλλόμενη στρώση

Φακοειδής στρώση: όταν στην κυματοειδή επιφάνεια ιζήματος που αποτελείται από αργιλικό υλικό, συγκεντρώνεται άμμος στα κοιλώματα.

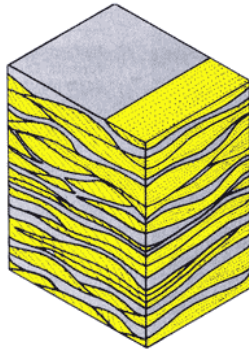
Κυματοειδής στρώση: ίση ανάμιξη μικρών φακών άμμου και αργίλου.

Παρεμβαλλόμενη στρώση: όταν σε μια κυματοειδή επιφάνεια ιζήματος που αποτελείται από άμμο, αργιλικά υλικά συγκεντρώνονται στα κοιλώματα ή πιο σπάνια στα κυρτώματα.

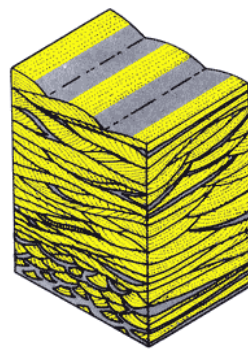
Αυτοί οι τύποι στρώσης δείχνουν ότι υπάρχει στη φύση διαθέσιμη άμμος και αργιλικό υλικό που η μεταφορά και η απόθεσή τους εξαρτάται από τους δυναμικούς παράγοντες και το περιβάλλον απόθεσης. Όταν οι συνθήκες για την απόθεση και τη διατήρηση της άμμου είναι πιο ευνοϊκές από ότι είναι για την περίπτωση των αργιλικών υλικών (μέτριας δραστηριότητας ρεύματα) τότε προκύπτει η παρεμβαλλόμενη στρώση. Στην αντίθετη περίπτωση σχηματίζεται η φακοειδής στρώσης. Αυτές οι δομές είναι χαρακτηριστικές των υποπαλιρροιακών και ενδοπαλιρροιακών περιοχών.



Φακοειδής στρώση



Κυματοειδής στρώση



Παρεμβαλλόμενη στρώση

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Πρόκειται για δομές που δημιουργούνται στην επιφάνεια του ιζηματογενούς στρώματος. Κατά την διάρκεια του σχηματισμού τους, η "επιφάνεια του στρώματος" είναι ισοδύναμη με τον πυθμένα της θάλασσας, ή τον πυθμένα μιας λίμνης ή ενός ποταμού, ανάλογα με το που σχηματίζονται.

Συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις

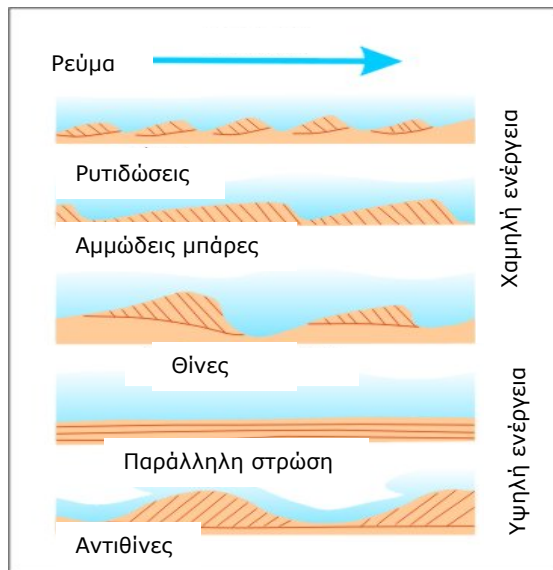
Οι συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις (ripples) είναι κυματοειδείς μορφές της επιφάνειας του ιζήματος και δημιουργούνται καθώς ο αέρας ή το νερό μετακινεί την άμμο.

Διακρίνονται σε *ασύμμετρες* και *συμμετρικές* ανάλογα με το είδος της ροής που τις προκαλεί.

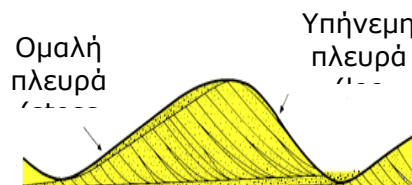
Ασύμμετρες ρυτιδώσεις

Είναι στρώσεις που προσαυξάνονται προς τη φορά του ρεύματος το οποίο έχει *μία και μοναδική διεύθυνση* (π.χ. ποτάμια). Ο σχηματισμός τους εξαρτάται από τη

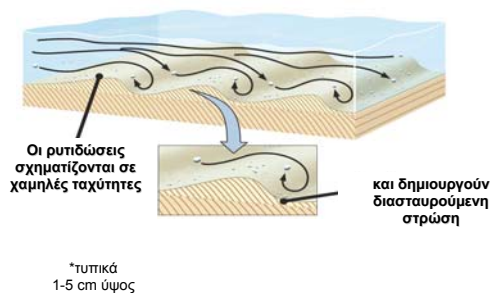
δύναμη της ροής και το μέγεθος του κόκκου. Εμφανίζονται στα ποτάμια, στα δέλτα και στην αβαθή κρηπίδα.



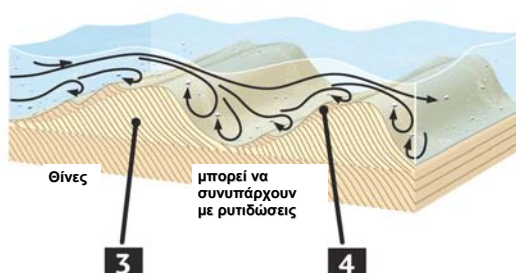
Οι συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις μεταναστεύουν κατά τη φορά του ρεύματος, όταν ίζημα διαβρώνεται από την ομαλή πλευρά (stoss side), μεταφέρεται στην κορυφή και από κει κατακυλάει στην απότομη πλευρά (lee side). Εξαιτίας αυτής της μετακίνησης του ιζήματος, οι συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις παρουσιάζουν εσωτερική δομή όπου παρατηρείται φανερή επικράτηση του πρόσθιου συνόλου ελασμάτων (lee side) σε σχέση με το κατώτατο σύνολο ελασμάτων καθώς και με το σύνολο ελασμάτων της ομαλής πλευράς.

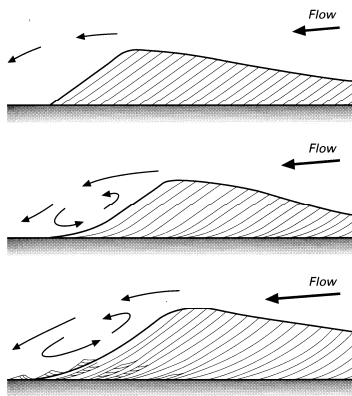


Γενικά, οι συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις αποτελούν στρώσεις που δημιουργούνται όταν επικρατούν χαμηλές ταχύτητες ρευμάτων.



Αντίθετα οι θίνες αποτελούν δομές που δημιουργούνται υπό καθεστώς υψηλών ταχυτήτων και τυπικά κυμαίνονται από 10 cm μέχρι δεκάδες μέτρα ύψος.





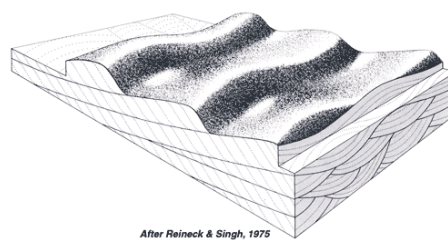
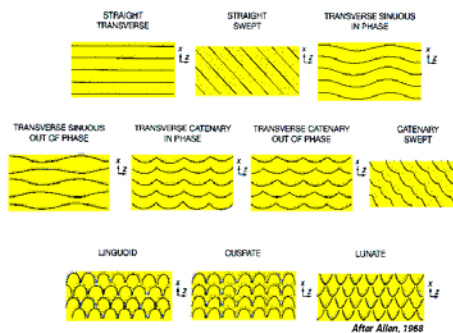
Πρέπει να σημειωθεί, όμως, ότι η δημιουργία των θινών συνδέεται άμεσα και με την ταυτόχρονη δημιουργία συνιζηματογενών ρυτιδώσεων στην υπήνεμή τους πλευρά.

Ταξινόμηση των ασύμμετρων συνιζηματογενών ρυτιδώσεων κατά Allen

Με βάση τη κλίση τους και έχοντας υπόψη το γεγονός ότι αυξάνει η πολυπλοκότητα τους όσο πιο ρηχό είναι το νερό και όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ρεύματος που τις δημιουργεί, οι συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις ταξινομούνται ως εξής:

- ➔ Ευθείες
- ➔ μαιανδρικές
- ➔ αλυσσοειδείς
- ➔ γλωσσοειδείς
- ➔ ημισεληνοειδείς

Υπάρχουν και οι κυματοειδείς ρυτιδώσεις οι οποίες αποτελούν ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ των χαμηλής ενέργειας ευθειών ρυτιδώσεων και των υψηλής ενέργειας γλωσσοειδών ρυτιδώσεων.



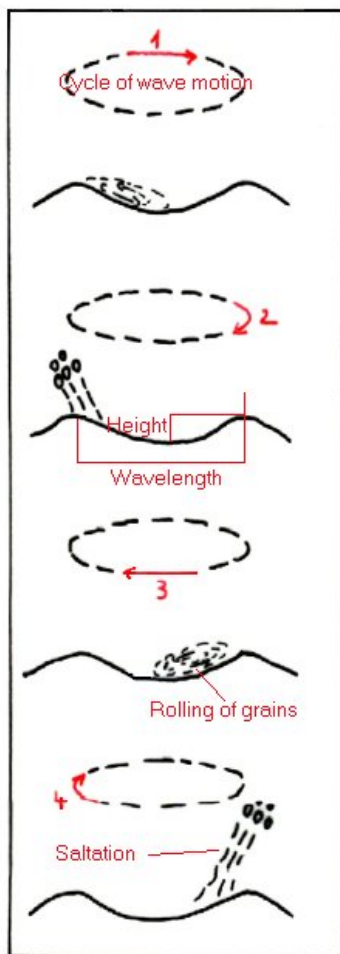
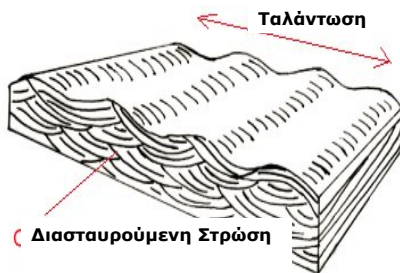
After Reineck & Singh, 1975

Κυματοειδείς ρυτιδώσεις

Ρυτιδώσεις από κύματα ή Συμμετρικές συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις (wave ripples)

Οι ρυτιδώσεις από κύματα δημιουργούνται σε αβαθές θαλάσσιο νερό και διαμορφώνονται από την ταλάντωση του ύδατος, δηλαδή από τη μετακίνηση των κυμάτων. Η μορφολογία τους είναι ουσιαστικά συμμετρική. Αυτές οι ρυτιδώσεις δημιουργούνται από την ταλάντωση ύδατος σε ιδανικές περιπτώσεις. Στην

πραγματικότητα, είναι δύσκολο να βρεθούν ιδανικές συμμετρικές ρυτιδώσεις, λόγω επίδρασης δευτερευόντων ρευμάτων.

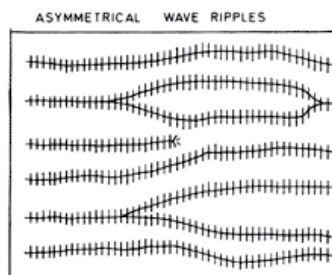


Ο σχηματισμός των ρυτιδώσεων από κύματα εξαρτάται από τη δραστηριότητα των κυμάτων, η οποία προκαλεί το κύλισμα και την αναπήδηση των κόκκων. Το μέγεθός τους ποικίλλει με τη διάσταση των κυμάτων επιφάνειας. Γενικά το μήκος κύματος ποικίλλει μεταξύ 0,009 έως 2,0 μ. Το ύψος κυμαίνεται από 0,003 και 0,25 μ. Χαρακτηρίζονται επίσης από έναν δείκτη ρυτιδώσης (μήκος κύματος/Ύψος), ο οποίος ποικίλλει μεταξύ 4 και 13.

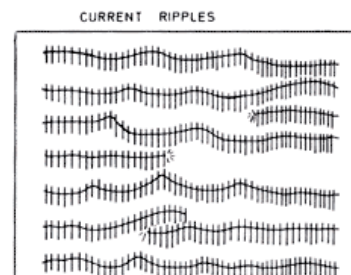
Διαφορές ασύμμετρων ρυτιδώσεων από ρεύματα και «ασύμμετρων» ρυτιδώσεων από κύματα

Συχνά οι ρυτιδώσεις από κύματα είναι συμμετρικές και συνεχείς, ενώ οι ρυτιδώσεις από ρεύματα είναι ασύμμετρες και υποδηλώνουν την επίδραση ρεύματος μιας μόνο κατεύθυνσης. Μια ασυμμετρία μπορεί να παρατηρηθεί και στις ρυτιδώσεις από κύματα όταν οι δυνάμεις της ταλάντωσης του ύδατος δεν είναι ομοιόμορφες. Αυτό οδηγεί στη διακλάδωση των κορυφών.

Σε παράκτια περιβάλλοντα, παρατηρούνται ρυτιδώσεις κύματος διαφόρων προσανατολισμών, εξαιτίας των διαφορετικών διευθύνσεων κύματος και ρεύματος.

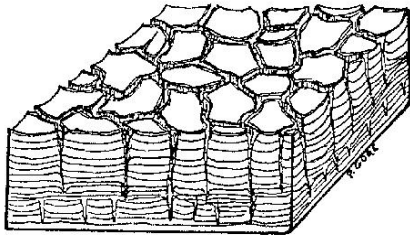


Ασύμμετρες ρυτιδώσεις από κύματα



Ασύμμετρες ρυτιδώσεις από ρεύματα

Mud Cracks-δομές ξήρανσης

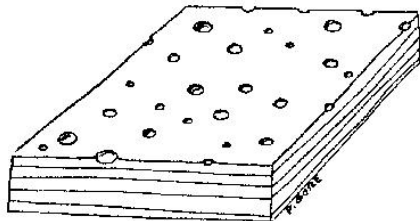


Τα Mudcracks είναι πολυγωνικές ρωγμές που δημιουργούνται στην επιφάνεια λεπτόκοκκων ιζημάτων, όπως τα αργιλικά. Η απώλεια νερού από το αργιλικό ίζημα με την εξάτμιση, το αναγκάζει να συρρικνωθεί με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρωγμών, συνήθως εξαγωνικών. Mudcracks μπορεί να δημιουργηθούν επίσης από τη δράση παγετού στη επιφάνεια του εδάφους σε περιβάλλοντα όπου επικρατεί

ψυχρό κλίμα. Χαρακτηριστικό των ρωγμών αυτών είναι ότι εσωτερικά μέσα στο ίζημα έχουν σχήμα V και μπορεί να φτάσουν σε μεγάλο βάθος. Μεταγενέστερα, οι ρωγμές αυτές πληρώνονται από ίζημα.

Τα αργιλικά πολύγωνα μεταξύ των ρωγμών μπορούν να χωριστούν αργότερα από τη μετακίνηση ύδατος, και να συμπεριφερθούν σαν ενδοκλάστες κυρίως σε ασβεστολιθικά ιζήματα.

Σταγόνες βροχής



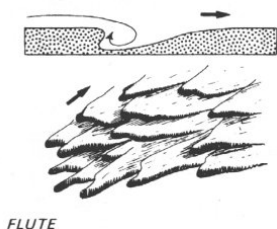
Τα ίχνη σταγόνων βροχής είναι κυκλικά κοιλώματα στην επιφάνεια ιζημάτων που παράγονται από τον αντίκτυπο των σταγόνων βροχής στη μαλακή λάσπη.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ (SOLE MARKS)

Πρόκειται για δομές που διατηρούνται στις βασικές επιφάνειες των στρωμάτων.

Προκύπτουν γενικά από την πλήρωση διαφόρων μορφών κοιλωμάτων που γίνονται στην επιφάνεια μαλακής αργίλου από τη διαβρωτική δράση ενός ρεύματος, ή από τις επιδράσεις διαφόρων αντικειμένων που μεταφέρονται από το ρεύμα. Εάν άμμος αποθεθεί αργότερα πάνω από την αργίλο, τότε θα πληρώσει αυτές τις δομές, με αποτέλεσμα αυτές να διατηρηθούν στη βάση του ψαμμίτη.

Flute marks



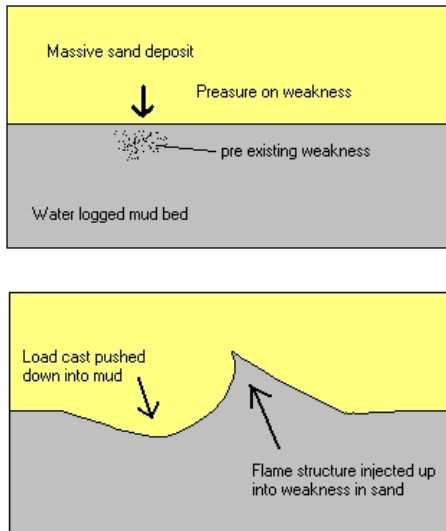
Λοβοειδής δομή η οποία αποτελείται από ένα στρογγυλεμένο, διογκωμένο άκρο το οποίο εξομαλύνεται κατά τη φορά του ρεύματος.

FLUTE

Groove casts

Πρόκειται για ευθυγραμμισμένες ράχες. Σχηματίζονται κατά μήκος ενός απολιθώματος ή ενός θραύσματος ιλύος το οποίο έχει μεταφερθεί από το ρεύμα σχηματίζοντας χαραγές στη λάσπη.

Load casts και Flame structures



Τα load casts είναι συνήθως βολβοειδείς, προς τα κάτω προεξοχές, ενός ψαμμιτικού στρώματος μέσα στο υποκείμενο ιζημα, το οποίο συνήθως είναι άργιλος. Ένα πολύ κοινό χαρακτηριστικό στοιχείο είναι η συμπίεση της άργιλου προς τα πάνω μέσα στην άμμο, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό δομών που μοιάζουν με φλόγα (flame structures). Αυτές οι δομές οφείλονται στη διαφορά πυκνότητας που υπάρχει μεταξύ της άμμου (μεγαλύτερη πυκνότητα) και της άργιλου (μικρότερη πυκνότητα), με αποτέλεσμα τη βύθιση της πρώτης μέσα στη δεύτερη.

ΆΛΛΕΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ

Δομές Εκροής (Dykes)

Πρόκειται για δομές που μοιάζουν με μικρά ηφαιστεια από άμμο ή άργιλο. Το νερό που είναι συγκεντρωμένο μέσα στα ιζήματα αναγκάζεται πολλές φορές να βγει απότομα στην επιφάνεια, επειδή ασκούνται δυνάμεις που προκαλούν γρήγορες μεταβολές στην αρχική δομή των ιζημάτων. Έτσι το νερό, με μορφή πηγής ή πίδακα αναβλύζει παρασύροντας και τα λεπτόκοκκα υλικά των ιζημάτων.

Δομές βύθισης

Η διεργασία που είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία αυτών των δομών περιλαμβάνει μια πρώτη φάση απότομης μεταφοράς υλικού πάνω σε ένα στρώμα υδροπλαστικής άργιλλου, ώστε να προκληθεί υπερφόρτωση στο στρώμα αυτό, και μια δεύτερη φάση όπου τα υλικά βυθίζονται μέσα στο υπερφορτωμένο στρώμα. Αν το υλικό που βυθίζεται πάρει σφαιρική μορφή, τότε σχηματίζονται μικρές σφαίρες από το υπερκείμενο υλικό μέσα στην υποκείμενη άργιλο.

Δομές ολίσθησης

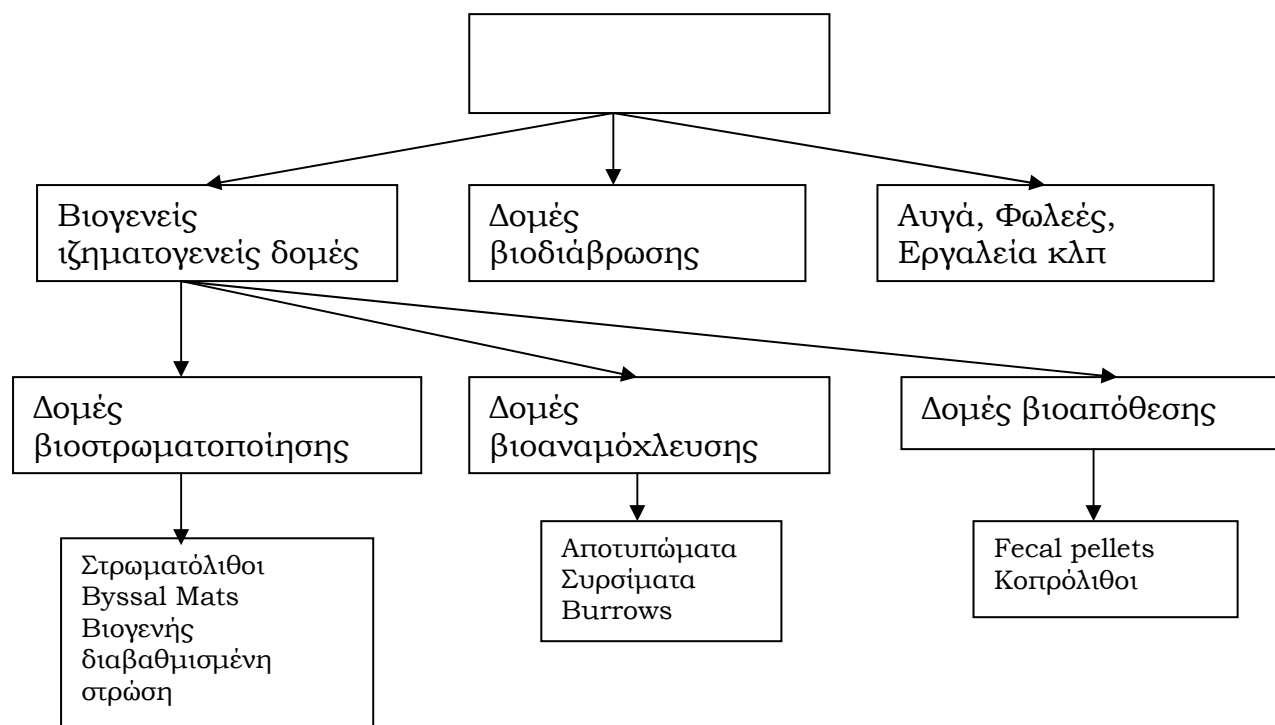
Πρόκειται για δομές που δημιουργούνται εξαιτίας φαινομένων που προκαλούν έντονη διαταραχή στα ιζηματογενή στρώματα, με αποτέλεσμα τη μετακίνησή τους-ολίσθησή τους. Οφείλονται κατά κύριο λόγο στην επίδραση της βαρύτητας. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται συνιζηματογενείς πτυχώσεις (slumpring) που δείχνουν μια πλευρική μετατόπιση κατά μια ορισμένη διεύθυνση και συνήθως συνοδεύονται από ταυτόχρονη ρηγμάτωση.

Τα φαινόμενα αυτά λαμβάνουν χώρα σε ασταθείς περιοχές που έχουν μεγάλη κλίση και γίνεται γρήγορη ιζηματογένεση. Πολλές φορές προκύπτουν χαοτικές καταστάσεις. Τέτοια φαινόμενα είναι συνηθισμένα κατά την φλυσική ιζηματογένεση.

ΒΙΟΓΕΝΕΙΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ

Οι βιογενείς ιζηματογενείς δομές είναι χαρακτηριστικά του ιζήματος που δημιουργούνται από την βιολογική δραστηριότητα. Δηλαδή δημιουργούνται από κάποιους οργανισμούς που είναι ακόμα εν ζωή και διαφέρουν από τις δομές που δημιουργούνται από τους νεκρούς οργανισμούς (π.χ. εκμαγεία).

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες βιογενών δομών:



Ορισμοί

Ιχθυολογία είναι η μελέτη των ιχνών των φυτών και των ζώων. Υπονοείται ότι τα ίχνη αυτά αντιπροσωπεύουν ένα είδος συμπεριφοράς των διαφόρων οργανισμών.

Παλαιοϊχθυολογία για απολιθωμένα ίχνη

Νεοϊχθυολογία για σύγχρονα ίχνη

Ιχθυός: σχετίζεται άμεσα με την μορφολογία του οργανισμού από το οποίο προήλθε (συνώνυμο Lebensspur).

Ιχθυοκοινωνία: περιβαλλοντικώς συσχετιζόμενα ίχνη

Ιχθυοφάση: απολιθωμένη ιχθυοκοινωνία

Ηθολογία: η μελέτη και ερμηνεία της συμπεριφοράς των οργανισμών όπως απεικονίζεται από τα ίχνη τους.

Τοπωνυμία: περιγραφή και ταξινόμηση των ιχνών με βάση τη μορφή διατήρησης και εμφάνισής τους.

Συστηματική Ταξινόμηση: ιχθυογένη και ιχθυοείδη

Χρησιμότητα των Ιχνοαπολιθωμάτων στην Ιζηματολογία

Οι ανοργάνου προελεύσεως ιζηματογενείς δομές δηλαδή αυτές που οφείλονται στην επενέργεια φυσικών δυνάμεων και ακολουθούν φυσικές διαδικασίες, αλλοιώνονται ή και καταστρέφονται από τη δράση των βενθονικών οργανισμών οι οποίοι διαβιούν επάνω ή μέσα στα ιζήματα, τα αναδεύουν ή έρπουν πάνω σε αυτά. Αυτές οι βιολογικές διαδικασίες έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ιζηματοδομών που έχουν περιγραφεί και χαρακτηριστεί ως βιοανάδευσης (bioturbation) ή βιογενείς ιζηματοδομές (biogenic sedimentary structures). Γενικά, ανάμεσα στην ιζηματογένεση και στη διαμόρφωση ιχνοαπολιθωμάτων υπάρχει μια αλληλοεπίδραση. Συχνά η ταχεία ή αργή ιζηματογένεση, η διακοπή ή επανάληψη της ιζηματογένεσης ή οι μεταβολές στις συνθήκες της ιζηματογένεσης προσδιορίζεται με τη μελέτη των ιχνοαπολιθωμάτων. Η παλαιοντοϊχνολογία όμως των θαλασσιών ιζημάτων πρέπει απαραίτητα να στηρίζεται σε λεπτομερείς γνώσεις των σχέσεων που υπάρχουν ανάμεσα στις σημερινές μορφές του βένθους και στα αντίστοιχα πρόσφατα ιζήματα.

Οι βενθονικοί οργανισμοί, ή ακριβέστερα ένα μέρος από αυτούς διαβιούν σε ένα ορισμένο βάθος, μέσα στα ιζήματα. Όταν λοιπόν συσσωρεύονται νέα ιζήματα πάνω στα σχετικώς παλαιότερα, τότε οι παραπάνω οργανισμοί προσπαθούν να ανεβούν προς τα πάνω για να φθάσουν στο ευνοϊκό γι' αυτούς βάθος διαβίωσης μέσα στα ιζήματα. Στην προσπάθεια τους αυτή δημιουργούν μικρές στοές, που χαρακτηρίζονται ως δομές διαφυγής (escape structures) και επιπλέον, μετατοπίζουν ή και κάμπτουν τα ιζηματογενή στρώματα, που βρίσκονται πάνω και κάτω από αυτές τις δομές διαφυγής και έτσι δημιουργούνται οι βιογενείς ιζηματογενείς δομές.

Επίσης η υποθαλάσσια διάβρωση αναγκάζει τις ενδοβενθονικές μορφές να μεταναστεύουν και να μετακινηθούν προς τα κάτω για να βρουν το κατάλληλο βάθος που είναι ευνοϊκό για τη διαβίωσή τους. Αυτό παρατηρείται ιδιαίτερα στα ελασματοβράγχια τα οποία δημιουργούν έτσι δομές βιοαναδέυσεως.

Εξάλλου, μερικές φορές σε εξαιρετικά συμπαγή ιζήματα έχει εξαφανιστεί η αρχική στρώση τους, λόγω έντονης βιοαναδέυσεως. Αυτό συμβαίνει ιδίως όταν η ιζηματογένεση είναι χαμηλού ρυθμού ή δεν υπάρχει ενώ, αντίθετα, η ενδοπανίδα είναι αρκετά πλούσια και επιπλέον έχει αρκετό χρόνο να επιδράσει στη διαμόρφωση ιζηματοδομών.

Γενικά, τα ιχνοαπολιθώματα και ιδιαίτερα των ενδοβενθονικών οργανισμών συμβάλλουν στην αποσαφήνιση ιζηματολογικών προβλημάτων και στην ερμηνεία των συνθηκών αποθέσεως πολλών ιζημάτων.

Τα ιχνοαπολιθώματα ως δείκτες παλαιοπεριβαλλόντων

Σχετικά με τη χρησιμότητα των ιχνοαπολιθωμάτων στη διερεύνηση, ερμηνεία και αναπαράσταση παλαιών περιβαλλόντων, πρέπει να τονισθεί ότι αυτή είναι σημαντική και έχει ιδιαίτερη σημασία για τους παρακάτω λόγους. Βέβαια, στις περισσότερες περιπτώσεις το παλαιό περιβάλλον θαλάσσιων ιζημάτων μπορεί να διερευνηθεί με τη συνδυασμένη μελέτη της λιθολογίας τους, των πρωτογενών ιζηματογενών δομών. Ως τέτοιες χαρακτηρίζουμε εκείνες που σχηματίζονται στη διάρκεια της αποθέσεως του ιζήματος, ή λίγο μετά, πάντως όμως πριν τη στερεοποίησή του, π.χ. στρώση. Αντίθετα, ονομάζουμε δευτερογενείς ιζηματογενείς δομές εκείνες που προέρχονται από τον τεκτονισμό ήδη στερεοποιημένων πετρωμάτων όπως π.χ. η σχιστοποίηση, ρήγματα, πτυχές, γωνιώδεις ασυμφωνίες κλπ. και των σωματικών απολιθωμάτων που περιέχοντα σε αυτά. Τα τελευταία όμως χρόνια διαπιστώθηκε ότι τα ιχνοαπολιθώματα και οι ιχνοκοινότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παλαιογεωγραφική έρευνα. Ο

βασικός λόγος είναι ότι ιχνοαπολιθώματα βρίσκονται στην αρχική τους θέση (in situ) και σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στα περισσότερα οργανικά απολιθώματα δεν μπορούν να μετακινηθούν, και αποτελούν θανατοκοιότητες.

Επίσης πολλά ιχνοαπολιθώματα είναι καλοί δείκτες «φάσεων».

Ο Seilacher με συγκριτικές έρευνες που πραγματοποίησε σε παγκόσμια κλίμακα, πάνω σε ιχνοκοιότητες που βρίσκονται σε θαλάσσια ιζήματα διαφορετικών ηλικιών, παρατήρησε ότι σε πολλές θέσεις απαντούν παρόμοιες ιχνοκοιότητες σε διαφορετικής ηλικίας ιζήματα. Καθεμιά τέτοια ιχνοκοιότητα ανταποκρίνεται σε ένα ειδικό κάθε φορά θαλάσσιο περιβάλλον και αποτελεί ξεχωριστή ιχνοφάση. Το περιβάλλον χαρακτηρίζεται από τη λιθολογική σύνθεση και υφή του αντίστοιχου ιζήματος κα από ωκεανογραφικούς παράγοντες όπως πχ το βάθος των υδάτων, την αλμυρότητα, την κυκλοφορία των υδάτων κλπ.

Κάθε ιχνοκοιότητα αντιστοιχεί σε μια ορισμένη και συνήθως με μικρό εύρος διακυμάνσεων σειρά ιχνοφάσεων. Οι τελευταίες δεν εμφανίζονται μόνον και δεν περιορίζονται σε ορισμένους τύπους ιζημάτων. Επιπλέον, συνήθίζεται να χαρακτηρίζεται με το όνομα του πιο χαρακτηριστικού ιχνοαπολιθώματος, που η καθεμιά από αυτές περιέχει.

Μέχρι στιγμής έχουν διακριθεί εννέα ιχνοφάσεις. Αυτές είναι (σύμφωνα με τους Pemberton et al., 1992):

- Trypanites – λιθοποιημένα θαλάσσια υποστρώματα.
 - *Entobia*
 - *Gastrochaenolites*
 - Trypanites
- Teredolites – θαλάσσια ή περιθωριακά θαλάσσια δασώδη υποστρώματα.
 - Teredolites
- Scoyenia – μη θαλάσσια υποστρώματα. Συνήθως απαντά σε ερυθρόχρα στρώματα.
 - *Ancorichnus*
 - Cruziana
 - Scoyenia
 - Skolithos
- Skolithos – παράκτια. Συνδέεται με γρήγορο ρυθμό ιζηματογένεσης, υψηλής ενέργειας, αβαθή θαλάσσια υποστρώματα.
 - Diplocraterion
 - Monocraterion
 - Ophiomorpha
 - Skolithos
- Cruziana – ανταποκρίνεται στα βαθύτερα τμήματα των αβαθών υδάτων, τα κάτω από την πραγματική παράκτια ζώνη, χαμηλής ενέργειας, περιπαράκτια θαλάσσια υποστρώματα.
 - Arenicolites
 - *Aulichnites*
 - Cruziana
 - Planolites

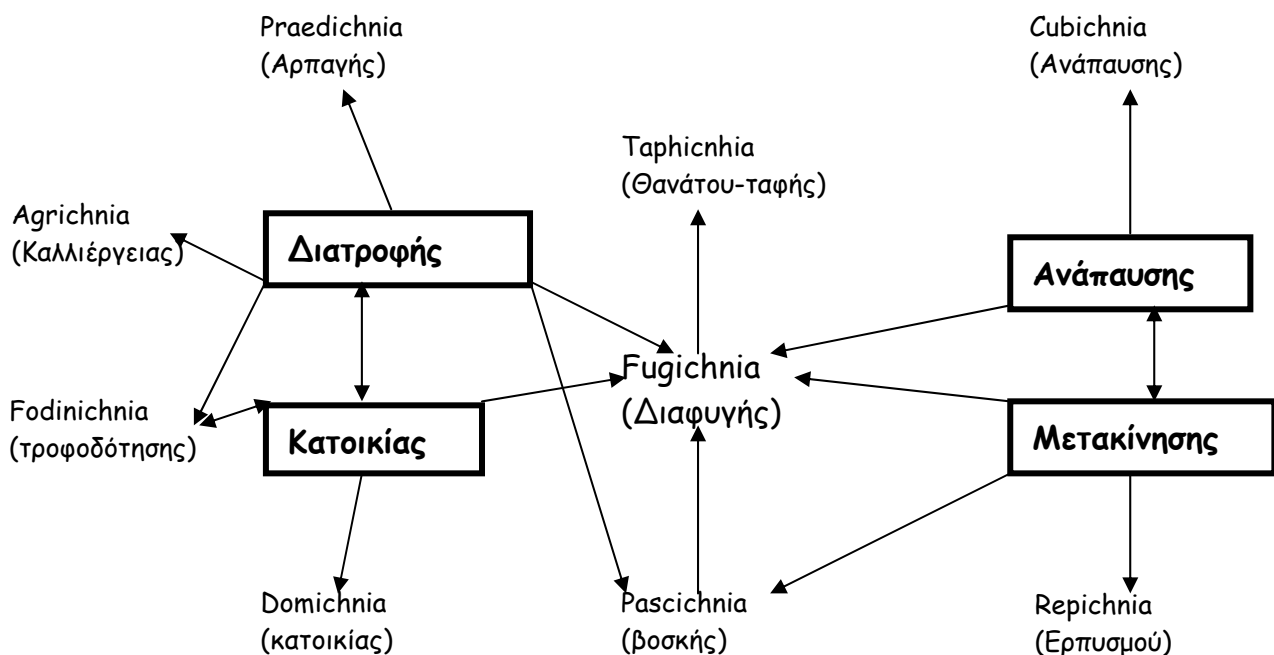
- Teichichnus
- Thalassinoides
- Glossifungites – παράκτια, σταθερά (αλλά μη λιθοποιημένα) θαλάσσια υποστρώματα. Οι επιφάνειες διαβρώσεως περιορίζονται στα επίπεδα στρώσεως.
 - *Gastrochaenolites*
 - Psilonichnus
 - Rhizocorallium
 - Thalassinoides
- Psilonichnus – υπερπαράκτια, μέσης έως χαμηλής ενέργειας.
 - Psilonichnus
 - *Macanopsis*
- Zoophycos – αντιπροσωπεύει μεταβατική φάση από την περιπαράκτια στην βαθύαλη ζώνη, χαμηλής ενέργειας, θαλάσσια υποστρώματα.
 - Psycosiphon
 - *Spirophyton*
 - Zoophycos
- Nereites – βαθύαλη έως αβυσσική ζώνη, χαμηλής ενέργειας, θαλάσσια υποστρώματα, απαντά σε πελαγικά ιζήματα και σε τουρβιδίτες.
 - *Cosmoraphe*
 - *Lorenzina*
 - Nereites
 - Paleodictyon

Ηθολογική Ταξινόμηση κατά Seilacher

Μια ταξινόμηση σύμφωνη με τις ηθολογικές αρχές, η οποία προτάθηκε από τον Seilacher βασίστηκε πάνω στο γεγονός ότι διαφορετικές ομάδες ζώων, με παρόμοιες συνήθειες ή πρότυπα συμπεριφοράς παράγουν ίχνη με ίδιους βασικούς χαρακτήρες ακόμη και αν τα ίδια τα ζώα έχουν εντελώς διαφορετικά σχήματα σώματος.

Εργαζόμενος πάνω στα κοινά βασικά χαρακτηριστικά ο Seilacher διέκρινε ηθολογικές ομάδες:

Ανάλογα με τη συμπεριφορά που αντιπροσωπεύουν, οι βιογενείς δομές διακρίνονται σε:



Ιχνη κατοικίσεως (domichnia), ίχνη τροφής (fodinichnia), ίχνη βοσκής ή περιπλανήσεως (pascichnia), ίχνη αναπαύσεως (cubichnia) και ίχνη ερπυσμού (repichnia).

Για καθεμιά από αυτές τις ομάδες τα τυπικά χαρακτηριστικά είναι τα ακόλουθα:

1. Domichnia: Απλά ή U – σχήματος υπόγειες οπές, ή σύστημα από οπές με οριζόντια και κατακόρυφα μέρη, ή οικήματα – σήραγγες κάθετες ή λοξές ως προς την επιφάνεια. Περισσότερο ή λιγότερο μόνιμες κατοικίες, περισσότερο για ημιπροσκολημένα ζώα. Diplocratarion, Skilithos, Thalassinoides.
2. Fodinichnia: ποικιλόμορφες υπόγειες οπές και σύστημα από υπόγειες οπές με διάφορες γωνίες κλίσεως. Προσωρινά χρησιμοποιούμενες (λίγο ή πολύ) από ημιπροσκολημένα ζώα, που ζουν κάτω από την στάθμη της θάλασσας ή κάτω από το υπόστρωμα του βυθού και τις χρησιμοποιούν ταυτόχρονα ως κατοικίες ή για υπόγειο κυνήγι. Chondrites, Dactyliodites.
3. Pascichnia: υψηλές, ελικοειδείς ταινίες ή αυλάκια που δεν κόβουν το ένα το άλλο, με έντονη χρησιμοποίηση της επιφάνειας, ωφέλιμα για να βόσκουν ή για να τρέφονται τα ζώα, κοινά αποτελέσματα στην επιφάνεια σαν ελιγμοί ή ψηφιδωτό. Helminthoidea.
4. Cubichnia: απομονωμένες, ρηχές καταπτώσεις σαν σκάφη, εξωτερικές γραμμές ανταποκρινόμενες πρόχειρα στα σχήματα των δημιουργών τους. Κοινά διευθετημένες, παράλληλες ή μια στην άλλη σαν αποτέλεσμα προσανατολισμού στα ρεύματα. Κατακόρυφες και οριζόντιες με πιθανή επανάληψη. Rusorhycus, Asteriacites.
5. Repichnia: Αυλακώσεις, ίχνη ερπυσμού, ίχνη και ρηχά τούνελ ερπυσμού διαφόρων κατευθύνσεων, επιμήκη ή ελικοειδή, διακλαδισμένα ή όχι λεία ή ανάγλυφα. Cruziana, Diplichnites.

Η ταξινόμηση του Seilacher έχει το πλεονέκτημα του να ομαδοποιεί ηθολογικά ίδιες συναθροίσεις από βιοδηλωτικά ίχνη.

Ερωτήματα σχετικά με την ταυτότητα των δημιουργών μπορούν αν παραληφθούν με τη ταξινόμηση αυτή, αφού σπάνια μπορούν να απαντηθούν με σαφήνεια, βάσει των μορφολογικών κριτηρίων. Οι χαρακτηρισμοί των ομάδων δεν εξαρτώνται απαραίτητα από τον χρόνο. Για παράδειγμα η συνάθροιση Cubichnia είναι εξίσου έγκυρη για τα εκλιπόντα αρθρόποδα του Παλαιοζωικού (Τριλοβίτες) όπως και για τα σημερινά αρθρόποδα τα οποία έχουν ένα αντίστοιχο τρόπο ζωής.

Ταξινόμηση διατήρησης

Χρησιμοποιεί την σχέση του ίχνους με την ιζηματογενή επιφάνεια.

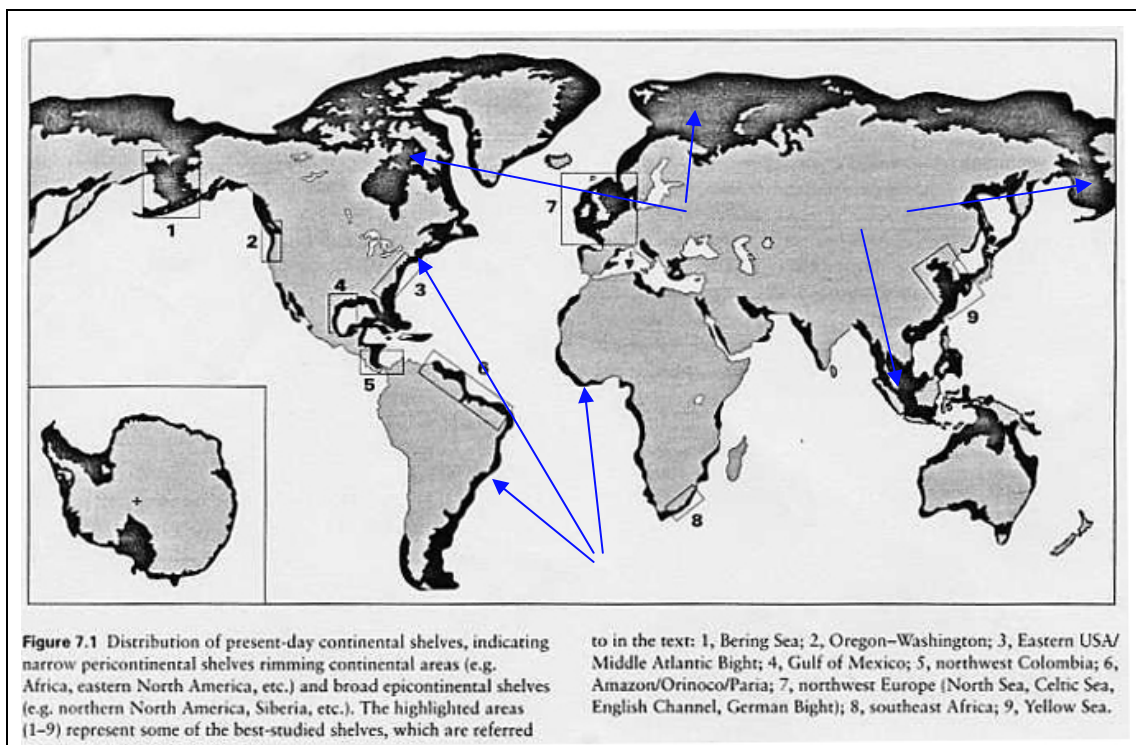
Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο τα ίχνη μπορεί να είναι εξωγενή (στην επιφάνεια του ιζήματος) ή ενδογενή (μέσα στο ίδιο το ίζημα).

Τα ίχνη μπορεί να βρεθούν με πλήρες ανάγλυφο (με τα όρια των κυκλικών ιχνών να καθορίζονται σαφώς μέσα στο ίζημα) ή με μισό ανάγλυφο, είτε στην πάνω επιφάνεια (epirelief), είτε στην κατώτερη επιφάνεια (hyporelief) του ιζηματογενούς στρώματος.

4. ΚΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΥΦΑΛΟΚΡΗΠΙΔΑΣ

Τα αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα περιλαμβάνουν τις **περι-ηπειρωτικές θάλασσες** που εμφανίζονται κατά μήκος των ηπειρωτικών περιθωρίων και αποτελούνται από την ακτογραμμή-την ηπειρωτική κρηπίδα και την ηπειρωτική κατωφέρεια και τις **επι-ηπειρωτικές θάλασσες** που καλύπτουν το ηπειρωτικό εσωτερικό και παρουσιάζουν μια μορφολογία κεκλιμένου επιπέδου (ράμπας).

Υπό ιδανικές συνθήκες, η μετάβαση προς την ανοικτή θάλασσα παρουσιάζει μια συστηματική μείωση στην ενέργεια (κυμάτων) και στο μέγεθος των κόκκων του ιζήματος που μεταφέρεται, εντούτοις, μία τέτοια κρηπίδα ισορροπίας συνήθως δεν αντιμετωπίζεται.



ΑΚΤΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

Οι περιοχές όπου θαλάσσιο και χερσαίο περιβάλλον έρχονται σε επαφή, οι ακτές, είναι οι πιο δυναμικές από όλες τις ηπειρωτικές περιοχές.

Ακτή είναι η παραθαλάσσια ζώνη που εκτείνεται από τη χαμηλότερη ρηχία έως και την υψηλότερη στάθμη της ξηράς που επηρεάζεται από κύματα. Η παράκτια ζώνη εκτείνεται πέραν της ακτής προς το εσωτερικό της ξηράς και χαρακτηρίζει τη ζώνη στην οποία είναι σαφής η επίδραση της θάλασσας.

Παράγοντες που επιδρούν στην ιζηματογένεση των ακτών

Οι παράγοντες που επιδρούν στην ιζηματογένεση των ακτών είναι οι ακόλουθοι:

- Τεκτονικό καθεστώς
 - Στάθμη της θάλασσας
 - Ανάγλυφο
 - Τεκτονικές κινήσεις
- Υδρογραφικό καθεστώς
 - Κύματα
 - Παλίρροιες
 - Θύελλες
- Παροχή ιζήματος

Ταξινόμηση ακτών

Κατά τον Sheppard (1963, 1973), οι ακτές διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς:

Πρωτογενείς ακτές

Είναι οι ακτές των οποίων η διαμόρφωση τους οφείλεται σε μη θαλάσσιες διεργασίες όπως αποθέσεις ιζημάτων μέσω ποταμών, παγετώνων ή ανέμου), ηφαιστειακή δράση (συμπεριλαμβανομένων και των ρών λάβας) και κατακόρυφες κινήσεις της ξηράς (λόγω σεισμών ή άλλης τεκτονικής δράσης).

Δευτερογενείς ακτές

Είναι οι ακτές που προέρχονται από τον μετασχηματισμό των πρωτογενών ακτών από θαλάσσιες φυσικές ή βιολογικές διεργασίες, όπως διάβρωση (μέσω κυμάτων, ρευμάτων ή της δράσης του θαλάσσιου νερού), ιζηματοπόθεση (μέσω κυμάτων, ρευμάτων ή της παλίρροιας) και τις δραστηριότητες φυτικών και ζωικών οργανισμών.

Επιπλέον, ο Davies (1964) με βάση το υδρογραφικό καθεστώς (εύρος παλίρροιας) δημιουργεί την ακόλουθη ταξινόμηση:

- Μικροπαλιρροιακές ακτές (εύρος παλίρροιας <2m) (υψηλής ενέργειας)
- Μεσοπαλιρροιακές ακτές (εύρος παλίρροιας 2-4m)
- Μακροπαλιρροιακές ακτές (εύρος παλίρροιας >4m) (χαμηλής ενέργειας)
- Βασικές υποθέσεις (δεν ισχύουν πάντοτε)
 - Μικροπαλιρροιακές ακτές= δέχονται την επίδραση των κυμάτων (wave-dominated)
 - Μεσοπαλιρροιακές ακτές= Μικτής ενέργειας ακτές (επίδραση κύματος και παλίρροιας).
 - Μακροπαλιρροιακές ακτές= δέχονται την επίδραση της παλίρροιας (tide-dominated)

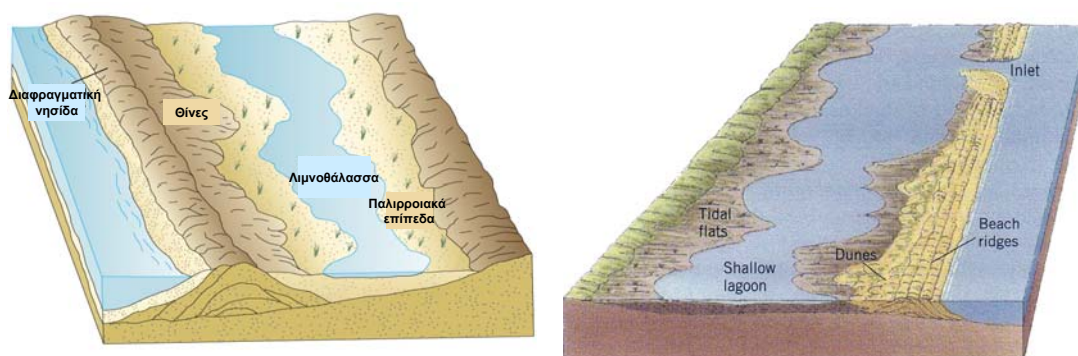
Γενικά, οι παλίρροιες είναι υπεύθυνες για τη κάθετη προς την ακτή μεταφορά ιζημάτων ενώ η παράκτια μεταφορά εξαιτίας της επίδρασης των κυμάτων κινεί και

ανακατανέμει το ίζημα παράλληλα στην ακτή. Σε αυτήν την περίπτωση δημιουργούνται οι **διαφραγματικές νησίδες** οι οποίες αποτελούν παράλληλα προς την ακτή χαρακτηριστικά γνωρίσματα που δημιουργήθηκαν από την επίδραση κύματος.

Στις μικροπαλιρροιακές ακτές, οι διαφραγματικές νησίδες έχουν μεγάλο μήκος (δεκάδες χιλιόμετρα) ενώ οι παλιρροιακές εισόδους (tidal inlets) είναι ελάχιστες και με μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Αντίθετα, στις μεσοπαλιρροιακές ακτές οι παλιρροιακές εισόδους είναι πιο άφθονες εξαιτίας της αυξημένης παλιρροιακής ενέργειας. Η μεγάλη ποσότητα ιζήματος που μεταφέρεται μέσω της παλιρροιακής εισόδου, αποτίθεται και στην εσωτερική πλευρά της διαφραγματικής νησίδας και στην πλευρά της ακτής. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία παλιρροιακών επιπέδων (tidal flats) τα οποία σταδιακά εξελίσσονται σε ελώδεις περιοχές.

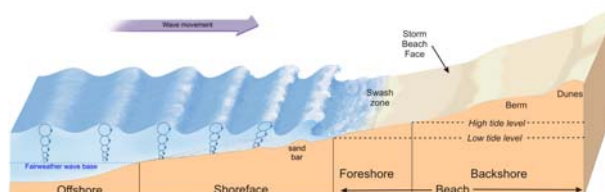
Σε ένα μακροπαλιρροιακό περιβάλλον, η παράκτια μεταφορά ιζήματος είναι ελάχιστη με αποτέλεσμα να είναι και μικρή η δυνατότητα να διατηρηθούν οι αμμώδεις διαφραγματικές νησίδες. Ευρέα λασπώδη παλιρροιακά επίπεδα καταλαμβάνουν τα περιθώρια των μακροπαλιρροιακών περιβαλλόντων.

Αν και χρήσιμη, η ανωτέρω ταξινόμηση είναι κάπως περιορισμένη και υποκειμενικής φύσης επειδή η σχετική σημασία της ενέργειας κυμάτων συμπεραίνεται και δεν ποσολογείται.



ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ

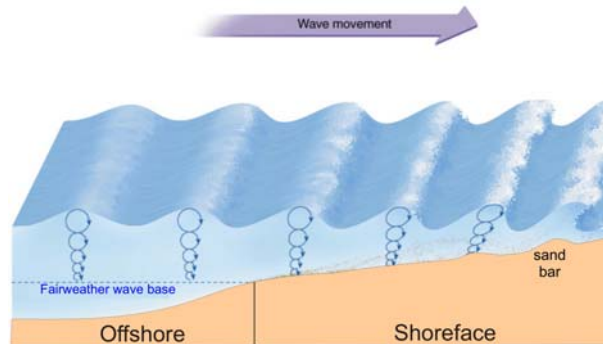
Μια παραλία είναι μέρος ενός παράκτιου συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει διάφορες ζώνες που καθορίζονται από την εγγύτητά τους στην ακτή και τις κυρίαρχες διαδικασίες που εμφανίζονται μέσα σε αυτές.



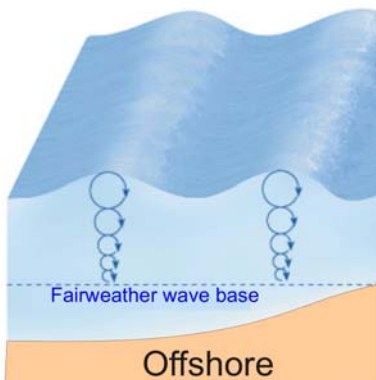
Ζώνη μακριά από την ακτή (offshore) και Μέτωπο ακτής (shoreface)

Η ζώνη μακριά από την ακτή (offshore) και το μέτωπο της ακτής (shoreface) ενός παράκτιου συστήματος καταδύονται μόνιμα μέσα στο νερό, κάτω από το σημείο της χαμηλής παλίρροιας.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό γνώρισμα που χωρίζει την ζώνη μακριά από την ακτή από τη ζώνη του μετώπου της ακτής είναι η «fairweather» βάση κυμάτων - το βάθος στο οποίο το νερό επηρεάζεται από τη μετακίνηση κυμάτων υπό κανονικές καιρικές συνθήκες.



Ζώνη μακριά από την ακτή



Η ζώνη αυτή βρίσκεται κάτω από τη βάση κυμάτων fairweather και είναι επομένως απρόσβλητη από τα κανονικά κύματα.

Λαμβάνει μόνο λεπτόκοκκο ιζημα που κατακάθεται ύστερα από αιώρηση (αλλά μπορεί να λάβει και πιο αδρομερές κοκκώδες ιζημα κατά τη διάρκεια των θυελλών, όταν χαμηλώνει το επίπεδο της βάσης κυμάτων).

Η ζώνη του μετώπου της ακτής (κατώτερο τμήμα)

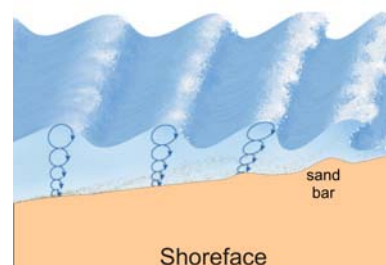
Η ζώνη του μετώπου της ακτής βρίσκεται επάνω από τη βάση κυμάτων fairweather και επηρεάζεται συνεχώς από τα κανονικά κύματα.

Η ομαλή κλίση του κατώτερου τμήματος της ζώνης του μετώπου της ακτής προκύπτει από την εξομάλυνση του ιζήματος που συνδέεται με την παλινδρομική κίνηση των κυμάτων.

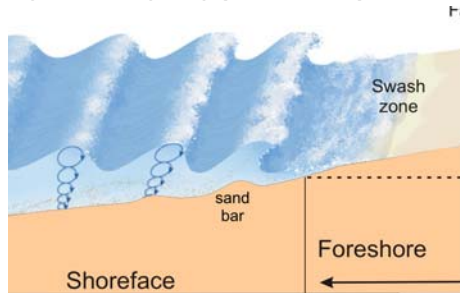
Κοντά στην κορυφή της ζώνης του μετώπου της ακτής, η βάση ενός κύματος επιβραδύνεται λόγω της τριβής με το βυθό

Το κύμα ουσιαστικά διασπάται, και χάνει ένα μεγάλο μέρος της ενέργειάς του.

Λόγω της απώλειας ενέργειας, ένα μέρος ιζήματος αποτίθεται δημιουργώντας αμμώδεις μπάρες.



Προάκτια ζώνη (foreshore)



Μόλις το κύμα σπάσει, το νερό κινείται σαν ένα στρώμα προς την ξηρά σαν παφλασμός, και γυρνάει πίσω προς τη θάλασσα ως παλίνδρομο κύμα. Η στενή περιοχή στην οποία αυτό εμφανίζεται καλείται ζώνη παφλασμού.

Η θέση της ζώνης παφλασμού μετατοπίζεται λόγω της αύξησης και πτώσης της στάθμης ύδατος, που συνδέεται με τις παλίρροιες.

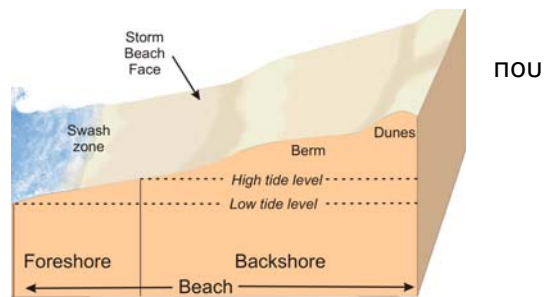
Η περιοχή που επηρεάζεται από τη ζώνη παφλασμού σε καθημερινή βάση καλείται προάκτια ζώνη «foreshore» (μεταξύ των χαμηλών και υψηλών επιπέδων παλίρροιας)

Καθώς η ροή του παφλασμού επιβραδύνει (και σταματά τελικά), ένα μέρος του ιζήματος που φέρεται από το νερό μπορεί να αποθεθεί.

Αλλά ένα μεγάλο μέρος του ιζήματος επιστρέφει πίσω στο μέτωπο της ακτής λόγω της παλινδρόμησης του κύματος.

Οπισθοαιγιαλός (backshore)

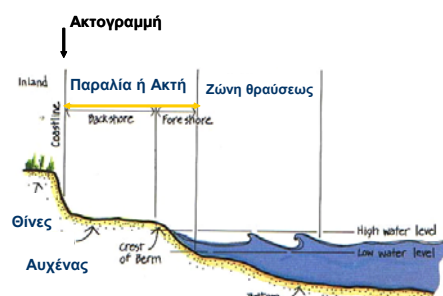
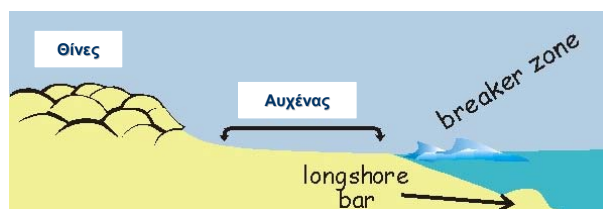
Πίσω από την προάκτια ζώνη (foreshore) υπάρχει ο οπισθοαιγιαλός (backshore), χαρακτηρίζεται από θίνες. Οι θίνες κατασκευάζονται από ιζήματα που μεταφέρεται μέσω του ανέμου από το εμπρόσθιο μέρος της ακτής ή και από αλλού.



Το ιζήμα μπορεί επίσης να μεταφερθεί στην περιοχή του οπισθοαιγιαλού κατά τη διάρκεια των θυελλών, όταν μεγάλα κύματα μπορούν να φθάσουν μέσα στην ξηρά σε μεγάλη απόσταση.

Αυχένας (berm): Το περίπου οριζόντιο χερσαίο τμήμα της παραλίας που σχηματίζεται με τη συσσώρευση υλικών από τα κύματα, ακριβώς πίσω από το μέτωπο και παράλληλα προς αυτό, με συγκεντρική κυρίως μορφή.

Μερικές παραλίες δεν έχουν αυχένα, άλλες παρουσιάζουν ένα ή περισσότερους.



Οι αμμοθίνες ή θίνες είναι μικροί λόφοι από άμμο που συναντώνται κυρίως στις παράκτιες περιοχές, αποτελούν σημαντικό οικότοπο και δημιουργήθηκαν από τις διεργασίες της διάβρωσης και της απόθεσης της άμμου στην παράκτια ζώνη. Έτσι, η άμμος της ακτής που παρασύρεται από τον άνεμο αντικαθίσταται φυσιολογικά από την άμμο που κύματα και ρεύματα φέρνουν στην παραλία. Η άμμος αυτή προέρχεται και μεταφέρεται από τη λεκάνη απορροής των ποταμών ή και από ιζήματα διαβρωμένων βράχων ή και υποθαλάσσιων συσσωρεύσεων άμμου.

Από που προέρχεται το ιζημα μιας παραλίας;

Δεν είναι όλες οι ακτές όμοιες. Μερικές ακτές εξουσιάζονται από απόθεση (όπως συμβαίνει στις αμμόδεις παραλίες), ενώ άλλες εξουσιάζονται από τη διάβρωση.

Οι ακτές που χαρακτηρίζονται από εκτεθειμένα πετρώματα και ισχυρή δραστηριότητα κυμάτων είναι σημαντικοί προμηθευτές του ιζήματος των παραλιών.

Τα ορυκτά του ιζήματος μιας παραλίας που προέρχονται συνήθως από τα διαβρωμένα πετρώματα που βρίσκονται κατά μήκος της ακτής, αντιστοιχούν με εκείνα των πετρωμάτων της μητρικής πηγής.

Αλλά το περισσότερο ιζημα που παρέχεται στις παραλίες κατά μήκος των ηπειρωτικών ακτών μεταφέρεται στην ακτή από τους ποταμούς.

Όταν ένας ποταμός εισχωρεί σ' ένα μεγάλο σώμα ύδατος (π.χ. ωκεανός), η ροή του μειώνεται γρήγορα, με συνέπεια την απόθεση του ιζήματος στις εκβολές ποταμού.

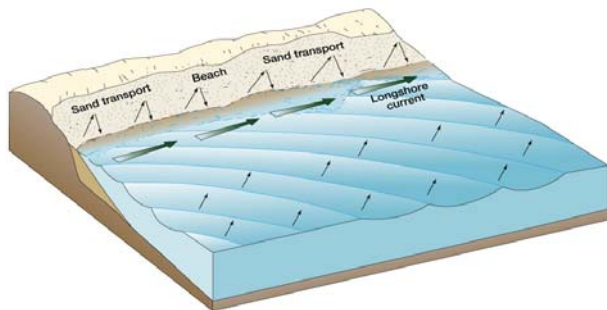
Η προκύπτουσα απόθεση ιζημάτων αποτελεί ένα δέλτα.

Εάν η δράση των κυμάτων είναι ισχυρή, το ιζημα που αποτίθεται σε εκβολές ποταμού μπορεί να μεταφερθεί κατά μήκος της ακτής αντί να διαμορφώσει ένα καθορισμένο με σαφήνεια δέλτα.

Παράλληλο με την ακτή κυματογενές ρεύμα (longshore drift)

Τα περισσότερα κύματα κινούνται προς την ακτή σε μια μικρή γωνία. Συνεπώς, η θραύση των κυμάτων προκαλεί καθαρή μετατόπιση του νερού, το οποίο κινείται κατά τρόπο ζιγκ-ζαγκ.

Το παράλληλο με την ακτή κυματογενές ρεύμα ρέει μόνο μέσα στη ζώνη θραύσεως

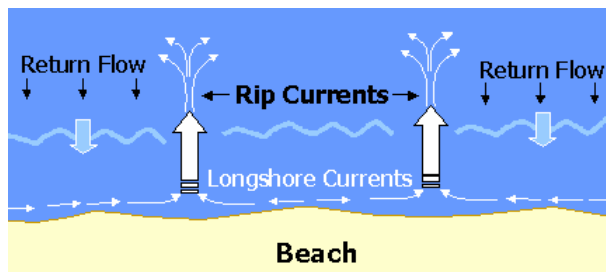


των κυμάτων και μεταφέρει σημαντικές ποσότητες άμμου.

Η μετακίνηση του ιζήματος του μετώπου της ακτής εξαιτίας αυτού του ρεύματος, ονομάζεται παράλληλη με την ακτή μετατόπιση (longshore drift).

Κυματογενές ρεύμα Επιστροφής - Rip Currents

Μερικές φορές τα παράλληλα με την ακτογραμμή ρεύματα συγκλίνουν. Στις περιπτώσεις αυτές το νερό επιστρέφει ως μεγάλης ταχύτητας και μικρού πλάτους κυματογενές ρεύμα επιστροφής.

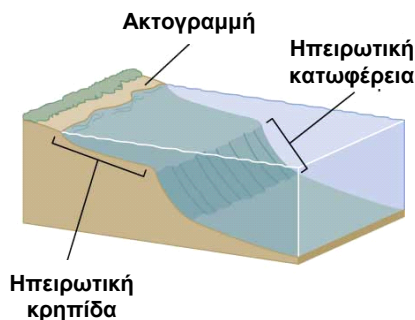


Τα ρεύματα αυτά είναι επικίνδυνα και υπήρξαν υπεύθυνα για τη ζωή πολλών κολυμβητών, οι οποίοι έχασαν την ψυχραιμία τους, όταν διαπίστωσαν ότι παρασύρονται εξαιτίας τους, μακριά από την ακτή. Τα ρεύματα επιστροφής έχουν πάντα μικρό πλάτος και εύκολα τα διασχίζει κανείς κολυμπώντας παράλληλα με την ακτογραμμή.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΥΦΑΛΟΚΡΗΠΙΔΑΣ

Μετά την ακτή, η πρώτη βυθισμένη περιοχή ονομάζεται ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα. Κλαστικό ίζημα το οποίο δημιουργεί την υφαλοκρηπίδα θα πρέπει πρώτα να περάσει από τις ποικίλες παγίδες ιζήματος που υπάρχουν κοντά στην ακτή, όπως εκβολές ποταμών, κόλποι, λιμνοθάλασσες, δέλτα και παλιρροιακά επίπεδα. Από την στιγμή που το ίζημα συγκεντρώνεται στην κρηπίδα, ένα σύμπλεγμα διεργασιών όπως παλίρροια, κύματα, ωκεάνια ρεύματα, ρεύματα πυκνότητας, διασκορπίζουν το ίζημα, επιτρέποντας σε ένα ποσοστό να δραπετεύσει από το όριο της κρηπίδας στις πιο βαθιές ωκεάνιες λεκάνες.

Η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα εκτείνεται από την ρηχή, παράκτια θάλασσα (10 μέτρα βάθος) μέχρι το υφαλόριο, το ακρότατο προς τη θάλασσα όριο της υφαλοκρηπίδας, που οριοθετεί την απότομη αύξηση της κλίσης και σηματοδοτεί την αρχή της ηπειρωτικής κατωφέρειας. Το βάθος του ορίου της κρηπίδας (20-550 μέτρα) και το πλάτος της ποικίλουν πολύ, εξαρτώμενα κυρίως από το τεκτονικό καθεστώς της γύρω περιοχής. Ετσι, κρηπίδες Ατλαντικού τύπου (παθητικών) ηπειρωτικών περιθωρίων τείνουν να είναι πολύ πιο εκτεταμένες από εκείνες των Ειρηνικών περιθωρίων.

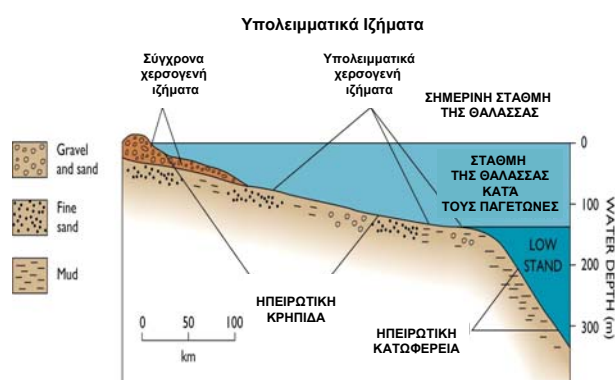


Precision Graphics

Η σχετικά ομαλή κλίση των περισσότερων κρηπιδών δηλώνει ότι αυτές υπόκεινται στις έντονες επιδράσεις των ρευμάτων, δέχονται την απόθεση ιζημάτων και είναι επιρρεπείς σε διεργασίες υποβύθισης. Αυτή η τελευταία διεργασία είναι ιδιαίτερα σημαντική από την στιγμή που γεωφυσικές έρευνες φανερώνουν ότι οι περισσότερες κρηπίδες υπόκεινται σημαντικά παχίων ιζηματογενών ακολουθιών οι οποίες συνήθως κείτονται σε ρηξιγενείς λεκάνες. Τα περισσότερα από αυτά τα ιζηματογενή πετρώματα τα οποία χαρακτηρίζουν το περιβάλλον κρηπίδας, αποτέθηκαν σε αρκετά ρηχά νερά και δείχνουν ότι οι κρηπίδες είναι ευάλωτες σε συνεχείς ομαλές υποβυθίσεις.

Οι γεωλογικές παράμετροι που επιδρούν στην ιζηματογένεση των ηπειρωτικών κρηπιδών εξετάζονται με βάση το χρονικό πλαίσιο που αυτές επιδρούν. Έτσι:

- Για ένα χρονικό πλαίσιο μέχρι 1000 έτη, τα κύματα, τα ρεύματα και οι παλίρροιες ελέγχουν την ιζηματογένεση.
- Για ένα χρονικό πλαίσιο μέχρι 1.000.000 έτη, η πτώση της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας των παγετώνων, ελέγχει την ιζηματογένεση και αναγκάζει τους ποταμούς να αποθέσουν τα ιζήματά τους στα περιθώρια των κρηπιδών και στο ανώτερο τμήμα της ηπειρωτικής κατωφέρειας.
- Για ένα χρονικό πλαίσιο μέχρι 100.000.000 έτη, η τεκτονική πλακών καθορίζει τον τύπο περιθωρίου της πλάκας, και ελέγχει την ιζηματογένεση.



Ταξινόμηση ηπειρωτικών υφαλοκρηπιδών

Υπάρχουν δύο ειδών κρηπιδών, ανάλογα με τη διεργασία που επιδρά: 1) κρηπίδες που δέχονται την επίδραση της παλίρροιας και 2) κρηπίδες που δέχονται την επίδραση των κυμάτων.

Κρηπίδες που δέχονται την επίδραση της παλίρροιας

Η κατανομή του μεγέθους του κόκκου σε μια παλιρροιακή κρηπίδα είναι σύνθετη. Υπάρχει πάντα μια γενική τάση για ελάττωση του μεγέθους του κόκκου από χονδρόκοκκη άμμο σε ιλύ. Αυτή η τάση οφείλεται στην εξασθένιση της ενέργειας του παλιρροιακού ρεύματος.

Σε βάθος 20-100 μέτρα, και πάνω από ένα χαλικώδες υπόστρωμα σχηματίζονται λωρίδες άμμου (sand ribbons) οι οποίες στην κορυφή τους έχουν ένα διάσπαρτο κάλυμμα από χονδρόκοκκη άμμο. Αυτές οφείλουν την παρουσία τους σε παλιρροιακά ρεύματα τα οποία έχουν ταχύτητα πάνω από 1 m/sec.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό το οποίο παρατηρείται κατά μήκος των υψηλής παλιρροιακής ενέργειας περιοχών (όπου η μεταφορά ιζήματος είναι μεγάλη), είναι ο σχηματισμός μεγάλων αμμοθινών (sandwaves), ύψους 3-15 μέτρα και μήκους

έως 0,6 km. Αυτές οι θίνες απουσιάζουν εκεί που η ενέργεια των κυμάτων είναι μεγάλη. Λίγα είναι γνωστά για την εσωτερική δομή αυτών των θινών αλλά είναι πιθανόν να αποτελούνται από μεγάλης κλίμακας διασταυρούμενη στρώση σε εναλλαγές με μικρότερης κλίμακας και αντίθετης διεύθυνσης διασταυρούμενη στρώση. Στο απώτερο άκρο των παλιρροιακών ρευμάτων μεταφοράς ιζήματος υπάρχουν απομονωμένες συγκεντρώσεις άμμου και μικρές θίνες με πολυάριθμες συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις και στοιχεία βιοανάδευσης που καταλήγουν σε απόθεση ιλύος.

Η βιοαναδευμένη ιλύς χαρακτηρίζεται από πλούσια ενδοπανίδα (διαβιεί μέσα στο ιζημα) και εμφανίζεται σε σχετικά βαθιές περιοχές χαμηλής ενέργειας κυμάτων και υψηλού ρυθμού απόθεσης με τη διεργασία της αιώρησης. Οι αποθέσεις αυτές συχνά περιέχουν λεπτά στρώματα διαβαθμισμένης άμμου καθώς και στρώματα κελυφών τα οποία οφείλονται σε ρεύματα πυκνότητας (εάν δύο υγρά διαφορετικών πυκνοτήτων έρχονται σε επαφή, τότε το πυκνότερο υγρό βυθίζεται κάτω από το λιγότερο πυκνό υγρό και ρέει κατά μήκος του πυθμένα. Αυτό είναι ένα ρεύμα πυκνότητας), εξαιτίας θυέλλης, τα οποία μπορούν να μεταφέρουν ενδοπαλιρροιακές άμμους και πανίδα μέχρι και απόσταση 40 km.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό των παλιρροιακών κρηπίδων είναι οι πολυάριθμες παράλληλες, μεγάλης κλίμακας ραβδώσεις οι οποίες σχηματίζονται από κελυφώδη καλά ταξιθετημένη άμμο και είναι ασύμμετρες με απότομες πλευρές.

Κρηπίδες που δέχονται την επίδραση των κυμάτων

Οι κρηπίδες που δέχονται την επίδραση των κυμάτων εμφανίζουν γενικά μια ελάττωση του μεγέθους του κόκκου προς την πλευρά της θάλασσας. Τα λεπτόκοκκα ιζήματα χαρακτηρίζονται από συνιζηματογενείς συμμετρικές ρυτιδώσεις που σχηματίζονται σε βάθος μέχρι 200 μέτρα. Κατά τη διάρκεια κατάπαυσης των ανέμων, burrows (φωλεές), τα οποία είναι δομές διαφυγής που δημιουργούνται από έγκλειστους οργανισμούς, καταστρέφουν τα λεπτά στρώματα που οφείλονται στα ρεύματα θυέλλης.

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΡΗΧΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Στα αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα οι πιο σπουδαίες μεταβλητές είναι:

1. αλμυρότητα
2. θερμοκρασία
3. διαλυμένο οξυγόνο
4. χαρακτηριστικά υποστρώματος
5. υδραυλικές συνθήκες
6. βάθος νερού

Αυτές οι μεταβλητές επιτρέπουν να ξεχωρίσουμε τρεις ομάδες περιβαλλοντικών-διαγνωστικών κριτηρίων:

1. βιολογικά
2. ορυκτολογικά
3. ιζηματολογικά

Βιολογικά κριτήρια

Ασπόνδυλα απολιθώματα και ιχνοαπολιθώματα είναι το βασικότερο κριτήριο για την αναγνώριση αβαθών θαλασσίων περιβάλλοντων.

Τα ασπόνδυλα είναι το πιο αξιόπιστο μέσο για να διακρίνουμε τα θαλάσσια περιβάλλοντα από τα περιβάλλοντα γλυκών υδάτων, διότι εξαρτώνται κυρίως από την αλμυρότητα και τις μεταβλητές της.

Το περιβάλλον της υφαλοκρηπίδας χαρακτηρίζεται από στενόαλα είδη. Στις απολιθωμένες συγκεντρώσεις περιλαμβάνονται κοράλλια, κεφαλόποδα, αρθρωτά βραχιονόποδα, εχινόδερμα, βρυόζωα και ορισμένα ασβεστολιθικά τρηματοφόρα.

Παλαιοοικολογική ανάλυση των θαλασσίων βενθονικών πανίδων και των σχέσεων τους με το υπόβαθρο, δίνει πληροφορίες για τα παλαιοβιολογικά όρια. Οι βενθονικές πανίδες διατηρούνται μέσα ή κοντά στην κατοικία τους εν ζωή και παρουσιάζουν πολύ μικρή μεταθανάτια μεταφορά. Σε αυτήν την περίπτωση η ανασύσταση των βενθονικών κοινοτήτων δίνει πολλές πληροφορίες για παράγοντες όπως το βάθος, ο ρυθμός ιζηματογένεσης, η φύση του υποστρώματος, ο βαθμός διαγένεσης κλπ.

Ιχνοαπολιθώματα που χαρακτηρίζουν κυρίως τα περιβάλλοντα υφαλοκρηπίδας, δείχνουν δραστηριότητες οργανισμών που τρέφονται από συστατικά που βρίσκονται εν αιωρήσει ενώ σε πιο βαθιά νερά ή σε χαμηλότερης ενέργειας περιβάλλοντα η αναλογία των ιζηματοφάγων οργανισμών αυξάνει. Το γεγονός αυτό αποτελεί και τη βάση της δημιουργίας βαθυμετρικής ζώνωσης των κοινοτήτων των ιχνοαπολιθωμάτων όπως πχ. φάση που χαρακτηρίζεται από το ιχνοαπολιθώμα *Cruziana* χαρακτηρίζει περιβάλλον υφαλοκρηπίδας ή γενικότερα υψηλής ενέργειας περιβάλλοντα.

Γενικά, το βάθος του ύδατος είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που ελέγχουν τη βιογενή δραστηριότητα. Η διαθεσιμότητα τροφικών στοιχείων που είναι σε μεγάλο βαθμό ανεξάρτητη της βαθυμετρίας αποτελεί επίσης έναν σημαντικό παράγοντα.

Ορυκτολογικά κριτήρια

Μερικά αυθιγενή ορυκτά περιορίζονται στα θαλάσσια περιβάλλοντα και μπορούν έτσι να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες των θαλασσίων ιζημάτων. Στα ρηχής θάλασσας περιβάλλοντα, τα πιο χαρακτηριστικά αυθιγενή ορυκτά είναι τα ορυκτά του σιδήρου, όπως ο γλαυκονίτης, χαμοσίτης καθώς και τα φωσφορικά.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΡΗΧΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Μεταβολές των βιολογικών, ορυκτολογικών και ιζηματολογικών χαρακτηριστικών οδηγεί σε ένα σύμπλεγμα φάσεων ρηχής θάλασσας. Γενικά, αυτά τα περιβάλλοντα ταξινομούνται με βάση τον συνδυασμό λιθοφάσεων που παρουσιάζουν και των διεργασιών απόθεσής τους.

Τρεις μεγάλες ομάδες λιθοφάσεων αναγνωρίζονται, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες φυσικής ενέργειας και τις μεταβολές στη τροφοδοσία ιζήματος καθώς και στη διαθεσιμότητα τροφικών στοιχείων. Αυτές είναι:

1. αμμώδεις αποθέσεις (90-100% άμμος)
2. μικτές αμμώδεις και ιλυώδεις αποθέσεις (ετερολιθικές, 20-90% άμμος)
3. ιλυώδεις αποθέσεις.

Οι διεργασίες απόθεσης διακρίνονται σε:

1. διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια ήρεμων καιρικών συνθηκών (fairweather), και περιλαμβάνουν ρεύματα παλίρροιας, ωκεάνια ρεύματα καθώς και κύματα.
2. διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια θυέλλης και περιλαμβάνουν ρεύματα που προέρχονται από τον άνεμο, υψηλής ενέργειας κύματα παλινδρόμησης.

Με βάση αυτές τις διεργασίες οι οποίες αποτελούν τα δύο ακραία μέλη μιας σειράς σύνθετων διεργασιών διακρίνουμε τις εξής φάσεις:

1. παλίρροιακές
2. φάσεις που επηρεάζονται από κύματα
3. φάσεις θυέλλης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αναστασάκης, Γ.Κ., 1994. Ειδικά Κεφάλαια Παράκτιας Γεωλογίας. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Δερμιτζάκης, Μ.Δ. & Λέκκας, Σ., 1982. Διερευνώντας τη Γη, Εισαγωγή στη Γενική Γεωλογία. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Δερμιτζάκης, Μ.Δ. σε συνεργασία με Θεοδώρου, Γ., 1994. Γλωσσάριο Γεωλογικών Εννοιών. Εκδόσεις Μαυρομάτης.
- Θεοδώρου, Α., 2004. Ωκεανογραφία, Εισαγωγή στο Θαλάσσιο Περιβάλλον. Εκδόσεις Σταμούλη.
- Ψιλοβίκος, Α., 1984. Μαθήματα Ιζηματολογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Allen, J.R.L., 1968. Current ripples. North Holland, Amsterdam.
- Collinson, J.D. & Thompson, D.B., 1984. Sedimentary structures. George Allen & Unwin, London.
- Haslett, S.K., 2003. Coastal Systems. Taylor & Francis Group, New York.
- Reading, H.G., 1996. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Science.
- Walker, R.G. & James, N.P., 1992. Facies Models: Response to Sea Level Change. Geol. Ass. Can. St. John's, Newfoundland.