



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ

Ευθύμιος Καρύμπαλης (Αναπληρωτής Καθηγητής)
Ιωάννης Μ. Τσόδουλος

ΚΑΛΛΙΘΕΑ 2016

Γενικά

Η μορφολογία του ανάγλυφου των ηπειρωτικών (χερσαίων) περιοχών του πλανήτη σε μια μεγάλη έκταση έχει διαμορφωθεί από τη δράση του τρεχούμενου νερού. Η μορφολογία αυτή που οφείλεται στο ρέον νερό ονομάζεται ποτάμια μορφολογία. Οι διεργασίες που δημιουργούν το ανάγλυφο αυτό και σχετίζονται με τη επιφανειακή απορροή ονομάζονται ποτάμιες διεργασίες. Οι κύριες ποτάμιες διεργασίες είναι η διάβρωση, η μεταφορά και η απόθεση. Οι γεωμορφές που προκύπτουν από τη δράση των ποτάμιων διεργασιών ονομάζονται ποτάμιες γεωμορφές και διακρίνονται σε γεωμορφές διάβρωσης και απόθεσης ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους.

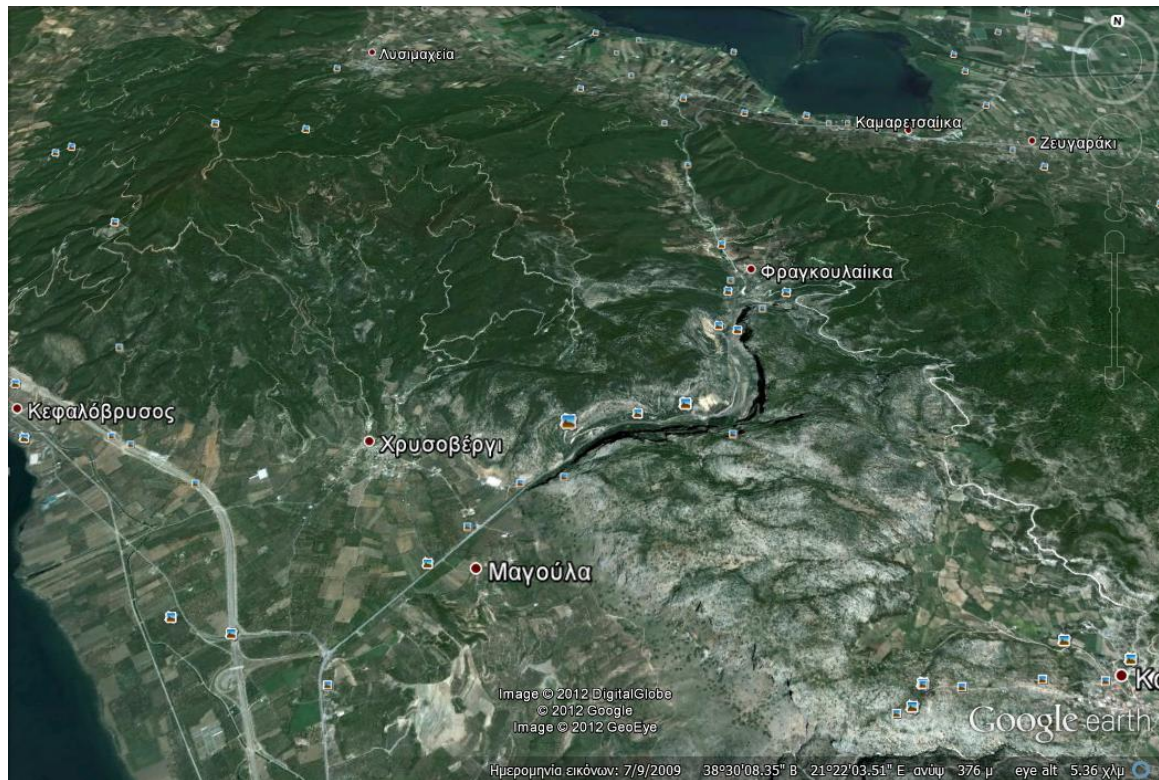
Η επιστήμη που μελετά τις ποτάμιες διεργασίες και τα αποτελέσματα αυτών, τις ποτάμιες δηλαδή γεωμορφές, ονομάζεται Ποτάμια Γεωμορφολογία.

Ποτάμια περιβάλλοντα

Τα ποτάμια περιβάλλοντα κυριαρχούνται από το ρέον νερό. Τέτοια περιβάλλοντα βρίσκονται σχεδόν παντού εκτός από τις ψυχρές περιοχές όπου κυριαρχεί ο πάγος και τις πολύ ξηρές – άνυδρες περιοχές όπου κύριος παράγοντας διάβρωσης είναι ο άνεμος. Όμως στις ξηρές και ημι-ξηρές περιοχές οι ποτάμιες διεργασίες μπορεί να παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των γεωμορφών. Για παράδειγμα οι αιφνίδιες πλημμύρες μπορούν να δημιουργήσουν σε σύντομο χρονικό διάστημα αλλουβιακά ριπίδια ή να υπερχειλίσουν στην επιφάνεια των ερήμων. Στο παρελθόν, ποτάμια έρεαν κάποτε σε πολλές περιοχές όπου σήμερα δεν υπάρχει μόνιμη ροή σε κοίτες. Στην παρακάτω εικόνα από το google earth φαίνεται η κοιλάδα της Κλεισούρας στο νομό Αιτωλοακαρνανίας όπου έχει διαμορφωθεί ένα φαράγγι και σήμερα δεν υπάρχει μόνιμη ροή εντός αυτού. Προφανώς το φαράγγι δημιουργήθηκε από ποτάμιες διεργασίες (διάβρωση) ενός μεγάλου ποταμού που στο παρελθόν διέρρεε την περιοχή και οι μετέπειτα διεργασίες (κυρίως τεκτονικές) το εξέτρεψαν από την αρχική του διεύθυνση ροής.

Το νερό ρέει στις πλαγιές των λόφων σαν μη συγκεντρωμένη επιφανειακή ροή (overland flow) και κινείται βίαια διανοίγοντας μικρές χαραδρώσεις – ρέματα (gullies) και κοίτες ποταμών ως συγκεντρωμένη ροή σε κοίτες (stream flow).

Η κύρια διάκριση μεταξύ μη συγκεντρωμένης και συγκεντρωμένης ροής είναι η παραγωγή επιφανειακής απορροής. Η επιφανειακή απορροή είναι ένα στοιχείο της ισορροπίας ύδατος στην επιφάνεια της γης. Εν συντομία, η επιφανειακή απορροή είναι η διαφορά μεταξύ των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και των ρυθμών



Εικόνα google earth όπου φαίνεται η κοιλάδα – φαράγγι της Κλεισούρας στην Αιτωλοακαρνανία.



Η κοιλάδα – φαράγγι της Κλεισούρας στην Αιτωλοακαρνανία.

εξατμισοδιαπνοής, με την παραδοχή ότι το αποθηκευμένο νερό του εδάφους παραμένει περίπου σταθερό. Γενικά, τα ποτάμια περιβάλλοντα κυριαρχούν σε περιοχές όπου για πάνω από ένα έτος τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα ξεπερνούν το νερό που χάνεται λόγω εξατμισοδιαπνοής και το θερμοκρασιακό καθεστώς δεν ευνοεί τον σχηματισμό πάγου και την μόνιμη παγοκάλυψη. Οι συνθήκες αυτές υπάρχουν σε ένα μεγάλο τμήμα την επιφάνειας της γης. Οι μικρότερες ετήσιες τιμές επιφανειακής απορροής, μικρότερες από 50 mm συμβαίνουν στις ερήμους. Στις περιοχές με υγρό κλίμα καθώς και στις ορεινές γενικά περιοχές παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές επιφανειακής απορροής, πάνω από 1000 mm κατά θέσεις και έχουν τις υψηλότερες τιμές ποτάμιων παροχών.

Η επιφανειακή απορροή δεν παράγεται ισοκατανεμημένα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Οι εποχιακές μεταβολές στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και την εξάτμιση παράγουν συγκεκριμένα σχηματοποιημένα σχέδια επιφανειακής απορροής που αντανακλώνονται στην συγκεντρωμένη ποτάμια ροή (streamflow). Η συγκεντρωμένη ποτάμια ροή (streamflow) τείνει να είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια των υγρών εποχών. Το καθεστώς ενός ποταμού – δίαυτα – καθορίζεται από τις μεταβολές της συγκεντρωμένης σε κοίτες ροής (streamflow) κατά τη διάρκεια ενός έτους. Κάθε κλιματικός τύπος ευνοεί ένα συγκεκριμένο σαφές ποτάμιο καθεστώς. Στα μουσωνικά κλίματα για παράδειγμα η παροχή των ποταμών μεταβάλλεται από υψηλή σε χαμηλή με την μετάβαση από την υγρή περίοδο του έτους στην ξηρή εποχή. Τα υγρά κλίματα διατηρούν ροή σε όλη τη διάρκεια του έτους σε ρεύματα μόνιμης ροής (perennial streams). Μερικοί κλιματικοί τύποι δεν ευνοούν την ύπαρξη ποτάμιας ροής σε όλη τη διάρκεια του έτους. Τα ρεύματα διαλείπουσας ροής (intermittent streams) ρέουν για τουλάχιστον ένα μήνα το χρόνο όταν παράγεται αρκετή επιφανειακή απορροή. Τα ρεύματα εφήμερης ροής (ephemeral streams) που είναι χαρακτηριστικά των ξηρών περιβαλλόντων, ρέουν μετά από περιστασιακές καταιγίδες αλλά συνήθως είναι ξηρά το υπόλοιπο διάστημα του έτους.

Η δράση του νερού

Η διάβρωση από το νερό της επιφανειακής απορροής περιλαμβάνει δύο κύρια στάδια:

- την αποκόλληση των κόκκων του εδάφους και
- τη επακόλουθη μεταφορά τους.

Οι παράγοντες που ευθύνονται για τη διάβρωση των χαλαρών σχηματισμών της επιφάνειας (όπως των εδαφών) είναι οι βροχοσταγόνες και το ρέον νερό.

Η διάβρωση λόγω βροχοσταγόνων συντελείται μέσω της πρόσκρουσης της σταγόνας στο έδαφος και της αναταραχής που προκαλείται στα σωματίδια του εδάφους. Η διάβρωση του ρέοντος νερού αφορά τη μεταφορά χαλαρού υλικού (το οποίο έχει αποκολληθεί από τη δράση των βροχοσταγόνων) από το νερό. Το νερό ρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους είτε ακανόνιστα με τη μορφή μανδύα, είτε σε καθορισμένες κοίτες με τη μορφή μικρών παράλληλων μεταξύ τους αυλακιών – ρυακιών. Ο κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες διάβρωσης υπακούει στους δικούς του κανόνες.

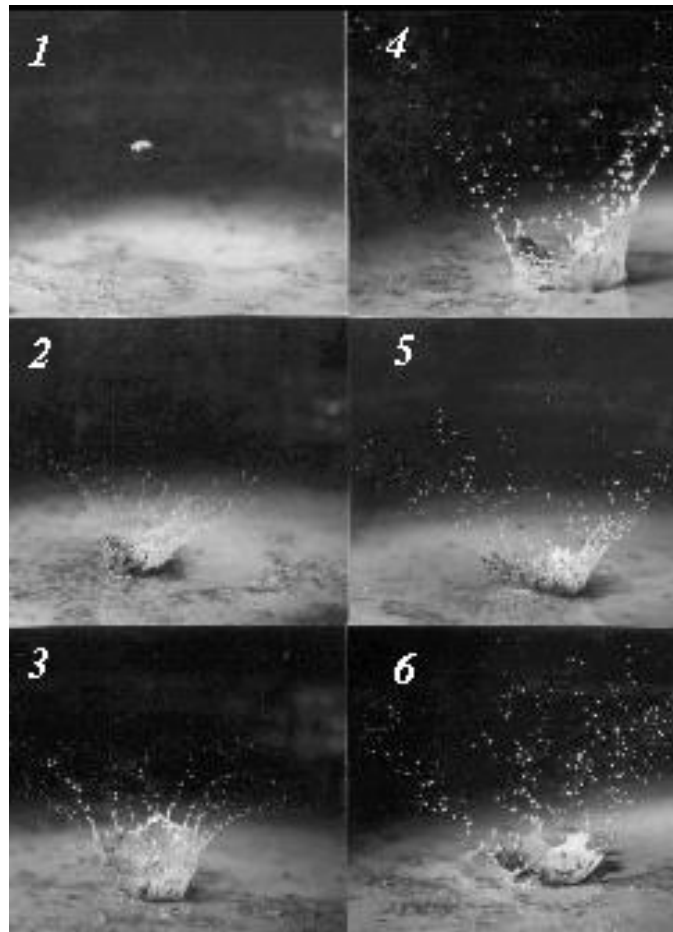
Η φύση της διάβρωσης του εδάφους εξαρτάται από την ισορροπία μεταξύ της ικανότητας διάβρωσης (διαβρωσιμότητας) των σταγόνων και του τρεχούμενου νερού, με την ανθεκτικότητα σε διάβρωση του εδάφους – χαλαρού σχηματισμού (διαβρωσιμότητα). Οι παράγοντες αυτοί βρίσκονται σε συνάρτηση ο ένας με τον άλλο.

Η δράση της βροχοσταγόνας

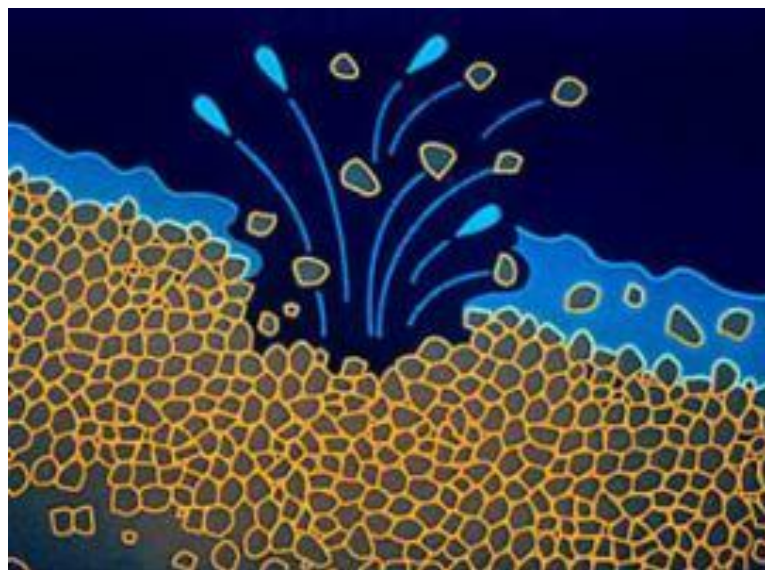
Η δράση των σταγόνων της βροχής (rainsplash) είναι η διεργασία αυτή που προκύπτει από την πτώση των σταγόνων της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους. Μια σταγόνα νερού που πέφτει και προσκρούει συμπιέζεται και εξαπλώνεται πλευρικά προς όλες τις διευθύνσεις γύρω από το σημείο πτώσης. Η εξαπλώση αυτή προκαλεί μια διάτμηση στο έδαφος που μπορεί να αποσπάσει μικρούς κόκκους από την επιφάνεια, συνήθως κόκκους με διάμετρο μικρότερη από 20 μικρά micrometers. Εάν παρασυρθούν από το νερό της αρχικής σταγόνας, οι κόκκοι μπορεί να αναπηδήσουν από την επιφάνεια και να ταξιδέψουν σε μια παραβολική τροχιά, συνήθως σε όχι μεγαλύτερη απόσταση από περίπου ένα μέτρο. Η δράση της σταγόνας απελευθερώνει κόκκους, τους παρασύρει και αρχίζουν να μεταφέρονται με την μη συγκεντρωμένη σε κοίτες επιφανειακή ροή, η οποία από μόνη της μπορεί να μην είχε τη δύναμη να εκτοπίσει και να ανυψώσει τους κόκκους.

Η δράση της βροχοσταγόνας είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός (αν και αρχικά παραγνωρισμένος) παράγοντας διάβρωσης. Μετά από έρευνες διαπιστώθηκε ότι πως η απώλεια του εδάφους μέσω του τρεχούμενου νερού αυξάνεται σημαντικά με την ενέργεια της βροχοσταγόνας. Ακόμη είναι δυνατή μια σημαντική μείωση της

διάβρωσης, εάν με κάποιο τρόπο αποφευχθεί η απευθείας πρόσκρουση της σταγόνας στο έδαφος.



Φωτογραφίες τραβηγμένες σε μικρά χρονικά διαστήματα όπου φαίνεται η πρόσκρουση της σταγόνας της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους



Σχηματική απεικόνιση της δράσης της βροχοσταγόνας. Που αποτελεί σημαντικότερη διεργασία για τη διάβρωση των εδαφών. Αποσπά κόκκους διαμέτρου μικρότερης των 20 micrometers.

Οι επιπτώσεις της πρόσκρουσης της βροχοσταγόνας στο έδαφος είναι ποικίλες γιατί όχι μόνο διασπείρει τα σωματίδια του εδάφους, αλλά συμπιέζει το επιφανειακό στρώμα ιλύος και αργίλου, δημιουργώντας έναν αδιαπέραστο από το νερό φλοιό ο οποίος μειώνει δραματικά τη διηθητική ικανότητα του εδάφους.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της βροχοσταγόνας που παίζουν ρόλο στη διαβρωτική της ικανότητα, είναι η μάζα, το μέγεθος, η κατεύθυνσή της, η ένταση της βροχόπτωσης καθώς και η τελική ταχύτητα της βροχοσταγόνας. Γνωρίζοντας αυτά είναι δυνατή η εκτίμηση της κινητικής ενέργειας και της ορμής της σταγόνας. Η τελική ταχύτητα που αναπτύσσει η βροχοσταγόνα εξαρτάται επίσης από το μέγεθός της. Μια σταγόνα που πέφτει ελεύθερα, επιταχύνει κάτω από την επίδραση της βαρύτητας μέχρι του σημείου όπου η βαρυτική δύναμη γίνεται ίση με την αντίσταση του αέρα λόγω τριβής. Στο σημείο αυτό η σταγόνα πέφτει με τη μέγιστη ταχύτητά της. Οι περισσότερες σταγόνες προσπίπτουν στο έδαφος με την τελική τους ταχύτητα. Η τελική ταχύτητα των βροχοσταγόνων στη φυσική βροχόπτωση επηρεάζεται επιπλέον από τις αναταραχές του αέρα και τους ανέμους. Γνωρίζοντας το μέγεθος, την ταχύτητα και την ένταση των βροχοσταγόνων μπορεί να εκτιμηθεί η ολική κινητική ενέργεια της βροχόπτωσης.

Σημαντική είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της βροχόπτωσης και της αποκόλλησης και μεταφοράς των σωματιδίων (κόκκων) του εδάφους. Διάφορες εμπειρικές μελέτες που έγιναν στις ΗΠΑ οδήγησαν στην αποδοχή της παραμέτρου EI30, η οποία και ερμηνεύει την απώλεια του εδάφους, ως συνέπεια της βροχόπτωσης. Στην παράμετρο αυτή, E είναι η κινητική ενέργεια και I30 είναι η μέγιστη ένταση σε μια τυχαία περίοδο 30 λεπτών μιας βροχόπτωσης.

Σημαντικό ρόλος στη δράση της βροχοσταγόνας παίζει και η δυνατότητα αποκόλλησης και μεταφοράς των κόκκων – σωματιδίων του εδάφους. Εδάφη τα οποία καλύπτονται από βλάστηση είναι σε μεγάλο βαθμό προστατευμένα από τη διάβρωση. Ακόμη εδάφη με μεγάλη συνεκτικότητα σχηματίζουν ανθεκτικούς σβώλους οι οποίοι δεν καταστρέφονται εύκολα από τις βροχοσταγόνες. Η κλίση της κλιτύς παίζει και αυτή μεγάλο ρόλο. Εάν η πλαγιά είναι οριζόντια, τα σωματίδια του εδάφους εκτινάσσονται σε ύψη μέχρι και 60 cm από το έδαφος, δίχως να υπάρχει πραγματική συνολική απώλεια εδάφους. Σε περίπτωση κεκλιμένων επιφανειών (έστω και με μια γωνία 5°) το μεγαλύτερο μέρος των σωματιδίων του εδάφους που

προσβάλλονται από τις βροχοσταγόνες κινούνται προς τα κατάντη, σημειώνοντας έτσι σημαντική απώλεια.

Έχει αποδειχθεί επίσης ότι η μέγιστη τιμή αυτού του είδους διάβρωσης συμβαίνει λίγη ώρα μετά την ύγρανση του εδάφους. Στη συνέχεια μειώνεται, επειδή τόσο το επιφανειακό λεπτό στρώμα του νερού αυξάνει σε πάχος (οπότε μειώνεται η πρόσκρουση στα σωματίδια – κόκκους του εδάφους), όσο και επειδή τα πιο εύκολα διαβρούμενα σωματίδια του εδάφους έχουν απομακρυνθεί ούτως ή άλλως.

Πολλές και σημαντικές είναι οι συνέπειες αυτού του είδους της διάβρωσης. Μεταξύ αυτών η απομάκρυνση τεμαχίων από σβώλους χώματος, η καταστροφή της δομής του εδάφους και η προετοιμασία υλικού για έκπλυση με τον επερχόμενο μανδύα νερού. Επιπλέον η διάβρωση αυτή απομυζεί το έδαφος από τα πλέον πολύτιμα συστατικά του (χούμος, άργιλος, και άλλα θρεπτικά συστατικά) αφήνοντάς το σημαντικά φτωχότερο. Τέλος η δράση των βροχοσταγόνων οδηγεί στον διασκορπισμό των σωματιδίων αργίλου και τη δημιουργία ενός αδιαπέραστου φλοιού ο οποίος μειώνει τη διηθητική ικανότητα του εδάφους, υποβοηθώντας τη διάβρωση από το τρεχούμενο νερό.

Μη συγκεντρωμένη επιφανειακή ροή

Η μη συγκεντρωμένη σε κοίτες ροή λαμβάνει χώρα σαν ροή μεταξύ των κοιτών των ρυακιών. Η ροή στο χώρο μεταξύ των ρυακιών (inter-rill flow) ονομάζεται και υδροστρωματοροή. Πρόκειται για ένα λεπτό στρώμα κινούμενου νερού με ορισμένα σκέλη – γραμμές νερού που κινείται σε γραμμικές διευθύνσεις σε βαθύτερα και ταχύτερα τμήματα. Που συγκλίνουν και αποκλίνουν γύρω από μικρά αναχώματα προκαλώντας διάβρωση λόγω απόσπασης και απομάκρυνσης των κόκκων του εδάφους (κυρίως το αποτέλεσμα της πρόσκρουσης των σταγόνων) και μεταφορά ιζήματος. Η μη συγκεντρωμένη επιφανειακή ροή είναι το αποτέλεσμα δύο μηχανισμών:

1. Μη συγκεντρωμένη σε κοίτες επιφανειακή ροή Horton (Hortonian ροή) που συμβαίνει όταν ο ρυθμός με τον οποίο πέφτει η βροχή ξεπερνά το ρυθμό με τον οποίο το νερό μπορεί να διεισδύσει μέσα στο έδαφος (τον ρυθμό δηλαδή κατείσδυσης). Η ροή αυτή είναι περισσότερο συνηθισμένη σε ερήμους που τα εδάφη είναι λεπτά (μικρού πάχους) το βραχώδες υπόβαθρο εμφανίζεται στην επιφάνεια συχνά, η βλάστηση είναι λιγοστή και οι ρυθμοί βροχόπτωσης υψηλοί. Μπορεί να συνεισφέρει μεγάλες ποσότητες νερού στην ροή κατά

μήκος κοιτών και να καλύψει μεγάλα τμήματα μιας άνυδρης –ξηρής λεκάνης απορροής και είναι η βάση και είναι το στάδιο που προηγείται της δημιουργίας της ροής σε κοίτες.

2. μη συγκεντρωμένη επιφανειακή ροή λόγω κορεσμού (saturation overland flow ή seepage flow) που συμβαίνει εκεί που η στάθμη του υπόγειου νερού *sits* συναντά την επιφάνεια του εδάφους. Κάποια ποσότητα από το νερό του είδους αυτού της ροής είναι ροή που διείσδυσε στο άνω τμήμα της πλαγιάς του λόφου και μετακινήθηκε πλευρικά δια μέσω του εδάφους και ξαναβγήκε στην επιφάνεια (throughflow), αυτό ονομάζεται ροή επιστροφής. Η μη συγκεντρωμένη επιφανειακή ροή λόγω κορεσμού επίσης τροφοδοτείται από τη βροχή που πέφτει απευθείας στις πλαγιές των λόφων.

Η συγκεντρωμένη ροή σε ρυάκια (rill flow) είναι βαθύτερη και ταχύτερη από την ροή στο χώρο μεταξύ των ρυακιών (inter-rill flow) και έχει χαρακτηριστικά τυρβώδους ροής (turbulent).



Διάφορα είδη συγκεντρωμένης ροής

Η δράση του τρεχούμενου νερού

Η θεωρία περί επιφανειακής απορροής και διάβρωσης διατυπώθηκε από τον Horton το 1945 και αποτέλεσε τη βάση για την μετέπειτα έρευνα σχετικά με το θέμα αυτό. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η απορροή δεν αρχίζει αμέσως μόλις οι πρώτες σταγόνες πέσουν στο έδαφος. Εάν το έδαφος είναι ακόρεστο, το νερό θα διεισδύσει σε αυτό με έναν ρυθμό που εξαρτάται από τη δομή του, την φυτοκάλυψη της περιοχής, τους βιολογικούς παράγοντες καθώς και την υγρασία του.

Η διηθητική ικανότητα (f_p) η οποία ορίζεται ως ο μέγιστος βαθμός με τον οποίο μπορεί ένα συγκεκριμένο έδαφος να διηθήσει επιφανειακό νερό, μεταβάλλεται σε μια βροχοπτώση. Αρχικά η τιμή της μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη f_0 , με το χρόνο όμως αυτή μειώνεται σε μια σταθερή τιμή f_c . Αυτή η ελάττωση αποδίδεται σε πάκτωση του εδάφους λόγω της βροχής, την έκπλυση του λεπτόκοκκου υλικού, τη διόγκωση των κολλοειδών συσσωματωμάτων καθώς και την καταστροφή της επιφανειακής δομής του εδάφους. Για τις μεγάλης διάρκειας βροχοπτώσεις και καταιγίδες, αυτή η σταθερή, ελάχιστη τιμή της διηθητικής ικανότητας είναι μεγάλης σημασίας. Εάν ο ρυθμός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων υπερβεί την τιμή αυτή (f_c) τότε αρχίζει η συσσώρευση του νερού μέσα και εν συνεχεία πάνω από το έδαφος, με πιθανό επακόλουθο την επιφανειακή απορροή.

Εάν η βροχή συνεχισθεί για ένα διάστημα t_R τότε ισχύει:

$$F_p = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt_R}$$

Όπου k είναι μια σταθερά και $e=2,71$ (η βάση των Νεπέρων λογαρίθμων).

Γίνεται φανερό ότι η διηθητική ικανότητα μειώνεται με το χρόνο, οπότε και η απορροή παίρνει μεγαλύτερες τιμές.

Η διηθητική ικανότητα του εδάφους βέβαια εξαρτάται και από άλλες συνθήκες. Για παράδειγμα μια προηγούμενη βροχή μπορεί να άφησε το έδαφος μερικώς κορεσμένο. Μεγάλο ρόλο παίζουν και οι εποχές το έτους καθώς αυτές ορίζουν την κατάσταση της βλάστησης αλλά και των καλλιεργούμενων εκτάσεων, όπως επίσης και τη θερμοκρασία η οποία ελέγχει τους ρυθμούς εξάτμισης. Περιοχές με έντονη φυτοκάλυψη έχουν μεγαλύτερη διηθητική ικανότητα, καθώς η βλάστηση επιβραδύνει την επιφανειακή απορροή, το ριζικό σύστημα των φυτών καθιστά το έδαφος πιο συνεκτικό αλλά και διαπερατό από το νερό και γενικότερα η πάκτωση του εδάφους από το νερό μειώνεται σημαντικά.

Αν και είναι δύσκολος ο ακριβής προσδιορισμός της διηθητικής ικανότητας ή της απορροής σε μια λεκάνη (καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στη διήθηση στα διάφορα εδάφη μιας λεκάνης), εν τούτοις είναι δυνατόν να καταλήξουμε σε ορισμένες προσεγγιστικές τιμές της διήθησης με βάση τον τύπο:

$$\text{Κατακρημνίσματα} = \text{διήθηση} + \text{επιφανειακή απορροή}$$

Αυτό βέβαια ισχύει εάν δεχθούμε ότι η ποσότητα του νερού που κατακρατείται από τη βλάστηση και αποθηκεύεται στο έδαφος είναι μικρή.

Η διαφορά μεταξύ της έντασης της βροχόπτωσης και της διηθητικής ικανότητας καλείται ρυθμός τροφοδοσίας (σ). για θετικές τιμές αυτού του ρυθμού, το νερό αρχίζει να μαζεύεται σε μικρές ταπεινώσεις του εδάφους. Στο επόμενο στάδιο το νερό ξεχειλίζει και αρχίζει να ρέει μεταξύ των ταπεινώσεων, σχηματίζοντας ταυτόχρονα ένα λεπτό υμένιο (στρωματίδιο). Τελικά και αφού έχει αποκτήσει το στρώμα αυτό ένα συγκεκριμένο πάχος, αρχίζει η ροή του νερού προς τα κατάντη.

Αρχικά το τρεχούμενο νερό δεν έχει την απαιτούμενη ενέργεια για να μεταφέρει μικρούς κόκκους του εδάφους, αλλά καθώς κινείται η μεταφορική του ικανότητα αυξάνει, έως ότου ξεπεραστεί η αντίσταση του επιφανειακού υλικού, οπότε αρχίζει η διάβρωση. Αυτό επιτυγχάνεται σε ένα συγκεκριμένο σημείο (υψόμετρο) που ονομάζεται κρίσιμη απόσταση (x_c). Ανάντη της κρίσιμης απόστασης ως διαβρωτικός παράγοντας δρα μόνο η ενέργεια της βροχοσταγόνας. Ο καθορισμός της κρίσιμης απόστασης είναι μεγάλης σημασίας καθώς από εκεί αρχίζει η αυλακώδης διάβρωση.

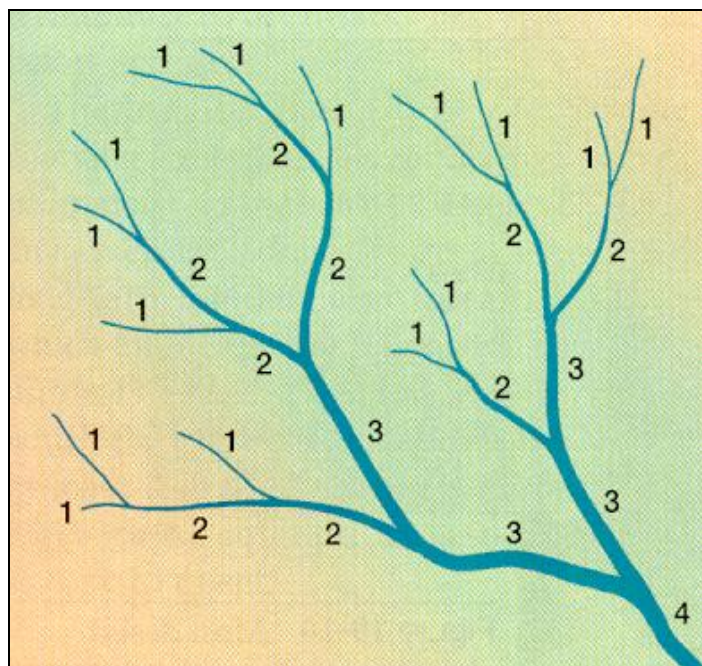
Η διαβρωτική δύναμη που οφείλεται σε ροή παράλληλη προς την επιφάνεια του εδάφους, εξαρτάται από το βάθος της επιφανειακής ροής (d) και το ημίτονο της κλίσης της κλιτύος ($\sin\theta$). Το βάθος της επιφανειακής ροής με τη σειρά του εξαρτάται από το ρυθμό τροφοδοσίας (σ), την τραχύτητα του εδάφους (n), την απόσταση από την κορυφή της κλιτύος (x) και την εφαπτομένη της γωνίας της κλιτύος ($\tan\theta$).

Το πλάτος της ζώνης όπου δεν παρατηρείται διάβρωση λόγω απορροής, είναι αντιστρόφως ανάλογο της έντασης της απορροής και της τραχύτητας του εδάφους και ανάλογο της αντίστασης του εδάφους στη διάβρωση (διαβρωσιμότητα). Για κλιτύες (πλαγιές) με γωνία κλίσης μικρότερη των 20° , το πλάτος της ζώνης αυτής ελαττώνεται με αύξηση της κλίσης. Εννοείται πως η διάβρωση βροχοσταγόνας επιδρά και κάτω από την κρίσιμη απόσταση (x_c).

Αρίθμηση κλάδων υδρογραφικού δικτύου

Οι περισσότεροι ποταμοί είναι μέρος ενός μεγαλύτερου υδρογραφικού δικτύου, το οποίο συνορεύει με το διπλανό του με την ενδιάμεση κορυφογραμμή (υδροκρίτης). Όλη η περιοχή αποστράγγισης ενός υδρογραφικού δικτύου καλείται λεκάνη απορροής (drainage basin). Οι ποταμοί δέχονται νερά κύρια από τα υπόγεια αποθηκευμένο νερό και από τις βροχοπτώσεις ή το λιώσιμο των χιονιών. Έτσι κατά το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα ο ποταμός έχει υπόγεια τροφοδοσία (βασική ροή) και μόνο μετά από ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα μεταβάλλει τη στάθμη του.

Οι ποταμοί έχουν μόνιμη ροή (permanent streams) σε αντίθεση με τους χείμαρρους που δέχονται νερό από βροχοπτώσεις και παρουσιάζουν εποχιακές διακυμάνσεις της ροής τους.



Αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου κατά A. Strahler 1957

Μια λεκάνη απορροής μπορεί να έχει επιφάνεια από μερικά μέχρι και εκατοντάδες χιλιόμετρα. Την πορεία που θα ακολουθήσει ένας ποταμός καθορίζουν κύρια η μορφολογία της περιοχής (τοπογραφικές κλίσεις) και η δομή του υποκειμένου πετρώματος (λιθολογία και τεκτονική). Το κύριο χαρακτηριστικό κάθε υδρογραφικού δικτύου είναι οι δεκάδες των χειμάρρων και των παραποτάμων που ενώνονται για

τον σχηματισμό των ποταμών. Επειδή το όλο σχήμα τις περισσότερες φορές μοιάζει με την μορφή δένδρου το υδρογραφικό δίκτυο λέγεται σ' αυτή την περίπτωση δενδριτικής μορφής. Εκτός από αυτήν την μορφή έχουν παρατηρηθεί επίσης παράλληλης μορφής (κλάδοι σχεδόν παράλληλοι), ορθογώνιας (σχηματίζουν ορθές γωνίες), ακτινωτής (κύρια εμφανίζονται σε ηφαιστειακούς σχηματισμούς) και ακανόνιστης μορφής.

Για την καλύτερη μελέτη των λεκανών απορροής ο Horton και μετέπειτα ο Strahler, πρότειναν ένα σύστημα διαβάθμισης των ρευμάτων. Έτσι ονομάζουμε πρώτης τάξης τα ρεύματα που βρίσκονται υψομετρικά στην κορυφή του όλου δικτύου και δεν δέχονται νερά από άλλους παραποτάμους, δεύτερης τάξης όταν έχουμε συνένωση δύο ρευμάτων πρώτης τάξης κ.ο.κ. Συμπεραίνουμε ότι τα κύρια ποτάμια είναι μεγαλύτερης τάξης απ' ό,τι τα δευτερεύοντα ρεύματα. Επίσης ο Horton βρήκε διάφορες ποσοτικές σχέσεις ανάμεσα στον αριθμό των ρευμάτων σε μια δοθείσα τάξη και στην τάξη αυτή, στην επιφάνεια που διαρρέεται από διάφορα ρεύματα σε μια τάξη και στο μέσο μήκος των ρευμάτων (νόμοι του Horton).

Ποτάμια διεργασίες

Ποτάμια διάβρωση – μεταφορά - απόθεση

Η ποτάμια διάβρωση η μεταφορά και η απόθεση είναι διεργασίες πολύ στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους με ασαφή μεταξύ τους όρια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το τμήμα της κοίτης ενός ποταμού. Η κοίτη αυτή μπορεί να έχει αποθέσεις υλικών (ιζημάτων) που έχουν προέλθει από τα ψηλότερα τμήματα της λεκάνης απορροής του ποταμού. Σε γεγονότα αύξησης της παροχής του ποταμού (όπως σε πλημμυρικά επεισόδια) η αύξηση της ενέργειας της ροής του νερού μπορεί να επαναδιαβρώσει αυτές τις αποθέσεις και να τις μεταφέρει σε σημαντικές αποστάσεις προς τα κατάντη. Γίνεται λοιπόν σαφές ότι δεν είναι δυνατόν να λαμβάνει χώρα μόνο διάβρωση σε μια περιοχή χωρίς ταυτόχρονη μεταφορά των προϊόντων της διάβρωσης αυτής και χωρίς την απόθεση των μεταφερόμενων υλικών κάπου.

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι οι τρεις αυτές διεργασίες δηλαδή η διάβρωση, η μεταφορά και η απόθεση αποτελούν τρεις διαδοχικές φάσεις μια διεργασίας και όχι τρεις αποκλειστικά ξεχωριστές ποτάμια διεργασίες.

Ως ποτάμια διάβρωση είναι η σταδιακή απόσπαση και απομάκρυνση των υλικών του μητρικού πετρώματος (δηλαδή του πετρώματος του υπόβαθρου) κατά μήκος του πυθμένα και των πλευρικών τοιχωμάτων των όχθων της κοίτης ενός ποταμού. Η

ποτάμια διάβρωση μπορεί να αφορά και την απομάκρυνση προϊόντων αποσάθρωσης (που είναι η επιτόπου καταστροφή των πετρωμάτων).

Ποτάμια μεταφορά είναι η μετακίνηση των υλικών – ιζημάτων της ποτάμιας διάβρωσης κατά μήκους του πυθμένα της κοίτης ή σε αιώρηση, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, λόγω της κίνησης του νερού.

Ποτάμια απόθεση είναι η συσσώρευση των μεταφερόμενων υλικών είτε στον πυθμένα της κοίτης του ποταμού ή σε πλημμυρικές πεδιάδες, μικρής μορφολογικής κλίσης, εκατέρωθεν της κοίτης ή ακόμη και στις εκβολές των κεντρικών κοιτών των ποταμών ή στα σημεία συμβολής των μεγάλων παραποτάμων με την κεντρική ποτάμια κοίτη.

Ποτάμια διάβρωση

Τα ποτάμια έχουν τη δυνατότητα να διαβρώσουν με διάφορους τρόπους. Η ποτάμια διάβρωση εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη φύση των γεωλογικών σχηματισμών πάνω στους οποίους έχει αναπτυχθεί η κοίτη. Εάν οι σχηματισμοί αυτοί είναι πολύ σκληροί (ανθεκτικοί) όπως για παράδειγμα οι γρανίτες, τα μάρμαρα ή ακόμα και οι ασβεστόλιθοι το νερό χρειάζεται μεγάλη ενέργεια για να αποσπάσει κομμάτια του και η ποτάμια διάβρωση είναι περιορισμένη καθώς πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς. Εάν όμως το πέτρωμα πάνω στο οποίο αναπτύσσεται το υδρογραφικό δίκτυο είναι είτε πέτρωμα μαλακό (μικρής ανθεκτικότητας) όπως για παράδειγμα οι μάργες είτε χαλαρά υλικά όπως αποθέσεις άμμου ή κροκαλών, η διαβρωτική ικανότητα αυξάνεται καθώς το νερό αποκτά την ενέργεια που απαιτείται για την απόσπαση κομματιών υλικού του πυθμένα και των τοιχωμάτων της κοίτης σχετικά εύκολα ακόμη και με μικρότερες παροχές.

Πολύ σημαντική διεργασία για την ποτάμια διάβρωση είναι η υδραυλική δράση του τρεχούμενου νερού. Η κίνηση του νερού προσδίδει συχνά στα τεμάχια του υλικού που αποσπάστηκαν από τον πυθμένα – δάπεδο αλλά και τα τοιχώματα της κοίτης κινητική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε δυναμική κατά την πρόσκρουσή τους με το πέτρωμα. Με τον τρόπο αυτό το νερό “οπλίζεται” με πολλά μικρά εργαλεία απόξεσης των πετρωμάτων, τα οποία αποσπούν ακόμη μεγαλύτερες ποσότητες υλικού. Η δράση αυτή του πλούσιου σε ίζημα νερού ονομάζεται υδραυλική δράση. Η υδραυλική δράση του νερού αυξάνεται δυσανάλογα με την ταχύτητά του με αποτέλεσμα σε πλημμυρικές παροχές οι ποταμοί να εκσκάπτουν εξαιρετικά μεγάλες ποσότητες υλικού αυξάνοντας κατακόρυφα τη διαβρωτική τους δράση. Συνεπώς υδραυλική

δράση είναι η απόξεση του πυθμένα και των τοιχωμάτων της κοίτης από το νερό του ποταμού που έχει εμπλουτισθεί με προϊόντα (ιζήμα) από τη διάβρωση.

Η συνεχής πρόσκρουση των υλικών (κόκκων άμμου, κροκαλών κλπ) που μεταφέρονται με το νερό του ποταμού με τον πυθμένα και τα τοιχώματα της κοίτης προκαλεί τη λείανση της επιφάνειας των κόκκων ιζήματος και την αποστρογγύλωση των γωνιών τους καθώς και τη μείωση των διαστάσεων τους με αποτέλεσμα τη δημιουργία ιζημάτων με διάφορες κοκκομετρικές διαστάσεις. Για το λόγο αυτό ενδεικτική του μήκους της διαδρομής που έχουν ακολουθήσει τα ποτάμια υλικά (ιζήματα) είναι οι διαστάσεις τους (διάμετρος των κόκκων τους) και η αποστογγύλωσή τους. Ιζήματα που έχουν ακολουθήσει μικρές διαδρομές είναι συνήθως μεγάλων διαστάσεων και γωνιώδη ενώ αντίθετα υλικά που έχουν διανύσει μεγάλες αποστάσεις είναι συνήθως μικρότερων διαστάσεων και περισσότερο αποστρογγυλωμένα.



Το αποτέλεσμα της υδραυλικής δράσης στην πετρώδη κοίτη ενός ποταμού

Ποτάμια μεταφορά

Η μετακίνηση των υλικών της ποτάμιας διάβρωσης – και όχι μόνο – πάνω στον πυθμένα της κοίτης ή σε αιώρηση εξαιτίας της κίνησης του νερού

Η μετακίνηση των υλικών της ποτάμιας διάβρωσης – και όχι μόνο – πάνω στον πυθμένα της κοίτης ή σε αιώρηση εξαιτίας της κίνησης του νερού ονομάζεται ποτάμια μεταφορά. Πέραν των προϊόντων της διάβρωσης η μεταφορά αφορά και υλικά που λέχουν προκύψει από αποσάθρωση και έχουν κυλίσει πλευρικά στις όχθες του ποταμού οπότε παραλαμβάνονται από το ποτάμιο νερό και μεταφέρονται κατά μήκος της κοίτης. Επίσης η μεταφορά μπορεί να αφορά υλικά κινήσεων λόγω βαρύτητας (κατολισθήσεις, ερπυσμοί, πτώσεις βράχων) που λαμβάνουν χώρα πλευρικά στις όχθες της κοίτης.



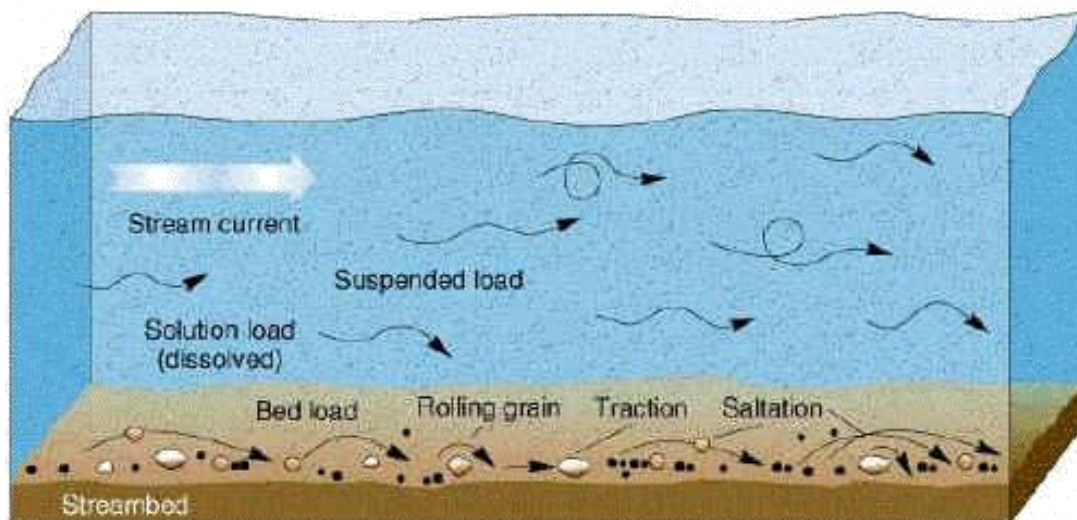
Υλικά που έχουν προκύψει στις πλευρές – τοιχώματα της κοίτης λόγω υποσκαφής της από το νερό. Τα υλικά αυτά θα μεταφερθούν από το τρεχούμενο νερό.

Τα στερεά υλικά (ιζήματα) που μεταφέρονται από την προς τα κατάντη κίνηση του νερού ενός ποταμού αποτελεί την στερεοπαροχή ενός ποταμού. Ονομάζεται επίσης και ποτάμιο φορτίο.

Τα υλικά (ιζήματα) αυτά είναι δυνατόν να μεταφερθούν με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Υλικό μπορεί να μεταφέρεται με τη μορφή ιόντων στο νερό του ποταμού οπότε μεταφέρεται αθέατο. Το φορτίο αυτό ονομάζεται υλικό σε διάλυση. Όλα τα ποτάμια του κόσμου μεταφέρουν τέτοιο υλικό. Η ποσότητα και η σύσταση του υλικού που μεταφέρεται σε διάλυση εξαρτάται από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων που καλύπτουν τη λεκάνη απορροής του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού.
- Τα λεπτόκοκκα υλικά που έχουν διαστάσεις ιλύος και αργίλου (υλικά δηλαδή με διάμετρο μικρότερη από 0,0063 mm) μεταφέρονται σε αιώρηση μέσα στη μάζα του ποτάμιου νερού.
- Τα αδρομερέστερα (χονδροκόκκα) υλικά όπως χάλικες, κροκάλες και άμμος μεταφέρονται ολισθαίνοντας και κατακυλώντας ή αναπηδώντας πάνω στον πυθμένα της κοίτης του ποταμού. Τα υλικά που μεταφέρονται με κύλιση, ολίσθηση και αναπήδηση αποτελούν το φορτίο πυθμένα.

Στερεοπαροχή είναι η συνολική ποσότητα υλικών που μεταφέρονται από το ποτάμι στη μονάδα του χρόνου, ανεξάρτητα από το σε ποια από τις τρεις αυτές κατηγορίες ανήκουν. Η αναλογία φορτίου πυθμένα και αιωρούμενου φορτίου όπως θα ειπωθεί στη συνέχεια διαμορφώνει διαφορετικούς τύπους κοιτών ποταμών.



Σχηματική απεικόνιση των τρόπων μεταφοράς των φερτών υλών ενός ποταμού.

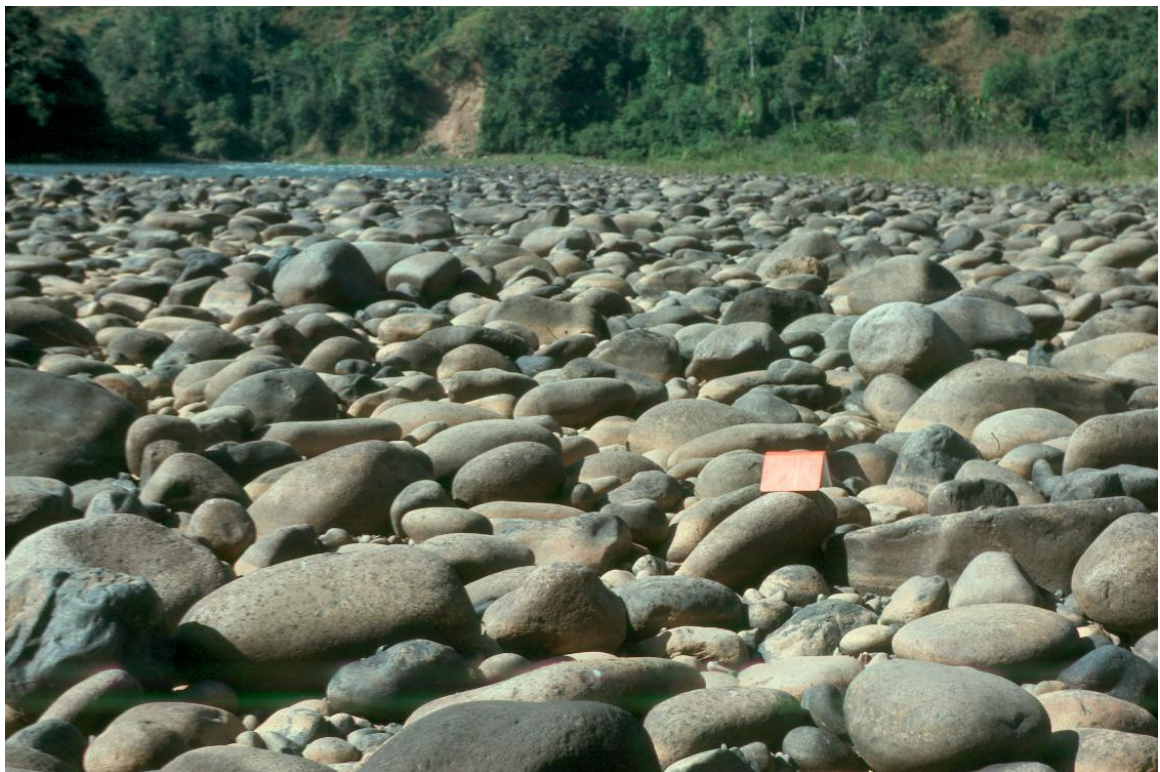
Το μέγιστο ποτάμια φορτίο το οποίο μπορεί να μεταφερθεί από έναν ποταμό σε μια συγκεκριμένη παροχή του ονομάζεται μεταφορική ικανότητα του ποταμού. Η μεταφορική ικανότητα ενός ποταμού μπορεί να μεταβάλλεται με την μεταβολή της ταχύτητας ροής των νερών του και όχι απαραίτητα με την μεταβολή της παροχής του. Σε τμήματα της κοίτης όπου η μορφολογική κλίση του αναγλύφου είναι μεγάλη, η ταχύτητα των νερών είναι μεγάλη με αποτέλεσμα η μεταφορική ικανότητα του ποταμού να είναι επίσης μεγάλη. Με δεδομένο την ίδια παροχή σε τμήματα της κοίτης που διέρχονται από περιοχές μικρής κλίσης η ταχύτητα ροής μειώνεται οπότε μειώνεται και η μεταφορική ικανότητα του ποταμού. Αντίθετα όταν η κλίση της κοίτης ενός ποταμού παραμένει ίδια σε όλο το μήκος της, τότε η μεταβολή της μεταφορικής ικανότητας οφείλεται στην αυξομείωση της ταχύτητας ροής που εξαρτάται αποκλειστικά από τη διακύμανση της παροχής του ποταμού. Για παράδειγμα υπάρχει πιθανότητα σε κάποια τμήματα της διαδρομής του σταθερής κλίσης ποταμού μπορεί να συμβάλλουν μεγάλοι παραπόταμοι όπου ενισχύουν με την παροχή τους την παροχή της κεντρικής κοίτης του ποταμού.



Υλικά από κίνηση λόγω βαρύτητας στις όχθες της κοίτης που “καλούνται” να μεταφερθούν από το ποτάμιο νερό.



Ποταμός με μεγάλη ποσότητα αιωρούμενου φορτίου.



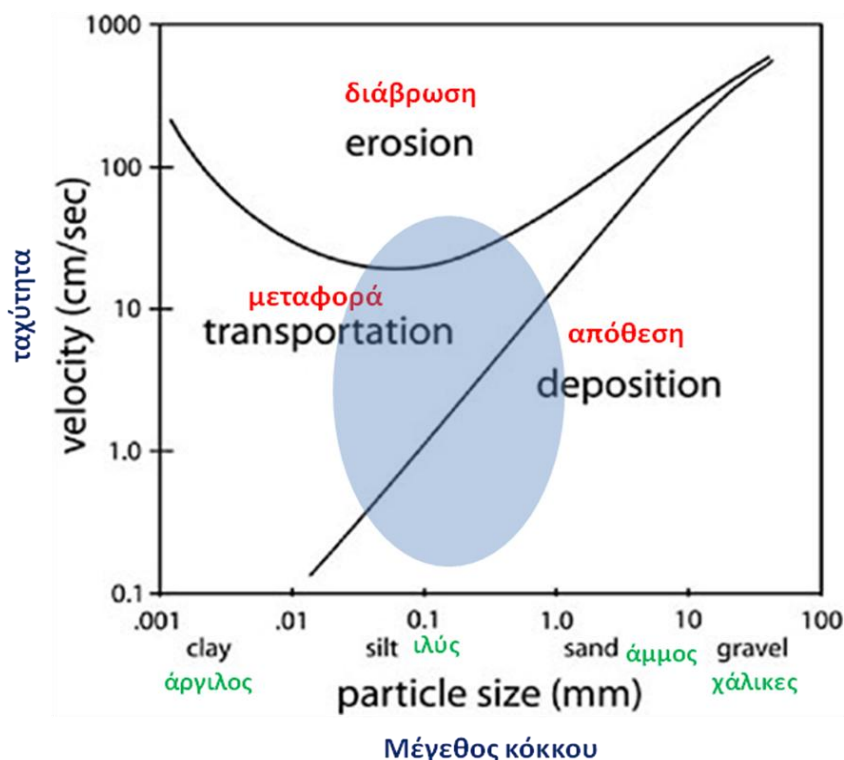
Ποταμός με μεγάλη ποσότητα φορτίου κοίτης.



Συμβολή παραπόταμου που κυριαρχεί το φορτίο κοίτης με κεντρικό ποταμό που κυριαρχεί το αιωρούμενο φορτίο. Είναι προφανές ότι η διαφορά οφείλεται στα διαφορετικά πετρώματα που διατρέχουν (καταλαμβάνουν τις λεκάνες απορροής τους) τα δύο ποτάμια.

Ποτάμια απόθεση

Η αποθετική δράση ενός ποταμού εξαρτάται αποκλειστικά από τη μείωση της μεταφορικής του ικανότητας. Όταν για κάποιο λόγο η μεταφορική ικανότητα του ποταμού μειωθεί, τότε το ποτάμιο φορτίο που μεταφέρει το νερό του ποταμού γίνεται μεγαλύτερο από αυτό που το ρέον νερό μπορεί να μεταφέρει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την άμεση μείωση του φορτίου με την απόθεση αρχικά των χονδρόκοκκων υλικών.



Διάγραμμα μεταβολής της ποτάμιας διάβρωσης και απόθεσης ιζημάτων σε σχέση με τη μέση ταχύτητα ροής του νερού και την κοκκομετρία του (τη διάμετρο δηλαδή των κόκκων τους).

Ποτάμια απόθεση μπορεί να λαμβάνει στο εσωτερικό των λεκανών απορροής. Η απόθεση αυτή υλικών μπορεί να οφείλεται στην απότομη μεταβολή της μίσης των κοιτών των παραποτάμων και χειμάρρων όταν συναντούν το ομαλό (ήπιας κλίσης) ανάγλυφο, όπως την κοίτη του κεντρικού ποταμού του υδρογραφικού δικτύου. Στα σημεία δηλαδή συμβολής των μεγάλης κλίσης παραποτάμων με τον κεντρικό ποταμό. Στις περιοχές αυτές αποτίθεται συνήθως μεγάλο μέρος των χονδρόκοκκων υλικών που μεταφέρουν οι παραπόταμοι σχηματίζοντας τις χαρακτηριστικές γεωμορφές ποτάμιας απόθεσης που λέγονται αλλουβιακά ριπίδια.

Παρόμοια διεργασία ποτάμιας απόθεσης λαμβάνει χώρα στις περιοχές που οι ποταμοί εκβάλλουν σε μια θαλάσσια ή λιμναία λεκάνη. Στις περιπτώσεις αυτές σχηματίζονται τα δελταϊκά ριπίδια ή τα μεγάλα ποτάμια δέλτα.

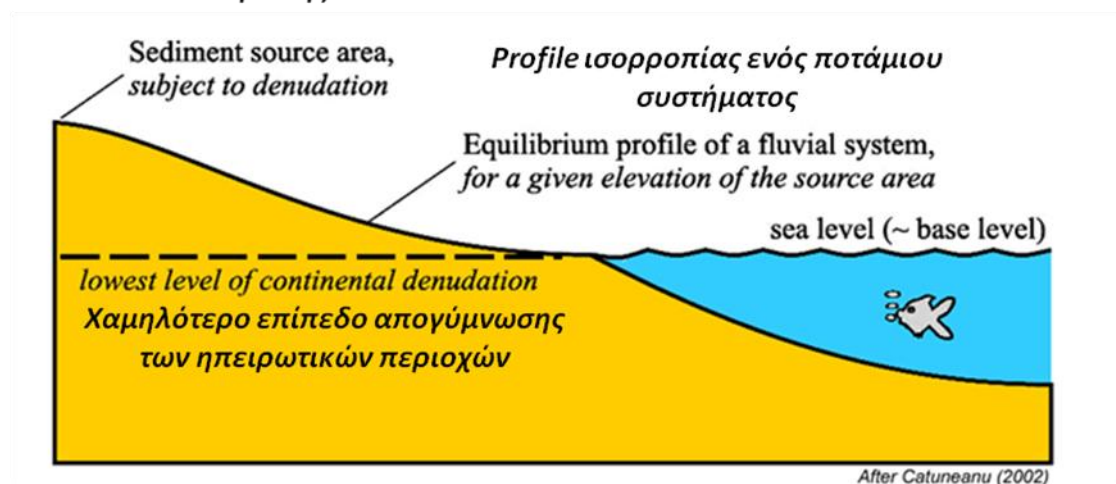
Το διάγραμμα παραπάνω απεικονίζει τη σχέση μεταξύ του μεγέθους των σωματιδίων – κόκκων και της ταχύτητας της ροής. Γίνεται φανερό πως τα πιο εύκολα διαβρούμενα σωματίδια είναι αυτά με διάμετρο μεταξύ 0,1 και 0,5 mm (δηλαδή λεπτή

και μέση άμμος). Μεγαλύτερες ταχύτητες απαιτούνται για τη μεταφορά τόσο μικρότερων (λόγω της μεταξύ τους συνοχής, και δημιουργίας κολλοειδών συσσωματωμάτων) όσο και μεγαλύτερων (λόγω βάρους) κόκκων – σωματιδίων. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται επίσης η καμπύλη ταχύτητας απόθεσης, κάτω από την οποία λαμβάνει χώρα η απόθεση των κόκκων – σωματιδίων.

Βασικό επίπεδο

Ο όρος βασικό επίπεδο για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε από τον Powel το 1875. Χρησιμοποιήθηκε για να ονομάσει το χαμηλότερο όριο της επιφάνειας κάτω από το οποίο τα ποτάμια δε μπορούν να διαβρώσουν. Το βασικό επίπεδο για τα περισσότερα ποτάμια του κόσμου είναι η στάθμη της θάλασσας. Είναι λογικό ότι κάτω από αυτό το επίπεδο τα ποτάμια δεν μπορούν να διαβρώσουν. Συνεπώς η θάλασσα ονομάστηκε απόλυτο βασικό επίπεδο. Σε ορισμένες περιπτώσεις το βασικό επίπεδο μπορεί να βρίσκεται χαμηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας όπως για παράδειγμα στη Νεκρά Θάλασσα που αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα και η στάθμη της είναι σε χαμηλότερο από την επιφάνεια της θάλασσας υψόμετρο.

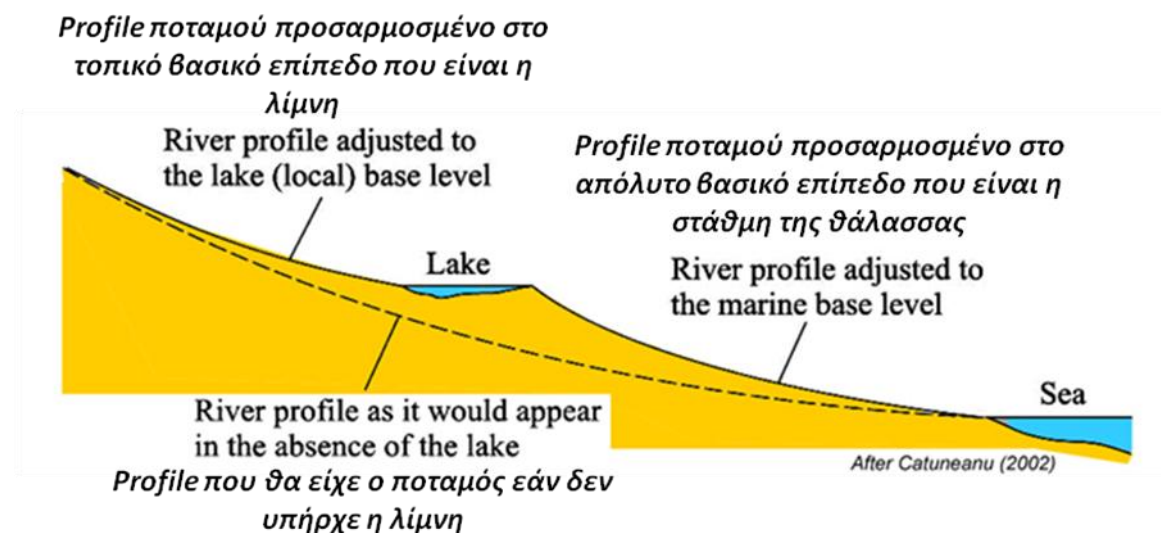
Περιοχή “παραγωγής” ιζήματος - διάβρωσης



Το απόλυτο βασικό επίπεδο είναι η στάθμη της θάλασσας

Εκτός του απόλυτου βασικού επιπέδου υπάρχει και το τοπικό βασικό επίπεδο. Ως τοπικό βασικό επίπεδο ορίζεται το χαμηλότερο τοπογραφικό σημείο μιας συγκεκριμένης περιοχής στο οποίο λαμβάνουν χώρα μόνο διεργασίες απόθεσης

υλικών. Αυτό μπορεί να είναι μια λίμνη (φυσική ή τεχνητή που έχει δημιουργηθεί πίσω από ένα φράγμα) και που για το χρόνο διάρκειας της ύπαρξής της αποτελεί το χαμηλότερο επίπεδο στο οποίο μπορούν οι ποταμοί που καταλήγουν σε αυτή να αποθέτουν τα υλικά τους. Στην περίπτωση τεχνητών λιμνών στην κοίτη ενός ποταμού το επίπεδο της στάθμης του νερού στη λίμνη αυτή είναι φανερό ότι ελέγχει το τμήμα της κοίτης του ποταμού που βρίσκεται από την λίμνη και πάνω (ο ανάντη δηλαδή της λίμνης τμήμα). Η λέξη ελέγχει εμπεριέχει τον έλεγχο όλων των ποτάμιων διεργασιών δηλαδή της διάβρωσης του ρυθμού μεταφοράς των ιζημάτων και της απόθεσης. Επίσης καθορίζει την κλίση της κοίτης και συνεπώς τη μορφή του προφίλ του ποταμού.

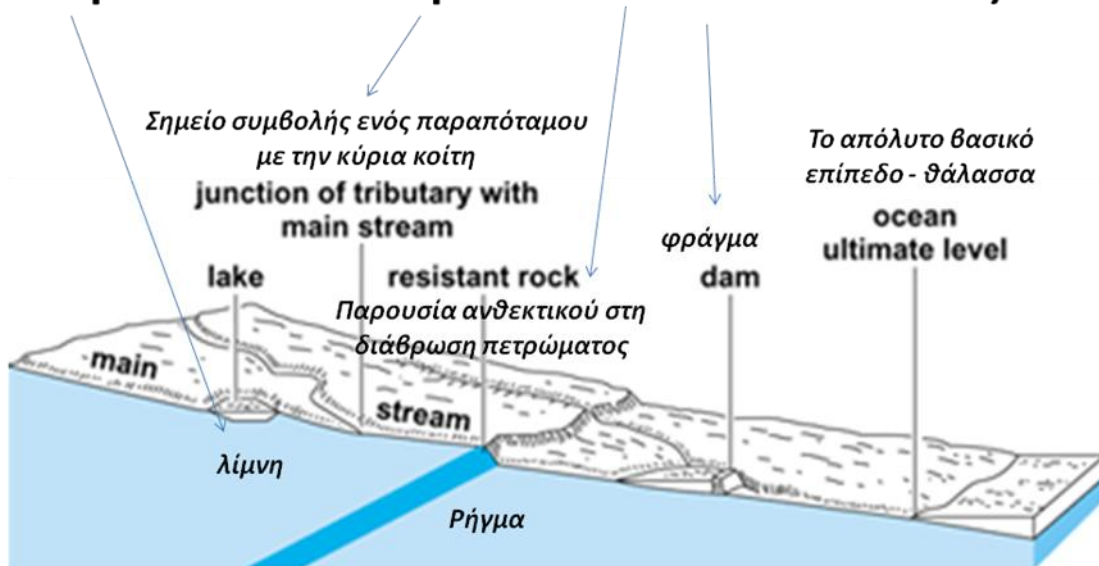


Τοπικό βασικό επίπεδο είναι το χαμηλότερο τοπογραφικό σημείο μιας συγκεκριμένης περιοχής στο οποίο λαμβάνουν χώρα μόνο διεργασίες απόθεσης υλικών. Στο σχήμα αυτό το τοπικό βασικό επίπεδο είναι μια λίμνη

Συνήθως κατά μήκος της κοίτης ενός ποταμού τοπικά βασικά επίπεδα άλλοτε μικρά και άλλοτε περισσότερο σημαντικά είναι τα σημεία κάμψης. Σημεία κάμψης είναι απότομες αλλαγές στη μορφολογική κλίση της κοίτης του ποταμού. Οι απότομες αυτές αλλαγές σε ποτάμια μόνιμης ροής οδηγούν στο σχηματισμό καταρρακτών. Απότομες αλλαγές στην κλίση κατά μήκος των κοιτών των ποταμών μπορούν να οφείλονται σε τεκτονικά ή σε λιθολογικά αίτια. Τα τεκτονικά αίτια είναι η παρουσία ρηγμάτων που τέμνουν κάθετα ή σχεδόν κάθετα την κοίτη. Λιθολογικά αίτια είναι όταν η ένα ποτάμι διέρχεται κάθετα (ή σχεδόν κάθετα) από τη λιθολογική επαφή

μεταξύ δύο λιθολογικών σχηματισμών από τους οποίους ο ένας είναι πολύ ανθεκτικός στη διάβρωση ενώ ο άλλος είναι πολύ ευδιάβρωτος (διαβρώνεται δηλαδή με μεγάλη ευκολία). Η διαφορά στην αντοχή των πετρωμάτων στη δράση του τρεχούμενου νερού δημιουργεί ένα φυσικό σκαλοπάτι στην πορεία της κοίτης που αποτελεί ένα σημείο κάμψης λόγω λιθολογικών αιτιών.

Το ρόλο τοπικών βασικών επιπέδων παίζουν:



Διάφορα είδη τοπικών βασικών επιπέδων

Είναι φανερό ότι η μεταβολή του απόλυτου βασικού επιπέδου προκαλεί μεταβολές στις διεργασίες του υδρογραφικού δικτύου που εκβάλλει σε αυτή. Οι μεταβολές αυτές αρχίζουν από τις εκβολές και σταδιακά εκτείνονται προς τα ανάντη ορεινά. Ανάλογα με το πόσο μεγάλες είναι οι μεταβολές του βασικού επιπέδου τόσο μεγαλύτερη είναι και η έκταση που θα επηρεαστεί το ποτάμι προς τα πίσω. Μικρές μεταβολές θα επηρεάσουν το ποτάμι σε μικρό μήκος από τις εκβολές προς τα ορεινά. Μεγάλες μεταβολές θα επηρεάσουν το ποτάμι σε αρκετό μήκος. Η πτώση του βασικού επιπέδου προκαλεί την κατά βάθος διάβρωση των κοιτών των ποταμών. Για το λόγο αυτό σε τεκτονικά ενεργές περιοχές όπου η πτώση του βασικού επιπέδου (της στάθμης της θάλασσας) είναι μεγάλη εξαιτίας της τεκτονικής ανύψωσης των χερσαίων περιοχών τα ποτάμια “υποχρεούνται” να διαβρώσουν σε βάθος. Αυτό οφείλεται στο ότι το ρέον νερό στην επιφάνεια της γης τείνει να ταπεινώσει το



Σημείο κάμψης (knickpoint) στην κοίτη ποταμού



Copyright © Daryl Dagesse 2002

Σημείο κάμψης (knickpoint) στην κοίτη ποταμού

ανάγλυφο μέχρι το επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης. Η τεκτονική ανύψωση μιας χερσαίας περιοχής προκαλεί αύξηση της κλίσης των κοιτών των ποταμών που εκβάλουν στη θάλασσα με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ταχύτητα ροής του νερού και άρα να αυξάνεται η διαβρωτική του ικανότητα.

Επιπλέον η πτώση του απόλυτου βασικού επιπέδου πέρα από την κατά βάθος διάβρωση προκαλεί και άλλο ένα είδος διάβρωσης που ονομάζεται οπισθοδρομούσα. Οπισθοδρομούσα είναι η διεργασία όπου οι κοίτες των ποταμών διαβρώνουν προς τα πίσω, δηλαδή προς τα ορεινά. Η διεργασία αυτή είναι υπεύθυνη για την προς τα πίσω επέκταση των υδρογραφικών δικτύων και είναι περισσότερο ενεργή σε περιοχές που αποτελούνται από ευδιάβρωτα –μαλακά- πετρώματα.

Η μεταβολή του βασικού επιπέδου είναι αποτέλεσμα της σχετικής μεταβολής που προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα της κίνησης της ξηράς σε σχέση με τη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας. Οι κατακόρυφες κινήσεις της ξηράς οφείλονται είτε στον τεκτονισμό είτε στην ισοστασία. Σύμφωνα με τη θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών υπάρχουν ζώνες της λιθόσφαιρας όπου λαμβάνει χώρα σύγκρουση των πλακών μεταξύ τους (όρια σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών). Στις ζώνες αυτές σύγκρουσης των πλακών συμβαίνει η ορογένεση που προκαλεί ανυψωτικές συνθήκες της ξηράς. Αντίστοιχα οι ζώνες απομάκρυνσης των πλακών (όρια απόκλισης) λαμβάνει χώρα βύθιση του αναγλύφου. Τα παραπάνω φαινόμενα αποτελούν τα δυναμικά αίτια μεταβολής του βασικού επιπέδου και σχετίζονται με ανοδικές και καθοδικές κινήσεις μεγάλων τεμαχίων της επιφάνειας της γης. Πέρα από τα δυναμικά, μεγάλης κλίμακας, αίτια υπάρχουν και οι τοπικές μεταβολές του αναγλύφου (τοπικά αίτια) που μπορούν να προκληθούν από τοπικά δυναμικά αίτια. Αυτά σημειώνονται σε περιοχές με έντονη τεκτονική δράση όπου υπάρχει έντονη παρουσία ρηγμάτων που ενεργοποιούνται πρόσφατα.

Ένας άλλος παράγοντας μεταβολής του βασικού επιπέδου, εξίσου σημαντικός με τον τεκτονισμό και ίσως σημαντικότερος είναι η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας. Οι παγκόσμιας κλίμακας μεταβολές της στάθμης θάλασσας ονομάζονται ευστατικές κινήσεις. Οι μεταβολές αυτές μπορούν να προκληθούν από τη μεταβολή της χωρητικότητας των ωκεάνιων λεκανών που κυρίως οφείλονται στην μακροχρόνια δράση του τεκτονισμού (οι ήπειροι απομακρύνονται μεταξύ τους ή προσεγγίζουν η μια την άλλη λόγω απόκλισης ή σύγκλισης των πλακών). Η βασικότερη όμως αιτία των παγκόσμιας κλίμακας μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης είναι οι εναλλαγές παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων στην ιστορία της γης. Στις παγετώδεις περιόδους μεγάλη ποσότητα του νερού δεσμεύεται με τη μορφή πάγου στα

καλύμματα παγετώνων με αποτέλεσμα να πέφτει η στάθμη ενώ αντίθετα στις μεσοπαγετώδεις περιόδους η τήξη των πάγων προκαλεί την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

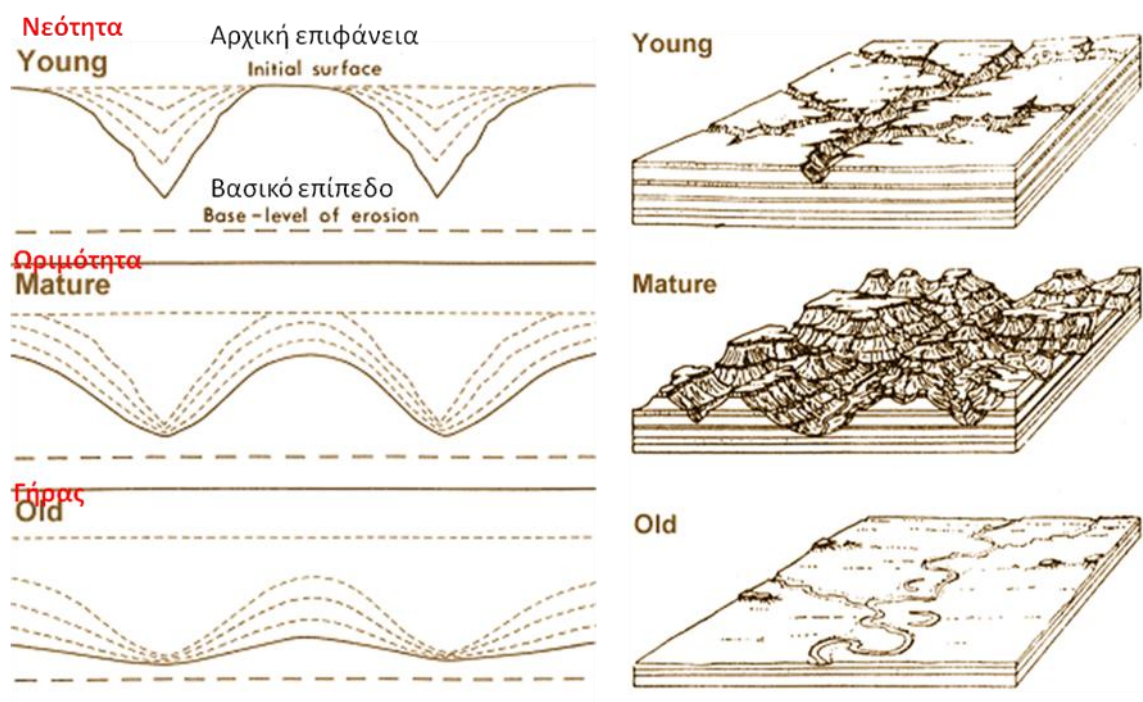
Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι στις παγετώδεις περιόδους που το απόλυτο βασικό επίπεδο (η στάθμη δηλαδή της θάλασσας) βρισκόταν κατά περίπου 100 με 120 m χαμηλότερα από τη σημερινή, τα υδρογραφικά δίκτυα διέβρωναν σε βάθος ενώ στις μεσοπαγετώδεις περιόδους η θάλασσα πλημμύριζε τις πρώην κοιλάδες δημιουργώντας ακτές με εγκολπώσεις και τα δέλτα και δελταϊκά ριπιδία που είχαν αναπτυχθεί στις εκβολές των ποταμών μετατοπίζονταν σε νέες θέσεις στο εσωτερικό των πρώην χερσαίων περιοχών.

Κύκλος διάβρωσης – απογύμνωσης ή κύκλος του Davis (1889)

Το τρεχούμενο νερό αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα διάβρωσης μεταφοράς και απόθεσης υλικών των γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν την επιφάνεια των ηπειρωτικών περιοχών της γης. Συνεπώς το νερό που ρέει στην επιφάνεια της γης ελέγχει τις διεργασίες που συντελούν στην απογύμνωση και ταπείνωση του αναγλύφου της γήινης επιφάνειας. Με τον όρο απογύμνωση ονομάζεται το αποτέλεσμα των διεργασιών που προκαλούν τη φθορά των επιφανειακών πετρωμάτων και την ταπείνωση του ανάγλυφου με διαρκή μεταφορά των προϊόντων της διάβρωσης στη θάλασσα ή σε εσωτερικές ηπειρωτικές λεκάνες (τοπογραφικά βυθίσματα μικρής μορφολογικής κλίσης). Η εξέλιξη της μορφολογίας του αναγλύφου μιας περιοχής που το νερό ρέει στην επιφάνειά της (δηλαδή όλων των περιοχών του πλανήτη εκτός των παγετωδών που είναι τελείως καλυμμένες από καλύμματα πάγου και των τελείως ερημικών περιοχών) από την ανάδυση και δημιουργία του πρώτου ανάγλυφου μέχρι και την τελική της “καταστροφή” (την ταπείνωση δηλαδή του ανάγλυφου μέχρι το επίπεδο της θαλάσσιας επιφάνειας) και την μετακίνηση των υλικών της προς τους ωκεανούς και τις θαλάσσιες λεκάνες λόγω διάβρωσης παρουσιάζει τρία κύρια στάδια. Τα στάδια αυτά μπορούν να συγκριθούν με τα στάδια της ζωής ενός ανθρώπου και χαρακτηρίζονται σαν στάδια νεότητας, ωριμότητας και γήρατος. Ενώ όμως ένας άνθρωπος ανάλογα με την ηλικία του θα είναι νέος, ώριμος ή γέρος, ένα υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να αποτελείται από τμήματα που ανήκουν σε διαφορετικά στάδια εξέλιξης. Πέραν των τριών αυτών σταδίων ενδέχεται μια περιοχή η οποία έχει ήδη φθάσει μορφολογικά στην ωριμότητα ή το γήρας να περάσει πάλι σε ένα στάδιο νεότητας. Αυτή η μετάβαση ονομάζεται αναγέννηση.

Επιπλέον πολλοί επιστήμονες διακρίνουν ένα ακόμη στάδιο μεταξύ των σταδίων ωριμότητας και γήρατος που το ονόμασαν προχωρημένη ωριμότητα.

Με τον όρο κύκλο διάβρωσης ή απογύμνωσης νοούνται τα στάδια εξέλιξης της μορφολογίας μιας περιοχής από την δημιουργία του πρώτου αναγλύφου έως το στάδιο γήρατος ή ανανέωσής της. Αν η εξέλιξη είναι συνεχής από το στάδιο νεότητας μέχρι του γήρατος είναι συνεχής, χωρίς διακοπή τότε η εξέλιξη ονομάζεται μονοκυκλική. Αντίθετα αν η ομαλή εξέλιξη μιας χερσαίας περιοχής διακοπεί, ξεκινώντας έναν νέο κύκλο εξέλιξης από την αρχή τότε ονομάζεται πολυκυκλική.



Δεν αφορά παγετώδεις και ξηρές περιοχές

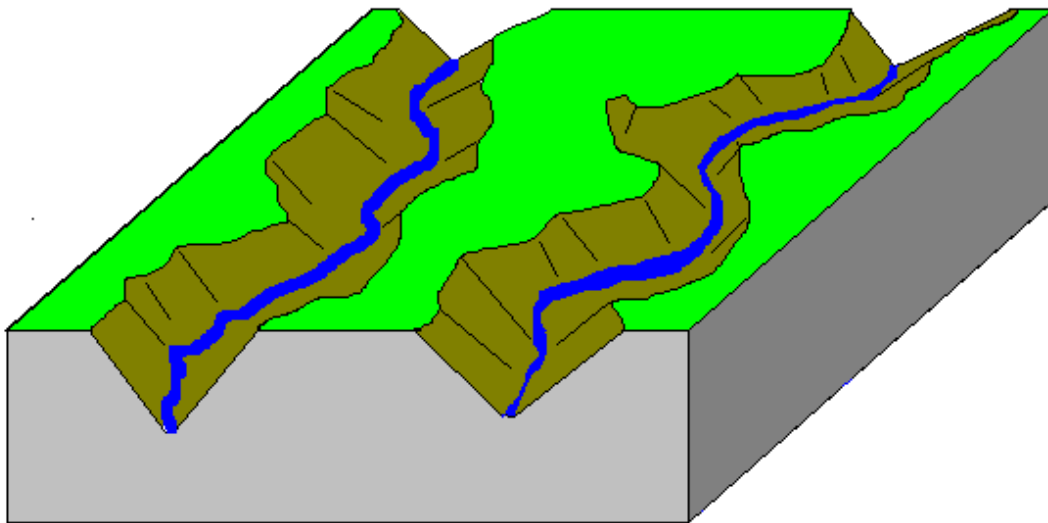
Σχηματική απεικόνιση των σταδίων του κύκλου διάβρωσης ή κύκλου του Davis 1889.

Τα σχήματα αριστερά απεικονίζουν τοπογραφικές τομές εγκάρσια στις κοιλάδες.

Στάδιο νεότητας

Μελετώντας τη μορφολογία ενός αναγλύφου που έχει πρόσφατα αναδυθεί σε σημαντικό υψόμετρο πάνω από τη θάλασσα, διαπιστώνεται ότι επικρατεί ένα τραχύ τοπίο με εναλλαγές υψωμάτων και κοιλάδων με απότομες πλαγιές. Μια περιοχή που διανύει το στάδιο νεότητας αποστραγγίζεται από ένα υδρογραφικό δίκτυο που χαρακτηρίζεται από μεγάλες ταχύτητες ροής του νερού στις κοίτες εξαιτίας των

μεγάλων υψομετρικών διαφορών του ανάγλυφου και των μεγάλων κλίσεων. Οι μεγάλες ταχύτητες έχουν σαν αποτέλεσμα τη μεγάλη μεταφορική ικανότητα των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, η οποία απομακρύνει το σύνολο σχεδόν των υλικών - προϊόντων της ποτάμιας διάβρωσης (ιζήματα που προκύπτουν από τη διάβρωση των πετρωμάτων από το ρέον νερό). Η διάβρωση είναι ενεργή στη βάση της κοίτης των κλάδων – ρεμάτων με αποτέλεσμα μεγάλους ρυθμούς εκβάθυνσης των κοιτών. Το κυριότερο χαρακτηριστικό του σταδίου νεότητας είναι η γρήγορη μεταβολή της μορφής του ανάγλυφου.



Το ανάγλυφο στο στάδιο νεότητας

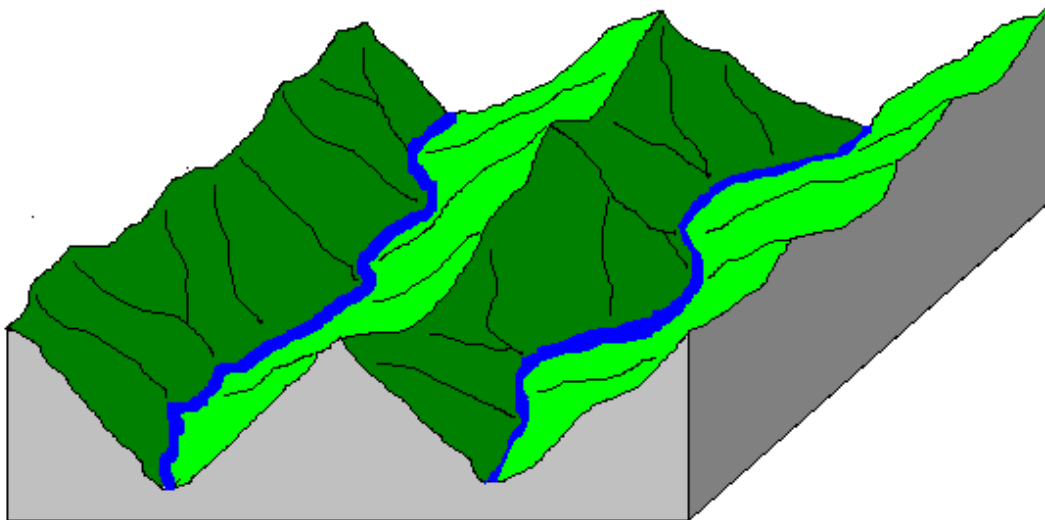
Συνοψίζοντας τα κύρια χαρακτηριστικά που έχει ένα νέο ανάγλυφο είναι τα ακόλουθα:

- Κοιλάδες σχήματος V
- Μεγάλες ταχύτητες ροής
- Καταρράκτες
- Δεν υπάρχουν πλημμυρικές πεδιάδες
- Υδροκρίτες μεγάλου εύρους σχετικά επίπεδες μεσοποτάμιες περιοχές και μη καλά διαμορφωμένες από τη διάβρωση
- Οι κοιλάδες εκβαθύνονται

- Γρήγορη μεταβολή αναγλύφου

Στάδιο ωριμότητας

Η γρήγορη μεταβολή που συντελείται στο ανάγλυφο κατά το στάδιο νεότητας έχει σαν αποτέλεσμα την προοδευτική μείωση των μορφολογικών κλίσεων των κοιτών των ποταμών – κλάδων του υδρογραφικού δικτύου και των πλαγιών του αναγλύφου γενικότερα. Έτσι η περιοχή σταδιακά μεταπίπτει στο στάδιο ωριμότητας όπου όλες οι διεργασίες που συνέβαιναν στο στάδιο νεότητας συνεχίζουν να δρουν αλλά με μειωμένη ένταση. Η περιοχή έχει χάσει την αρχική της τραχύτητα και έχει εξομαλυνθεί. Οι κορυφογραμμές δεν είναι πλέον οξύληκτες και αποκτούν αποστρογγυλωμένη μορφή. Οι κοιλάδες έχουν λιγότερο απότομες πλαγιές και οι εγκάρσιες – κάθετες – τομές τους δεν παρουσιάζουν πλέον το χαρακτηριστικό σχήμα V. Η κατά βάθος διάβρωση των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου βρίσκεται κοντά στο βασικό επίπεδο δίνοντας στο ρέον νερό τη δυνατότητα να διαβρώνει και πλευρικά τις κοίτες και τις βάσεις των πλευρών των κοιλάδων. Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου είναι πλήρης.

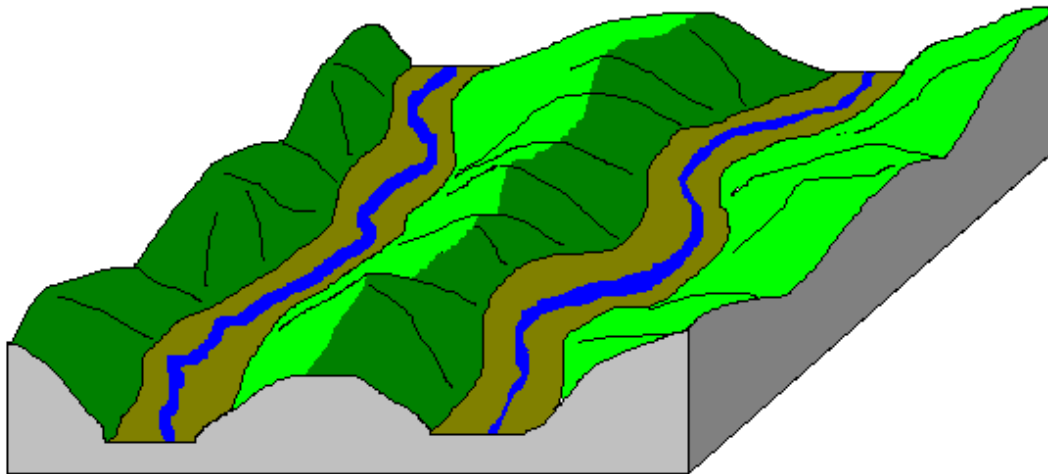


Το ανάγλυφο στο στάδιο ωριμότητας.

Τα χαρακτηριστικά που εμφανίζει το ανάγλυφο κατά τα στάδια της πρώιμης ωριμότητας και της προχωρημένης ωριμότητας συνοψίζονται ως εξής:

Πρώιμη ωριμότητα

- Κοιλιάδες σχήματος V
- Έναρξη δημιουργίας πλημμυρικών πεδιάδων
- Αμμώδη και χαλικώδη φράγματα μεταξύ των κοιτών
- Καλά καθορισμένοι υδροκρίτες
- Το ανάγλυφο φτάνει στο ανώτερο υψομετρικά σημείο
- Σταματάει η εκβάθυνση των κοιλάδων



Το ανάγλυφο στο στάδιο προχωρημένης ωριμότητας.

προχωρημένη ωριμότητα

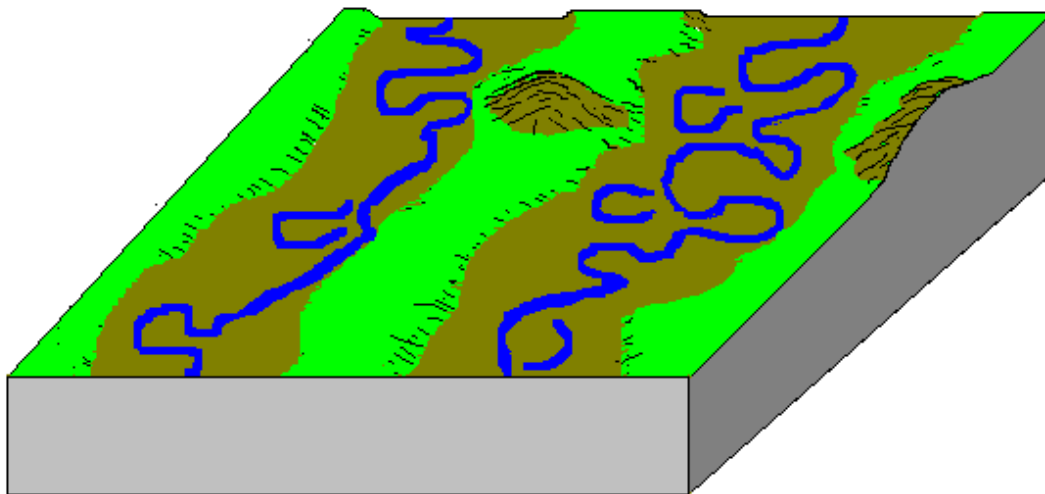
- Οι κοιλάδες έχουν επίπεδα δάπεδα
- Οι πλημμυρικές πεδιάδες υπάρχουν αλλά είναι σχετικά μικρού πλάτους
- Οι υδροκρίτες (μεσοποτάμιες περιοχές) αρχίζουν να αποστρογγυλώνονται
- Το ανάγλυφο αρχίζει να ταπεινώνεται
- Αρχίζει η απόθεση ιζήματος στις κοίτες
- Οι ποταμοί αρχίζουν να αποκτούν μαιανδρικές κοίτες

Στάδιο γήρατος

Όσο ο χρόνος περνάει οι κλίσεις των ποταμών και των κλιτύων (πλαγιών) των κοιλάδων μειώνονται σημαντικά. Θεωρητικά η τελική κατάληξη του χερσαίου ανάγλυφου είναι η δημιουργία μιας σχεδόν επίπεδης, χωρίς ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, επιφάνειας που υψομετρικά βρίσκεται πολύ κοντά στο βασικό επίπεδο (στάθμη της θάλασσας). Όπως ήδη αναφέρθηκε η στάθμη της θάλασσας αντιπροσωπεύει το απόλυτο βασικό επίπεδο κάτω από το οποίο δεν μπορεί να υπάρξει ποτάμια διάβρωση.

Η μείωση της κλίσης των ποταμών μέχρι το επίπεδο της θάλασσας είναι θεωρητικά ουτοπία και δεν μπορεί ουσιαστικά ποτέ να επιτευχθεί. Όταν όμως με την πάροδο του χρόνου το αρχικό ανάγλυφο ταπεινωθεί λόγω διάβρωσης αρκετά και επιτευχθεί μια πολύ ήπιων κλίσεων επιφάνεια που είναι “σχεδόν επίπεδη” τότε θεωρείται ότι η περιοχή έχει φθάσει στο “πανεπίπεδο”. Το “πανεπίπεδο” αποτελεί την κατάληξη του αναγλύφου και είναι χαρακτηριστικό του σταδίου γήρατος. Τα ποτάμια ρέουν στις ήπιας κλίσης αλλουβιακές πεδιάδες σχηματίζοντας μαιάνδρους (κοίτες που έχουν χαρακτηριστική οφιοειδή μορφή). Η διάβρωση σταματά εξαιτίας των πολύ μικρών μορφολογικών κλίσεων των κοιτών που δεν επιτρέπει μεταφορά υλικών από το ρέον νερό που κινείται με μικρές ταχύτητες.

Το μορφολογικό πέρασμα ενός αναγλύφου στο στάδιο του γήρατος, η δημιουργία δηλαδή του πανεπίπεδου προϋποθέτει τεκτονική και ευστατική σταθερότητα. Θα πρέπει δηλαδή η περιοχή να μην εμφανίζει κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις της ξηράς και η στάθμη της θάλασσας (το απόλυτο δηλαδή βασικό επίπεδο) να παραμένει στην ίδια θέση για μεγάλο γεωλογικό χρονικό διάστημα συχνά της τάξης των εκατομμυρίων ετών.



Το ανάγλυφο στο στάδιο γήρατος.

Τα χαρακτηριστικά του ανάγλυφου στο στάδιο του γήρατος είναι τα εξής:

- Πολύ μεγάλου εύρους πλημμυρικές πεδιάδες
- Το ανάγλυφο έχει ταπεινωθεί λόγω διάβρωσης σχηματίζοντας μια επίπεδη σχεδόν επιφάνεια (Πανεπίπεδο)
- Τα ανθεκτικά πετρώματα σχηματίζουν υπολειμματικές μορφές λόφων (Monadnocks)
- Εκτεταμένη ανάπτυξη μαιανδρικών κοιτών
- Αποκοπή μαιάνδρων και σχηματισμός μηνοειδών λιμνών (Ox-bow lakes)

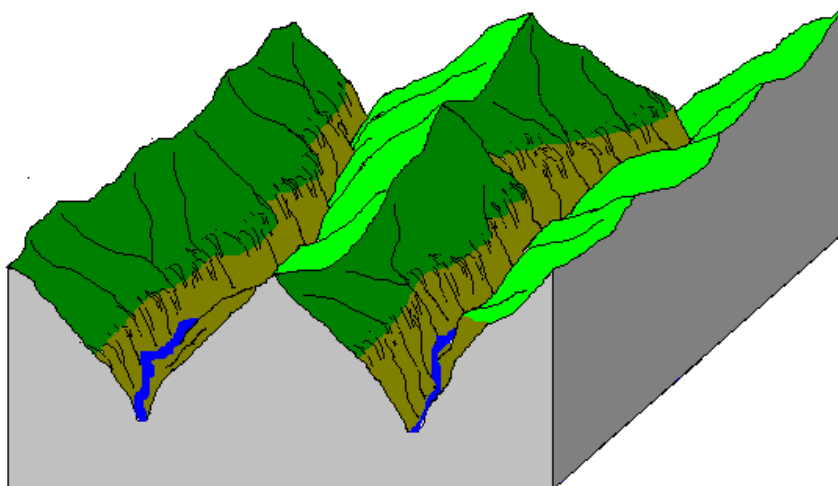
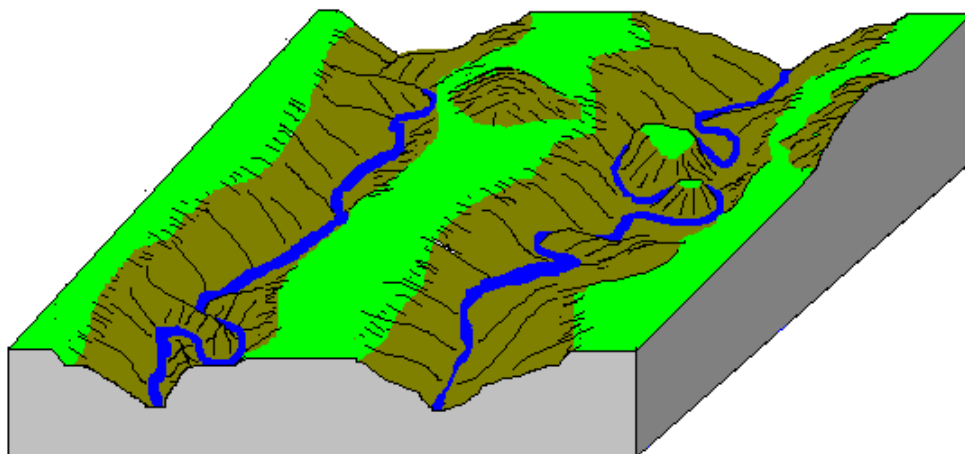
Στάδιο αναγέννησης

Εάν η περίοδος αυτή σταθερότητας ακολουθηθεί από μια περίοδο έντονης ανύψωσης της χέρσου ή ταπείνωσης της στάθμης της θάλασσας τότε το ανυψωμένο πανεπίπεδο δημιουργεί μια επιφάνεια ίδιου περίπου υψομέτρου η οποία ονομάζεται επιφάνεια επιπέδωσης. Στην περίπτωση αυτή η περιοχή του πανεπίπεδου καθώς το βασικό επίπεδο βρίσκεται πολύ χαμηλότερα από την επιφάνειά του αρχίζει πάλι να υφίσταται τις διεργασίες της διάβρωσης – απογύμνωσης. Οι παλαιές ομαλές (μικρής κλίσης) κοίτες που ρέουν στην επιφάνεια αυτή αποτελούν τα ίχνη που θα ακολουθήσει η κατά βάθος διάβρωση (η εκβάθυνση δηλαδή των κοιτών). Η κατά

βάθος διάβρωση των κοιτών οδηγεί στον εγκιβωτισμό των ποταμών σε μια σταθερή κοίτη με απότομα τοιχώματα. Πολλές φορές οι αρχικές κοίτες του πανεπίπεδου ήταν μαιανδρικές οπότε δημιουργούνται οι εγκιβωτισμένοι μαιάνδροι που έχουν την χαρακτηριστική οφιοειδή μορφή αλλά απότομα τοιχώματα. Η διαδικασία που περιγράφηκε ονομάζεται αναγέννηση και το ανάγλυφο που προκύπτει έχει χαρακτηριστικά τόσο του σταδίου γήρατος (υπόλειμμα πανεπίπεδου) όσο και του σταδίου νεότητας (απότομες πλευρές κοιλάδων και εγκιβωτισμένες κοίτες). Με την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος και εάν οι συνθήκες ευνοούν η συνεχιζόμενη διάβρωση θα δημιουργήσει ένα ανάγλυφο με τραχιά και ορεινή μορφολογία όπως αυτή του πρώτου σταδίου νεότητας. Σε ορισμένες περιπτώσεις το ανάγλυφο περνά στο στάδιο της αναγέννησης λόγω αύξησης της παροχής των ποταμών που συνήθως είναι αποτέλεσμα της αλλαγής του κλίματος της περιοχής σε πιο υγρό.

Τα χαρακτηριστικά του αναγεννημένου αναγλύφου είναι τα ακόλουθα:

- Η ανύψωση της ξηράς (λόγω πτώσης της στάθμης της θάλασσας ή λόγω τεκτονισμού) αλλά και μερικές φορές η μεγαλύτερη ποτάμια ροή (αύξηση της παροχής) προκαλεί την αύξηση της ταχύτητας ροής του ποταμού και την κατά βάθος διάβρωση
- Οι κοιλάδες αποκτούν χαρακτηριστικά του νέου σταδίου εξέλιξης αλλά επιπλέον διατηρούν τα χαρακτηριστικά του παλαιού – προηγούμενου σταδίου
- Μπορεί να συμβεί σε οποιοδήποτε στάδιο εξέλιξης του αναγλύφου (ωριμότητα, προχωρημένη ωριμότητα, γήρας).



Το ανάγλυφο στο αναγέννησης.

Ποτάμια γεωμορφές

Τύποι ποτάμιων κοιτών

Τα ποτάμια και οι διεργασίες που σχετίζονται με αυτά, αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα γεωμορφολογικά συστήματα που λειτουργούν στην επιφάνεια της γης. Έχουν συμβάλει στη διαμόρφωση της μορφολογίας σημαντικής έκτασης της γήινης επιφάνειας.

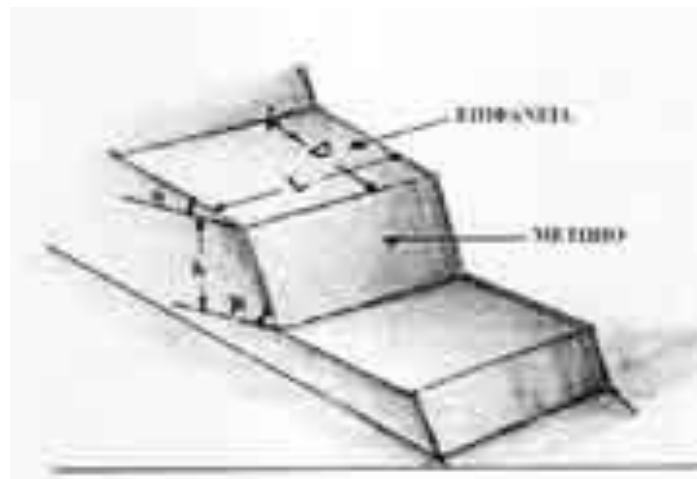
Ο όρος τύπος ποτάμιας κοίτης αφορά τη διαμόρφωση ενός ποταμού όπως φαίνεται από ψηλά. Οι τύποι των ποτάμιων κοιτών χαρακτηρίζονται από μια σειρά μορφών με

διαφορετική γεωμετρία. Οι κυριότεροι τύποι ποταμίων κοιτών είναι οι ευθυτενείς, οι μαιανδρικές, οι πλεξοειδείς και οι αναστομωμένες.

Σαν κριτήριο για τη διάκριση μεταξύ των παραπάνω τύπων κοιτών χρησιμοποιείται ο μαιανδρικός λόγος, το φορτίο, η παροχή αλλά και η κλίση της κοίτης του ποταμού. Γίνεται φανερό ότι στη φύση δεν υπάρχουν σαφή όρια μεταξύ των διαφόρων μορφών οπότε και μεταξύ των παραπάνω τύπων κοιτών υπάρχουν πολλές κοίτες που χαρακτηρίζονται ως ενδιάμεσου τύπου.

Ποτάμια αναβαθμίδες

Ένα ποτάμι το οποίο βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας, δηλαδή η κλίση της κοίτης του έχει διαμορφωθεί έτσι ώστε να έχει προσαρμοστεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στη μεταφορά των ποσοτήτων νερού και φερτών υλών από τα ανάντη προς τα κατόντη. Η ισορροπία αυτή της κοίτης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη και μπορεί να μεταβληθεί αν μεταβληθούν οι παραπάνω ποσότητες. Αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες ή μεταβολή της βλάστησης μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στις μεταφερόμενες ποσότητες νερού και υλικών με επακόλουθο τη μεταβολή της κλίσης της κοίτης του ποταμού σε ένα νέο προφίλ ισορροπίας.



Μορφολογικά χαρακτηριστικά ποτάμιας αναβαθμίδας.

Ποτάμια αναβαθμίδα είναι η γεωμορφή που αποτελείται από μια σχεδόν επίπεδη επιφάνεια που διακόπτεται από ένα απότομο μέτωπο. Θυμίζουν φυσικά σκαλοπάτια εκατέρωθεν της κοίτης ενός ποταμού.

Οι ποτάμια αναβαθμίδες είναι γεωμορφές που αποτελούν παραδείγματα διατηρημένων γεωμορφολογικών σχηματισμών που μαρτυρούν τις κλίσεις της κοίτης του ποταμού σε προηγούμενες καταστάσεις ισορροπίας του.

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά μιας αναβαθμίδας είναι αυτά της επιφάνειας και αυτά του μετώπου. Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά επιφάνειας περιλαμβάνουν την κλίση (α), το μήκος (L), το πλάτος (D), το υψόμετρο (H), τον προσανατολισμό και τα υλικά από τα οποία είναι καλυμμένη.

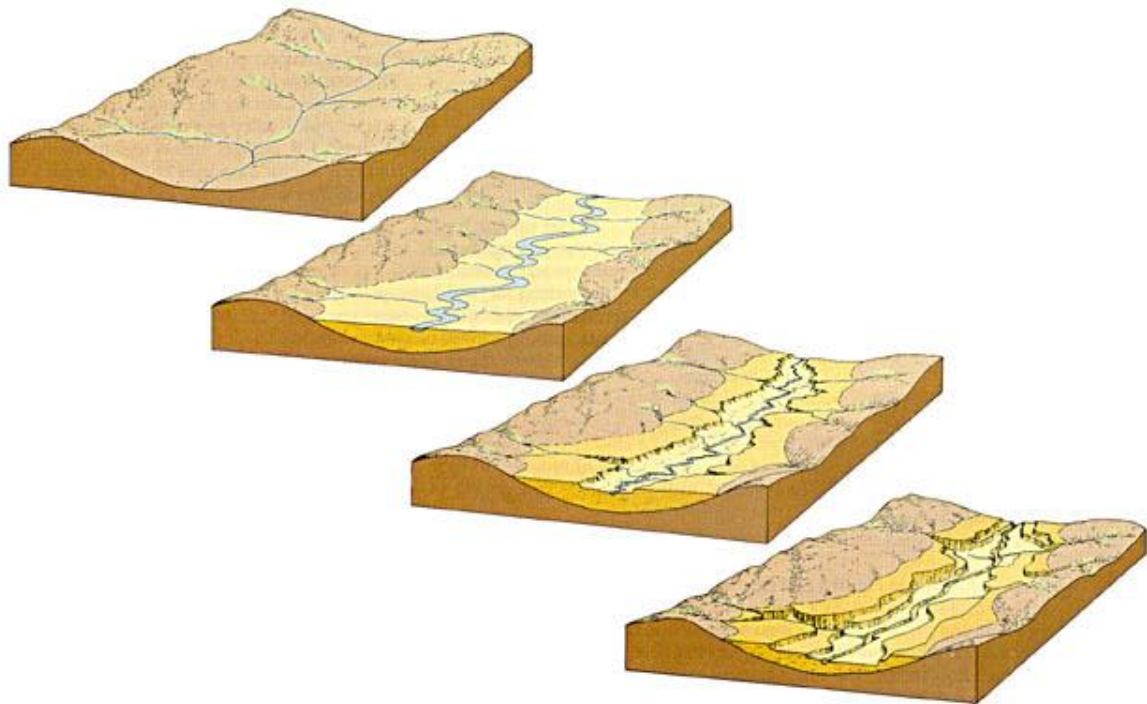
Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του μετώπου είναι η κλίση (α), το ύψος (H), τα υψόμετρα (H_1 και H_2), ο προσανατολισμός του στο χώρο και τα υλικά από τα οποία αποτελείται.

Είδη ποτάμιων αναβαθμίδων

Οι ποτάμιες αναβαθμίδες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: στις αναβαθμίδες απόθεσης και τις διαβρωσιγενείς αναβαθμίδες ή δομικές ή πετρώδεις.

Οι αναβαθμίδες απόθεσης δημιουργούνται όταν προηγηθεί μια περίοδος πρόσχωσης της κοίτης του ποταμού με φερτά υλικά που μεταφέρει και στη συνέχεια ακολουθήσει μια περίοδος απομάκρυνσής τους με ταυτόχρονη κατά βάθος διάβρωση. Έτσι στα περιθώρια της παλιάς κοίτης που έχει προσχωθεί με υλικά δημιουργούνται οι αναβαθμίδες απόθεσης ως υπολειμματικές μορφές της παλιάς επιφάνειας απόθεσης που δεν διαβρώθηκαν. Η επιφάνειά τους δηλώνει το παλαιότερο υψόμετρο και την κλίση της κοίτης του ποταμού κατά την προγενέστερη φάση πρόσχωσής της. Στην πορεία των ποταμών προς τις εκβολές η παροχή αυξάνεται και η κλίση της κοίτης μειώνεται. Παρατηρώντας τις αναβαθμίδες ενός ποταμού κατά μήκος της κοίτης του γίνεται αντιληπτό ότι τα υψόμετρα των επιφανειών τους παρουσιάζουν μια σταδιακή μείωση προς τη διεύθυνση της ροής του ποταμού, ως αποτέλεσμα της κλίσης του παλαιού πυθμένα της κοίτης που διαβρώθηκε.

Ο σχηματισμός των αναβαθμίδων απόθεσης, η διαδοχή δηλαδή φάσεων πρόσχωσης (πλήρωσης της κοίτης με φερτές ύλες – ιζήματα) και διάβρωσης των ίδιων του των αποθέσεων από τον ποταμό, μπορεί να οφείλονται σε μεταβολές του βασικού επιπέδου (της στάθμης της θάλασσας) ή ακόμη και σε μεταβολή της παροχής του ποταμού εξαιτίας αλλαγών των κλιματολογικών συνθηκών της περιοχής.

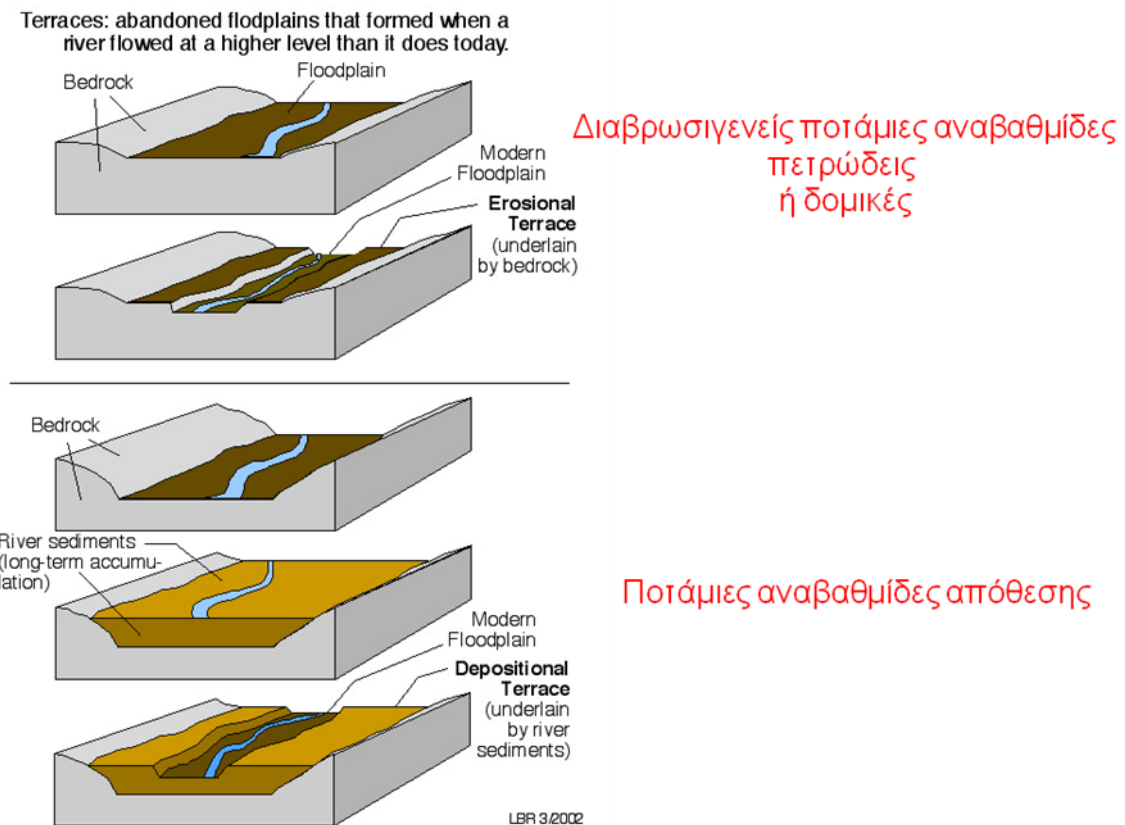


Σχηματική απεικόνιση σχηματισμού ποτάμιων αναβαθμίδων.

Οι διαβρωσιγενείς (δομικές ή πετρώδεις) ποτάμιες αναβαθμίδες δημιουργούνται όταν οι παράγοντες που προκαλούν την κατά βάθος διάβρωση ενεργοποιούνται σταδιακά. Οι αναβαθμίδες αυτές αναπτύσσονται σε πέτρωμα και όχι σε αλλουβιακές αποθέσεις του ποταμού. Αρκετά συχνά δημιουργούνται σε πετρώδεις σχηματισμούς και καλύπτονται από ένα λεπτό στρώμα αλλουβιακών αποθέσεων. Ένα ποτάμι το οποίο διαβρώνει μια επιφάνεια πετρώδη όταν δημιουργήσει ένα προφίλ ισορροπίας της κοίτης του σταματά την κατά βάθος διάβρωση και αρχίζει να διαβρώνει πλευρικά διευρύνοντάς την. Αν στη συνέχεια μεταβληθεί η κατάσταση ισορροπίας της κοίτης και αρχίσει μια νέα κατά βάθος διάβρωση, τότε το πλάτος της κοίτης του ποταμού περιορίζεται με αποτέλεσμα οι μορφολογικοί σχηματισμοί της παλιάς διεύρυνσης να παραμείνουν στα περιθώρια της κοίτης ως αναβαθμίδες (φυσικά σκαλοπάτια στο πέτρωμα).

Εάν οι κλίσεις της κοίτης είναι μικρές και ανάμεσα και ανάμεσα στις φάσεις της κατά βάθος διάβρωσης μεσολαβούν ικανοποιητικά χρονικά διαστήματα, τότε οι αναβαθμίδες δημιουργούνται κατά ζεύγη (δηλαδή και στις δύο πλευρές της κοίτης) και έχουν σχεδόν το ίδιο υψόμετρο. Όταν η κατά βάθος διάβρωση της κοίτης γίνεται με γρήγορους ρυθμούς ή ο ποταμός μαιανδρίζει, δε δημιουργούνται ζεύγη αναβαθμίδων αλλά οι αναβαθμίδες βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα και η μεταξύ

τους συσχέτιση (δηλαδή η αντιστοίχησή τους στις δύο πλευρές της κοίτης) δεν είναι εύκολη. Οι πετρώδεις ή δομικές αναβαθμίδες συνήθως είναι μικρών διαστάσεων. Οι μικρές τους διαστάσεις οφείλονται στην ανθεκτικότητα των σκληρών πετρωμάτων που απαιτούν μεγαλύτερους χρόνους για να διευρυνθεί η ποτάμια κοιλάδα.



Πετρώδεις ή δομικές ποτάμιας αναβαθμίδες και ποτάμιας αναβαθμίδες απόθεσης.

Οι φάσεις απόθεσης και διάβρωσης της κοίτης ενός ποταμού οφείλονται αποκλειστικά στην ενεργειακή κατάσταση του ποταμού. Σε περιόδους υψηλής ενέργειας η διαβρωτική και μεταφορική ικανότητα ενός ποταμού αυξάνεται με αποτέλεσμα την απομάκρυνση υλικών από την κοίτη του. Αντίθετα σε περιόδους χαμηλής ενέργειας, η μεταφορική του ικανότητα μειώνεται οπότε λαμβάνει χώρα απόθεση υλικών στην κοίτη του. Οι μεταβολές αυτές της ενεργειακής κατάστασης του ποταμού μπορεί να οφείλονται είτε στην αύξηση των ποσοτήτων νερού μέσα στην κοίτη (αύξηση της παροχής λόγω μεταβολής του κλίματος σε υγρότερο) είτε στην μεταβολή της κλίσης της κοίτης (λόγω τεκτονικής ανύψωσης της ξηράς ή πτώσης της στάθμης της θάλασσας). Στην πρώτη περίπτωση χαρακτηριστικό παράδειγμα



Ποτάμια αναβαθμίδες στο Νεπάλ.



Δύο ποτάμια αναβαθμίδες απόθεσης. Διακρίνονται οι επιφάνειες και τα μέτωπά τους.

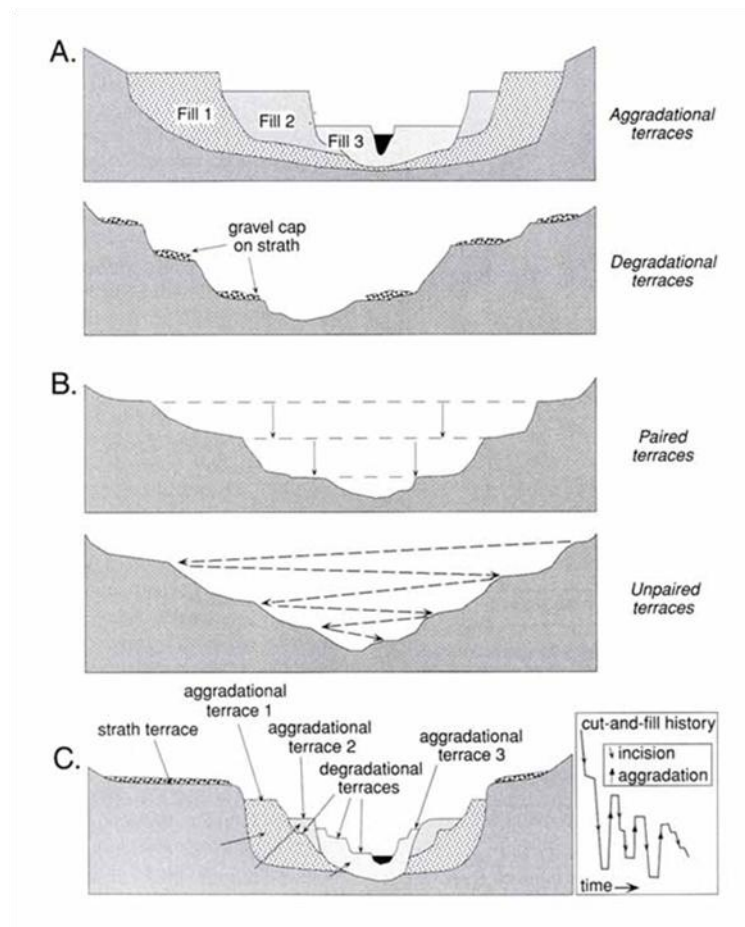


Αναβαθμίδες στη Νέα Ζηλανδία.

αποτελούν οι ποτάμιες αναβαθμίδες απόθεσης που σχηματίστηκαν στις κοιλάδες της βόρειας Ευρώπης, από ποταμούς με μεταβαλλόμενη παροχή εξαιτίας της εναλλαγής παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων του Πλειστοκαίνου.

Η χρονολόγηση των ποτάμιων αναβαθμίδων μπορεί να είναι απόλυτη ή σχετική. Η σχετική χρονολόγηση (δηλαδή η κατάταξη μιας σειράς αναβαθμίδων ανάλογα με το χρόνο σχηματισμού τους) γίνεται με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά και τα υλικά από τα οποία αποτελούνται. Μπορεί να προσδιορισθεί αν μια αναβαθμίδα είναι νεώτερη από μια άλλη καθώς και να ενταχθεί χρονικά ο σχηματισμός τους σε γεωλογικές περιόδους με βάση τις γεωλογικές συνθήκες και την ευρύτερη μορφολογία της περιοχής. Η απόλυτη χρονολόγηση (δηλαδή η εκτίμηση της ακριβούς ηλικίας) γίνεται με διάφορες μεθόδους απόλυτης χρονολόγησης (όπως με ραδιοάνθρακα οργανικών υλικών που βρίσκονται στα υλικά του μετώπου μιας αναβαθμίδας) και προσδιορίζει την ακριβή ηλικία των υλικών που αποτέθηκαν σε αυτές κατ' επέκταση την ηλικία του σχηματισμού τους.

Στις ποτάμιες αναβαθμίδες παλαιότερες είναι αυτές που βρίσκονται ψηλότερα και νεότερες είναι αυτές που βρίσκονται χαμηλότερα.



Σχηματικοί συσχετισμοί ποτάμιων αναβαθμίδων

A) Εγκάρσιες σχηματικές τομές αναβαθμίδων απόθεσης και διάβρωσης

B) Μεμονωμένες και κατά ζεύγη αναβαθμίδες

Γ) Σχηματική τομή ακολουθίας αναβαθμίδων απόθεσης και διάβρωσης.

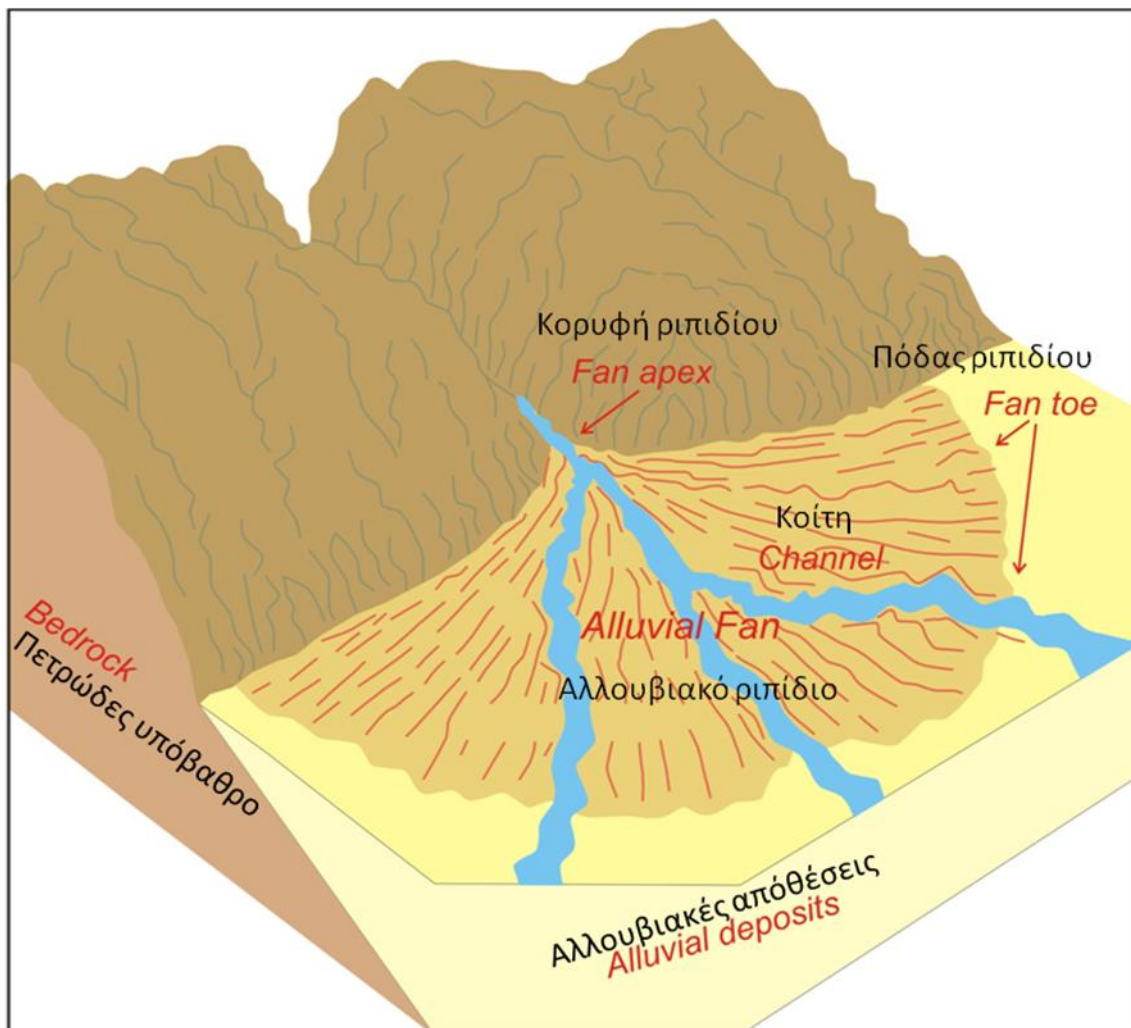
Συσχέτιση αναβαθμίδων

Αλλουβιακά ριπίδια

Αλλουβιακά ριπίδια είναι γεωμορφές απόθεσης που οφείλονται στην συσσώρευση φερτών υλών από ένα μεγάλης κλίσης παραπόταμο στο σημείο συμβολής με την κοίτη ενός μεγαλύτερου κεντρικού ποταμού. Σε περίπτωση που ο χώρος συσσώρευσης των ποτάμιων υλικών είναι η θάλασσα ονομάζονται δελταϊκά ριπίδια.

Το φαινόμενο της απόθεσης υλικών από τους χείμαρρους που κατέρχονται από περιοχές με απότομο ανάγλυφο (λόφοι, ορεινοί όγκοι) προς περιοχές με χαμηλό ανάγλυφο (πεδιάδες ή κεντρικές κοίτες μεγάλων ποταμών), οφείλεται στην απότομη μεταβολή της κλίσης της κοίτης του χείμαρρου και της μείωσης της ταχύτητας των

νερών του. Η απότομη μείωση της μεταφορικής του ικανότητας, έχει σαν αποτέλεσμα να αποθέτει τα υλικά του με την έξοδό του στην πεδιάδα χωρίς να μπορεί να τα



Σχηματική αναπαράσταση αλλουβιακού ριπιδίου και των μορφολογικών του χαρακτηριστικών.

μετακινήσει περεταίρω. Στην περίπτωση αυτή λόγω της απόθεσης των υλικών φράσσεται η κοίτη του χείμαρρου και στρέφεται προς τα πλάγια. Παράλληλα δημιουργούνται νέες εμφράξεις και τελικά οι αποθέσεις σχηματίζουν ριπιδιοειδής (μορφής βεντάλιας) σωρούς ιζημάτων που ονομάζονται αλλουβιακά ριπίδια.

Η κορυφή των ριπιδίων βρίσκεται τοπογραφικά ψηλότερα και προσδιορίζεται από την έξοδο της κοιλάδας στην πεδιάδα. Οι διαστάσεις των αλλουβιακών ριπιδίων ποικίλουν σημαντικά. Το ίδιο και η κλίση της επιφάνειάς τους. Υπάρχουν ριπίδια με

πολύ μικρή κλίση $<1^\circ$ και μεγάλο εύρος και άλλα με μεγάλη κλίση (έως και 15°) που ονομάζονται αλλουβιακοί κώνοι.

Το μέγεθος των υλικών των αλλουβιακών ριπιδίων ποικίλει σημαντικά. Στην κορυφή τους συγκεντρώνονται τα χονδρόκοκκα υλικά (κροκάλες, λατύπες, χάλικες κλπ) και όσο απομακρυνόμαστε προς την περιφέρειά του αποτίθενται τα λεπτόκοκκα (άμμος, ιλύς και άργιλος).



Αλλουβιακό ριπίδιο.

Τα αλλουβιακά ριπίδια με κριτήριο τις διεργασίες μεταφοράς και απόθεσης που τα διαμορφώνουν ταξινομούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: σε αυτά που κυριαρχούνται από τη δράση ποτάμιων διεργασιών και σε αυτά που κυριαρχούνται από κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας. Μορφολογικά τα ποτάμια διεργασίας αλλουβιακά ριπίδια έχουν μεγάλη έκταση και μικρή μορφολογική κλίση ενώ αποτελούνται από λεπτόκοκκα καλά αποστρογγυλωμένα υλικά ενώ τα ριπίδια που κυριαρχούνται από κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας έχουν μικρή μορφολογική κλίση, μικρή έκταση και αποτελούνται από αδρομερή και γωνιώδη ή υπο-γωνιώδη υλικά.



Σειρά αλλουβιακών ριπιδίων.



Αλλουβιακό ριπίδιο στις βόρειες όχθες της λίμνης Τριχωνίδα (ν. Αιτωλοακαρνανίας).

Σε περιοχές που σειρά χειμάρρων καταλήγει σε πεδινή (μικρής κλίσης) περιοχή τα αλλουβιακά ριπίδια μπορεί να συνενωθούν μεταξύ τους και να δημιουργήσουν σχηματισμούς που ονομάζονται σύνθετα αλλουβιακά ριπίδια ή bajada.

Τα αλλουβιακά ριπίδια αποτελούν περιοχές που προσφέρονται για την ανάπτυξη οικισμών, χωριών και πόλεων. Οι ευνοϊκές συνθήκες που συγκεντρώνουν είναι η ήπιας κλίσης τοπογραφία, η πλούσια υδροφορία καθώς στις αποθέσεις τους αναπτύσσεται υπόγειο νερό και η παρουσία εύφορων εδαφών για καλλιέργειες.