



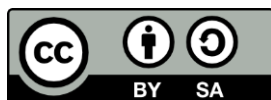
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΕ

ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

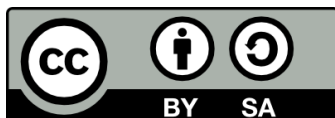
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
κ. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ**

ΣΕΡΡΕΣ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015



Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Το έργο αυτό αδειοδοτείται από την Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές Άδεια. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής, επισκεφτείτε <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.el>.

Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.

Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα είναι υψηλότερη από το επίπεδο του δαπέδου της εκσκαφής, εμφανίζονται και λιμνάζουν μέσα στην εκσκαφή νερά. Η παρουσία τους προκαλεί διάφορα προβλήματα ανάμεσα στα οποία είναι η υποβάθμιση των μηχανικών χαρακτηριστικών του υποβάθρου θεμελίωσης, η επιδείνωση της ευστάθειας των παρειών της εκσκαφής και οι τεχνικές δυσκολίες στην κατασκευή έργων από σκυρόδεμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα πετρώματα που δημιουργήθηκαν κάτω από την επιφάνεια της γης έρχονται κάποια στιγμή σε επαφή με την ατμόσφαιρα, λόγω της αποσάθρωσης που απομακρύνει τους υπερκείμενους γεωλογικούς σχηματισμούς. Η ατμόσφαιρα επιδρά στα πετρώματα αυτά με δυνάμεις και παράγοντες που τείνουν να τα θραύσουν, να τα αποσυνθέσουν και να τα μετατρέψουν σε σαθρά υλικά. Η φυσική διεργασία που περιλαμβάνει το σύνολο των φυσικών, χημικών και οργανικών δράσεων που συντελούν στην καταστροφή των γεωλογικών σχηματισμών, λέγεται αποσάθρωση.

Οι χαλαροί σχηματισμοί που προκύπτουν από τη διεργασία αυτή και πάνω στους οποίους φύεται συνήθως βλάστηση, ονομάζονται εδάφη.

Σε πολλές περιπτώσεις κατά τη διάρκεια της κατασκευής τεχνικών έργων, συναντώνται βραχώδεις σχηματισμοί. Στις περισσότερες από τις περιπτώσεις αυτές, τα όρια κατασκευής του έργου βρίσκονται μέσα στην αποσαθρωμένη ζώνη των βράχων. Επειδή η διαδικασία της αποσάθρωσης επιδρά στα διάφορα πετρώματα και μεταβάλλει τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτάται η τεχνική τους συμπεριφορά, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να γνωρίζει ο πολιτικός μηχανικός τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επίδραση αυτή.

Από τα υλικά της αποσάθρωσης των πετρωμάτων δημιουργούνται επίσης τα εδάφη, που αποτελούν στις υπόλοιπες των περιπτώσεων κατασκευής ενός τεχνικού έργου, το υπόβαθρο θεμελίωσής του. Από τον τρόπο με τον οποίο αποτίθενται οι σχηματισμοί αυτοί, εξαρτάται η γεωμετρία τους στο χώρο, τα φυσικά και τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά και η κίνηση του υπόγειου νερού μέσα από αυτούς. Οι παράμετροι αυτές, είναι ιδιαίτερα

σημαντικές τόσο για τον προγραμματισμό των έργων κατασκευής όσο και για την ευστάθεια και την καλή λειτουργία των τεχνικών έργων. Για το λόγο αυτό, η γνώση του τρόπου με τον οποίο σχηματίζονται τα εδάφη έχει ιδιαίτερη σημασία για τον μελετητή και τον κατασκευαστή μηχανικό.

3.1. Αποσάθρωση των πετρωμάτων

Η εξέταση οποιασδήποτε επιφάνειας πετρώματος που έχει εκτεθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα, δείχνει ότι αυτό έχει επηρεαστεί από την έκθεση αυτή. Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι φανερή η αποσύνθεση μίας επιφανειακής ζώνης του πετρώματος. Η διεργασία αυτή της αποσύνθεσης των πετρωμάτων υπό την επίδραση φυσικών, μηχανικών και χημικών παραγόντων που συμβάλλουν στον κατακερματισμό και τελικά την καταστροφή τους, λέγεται αποσάθρωση. Αυτή αποτελεί και το πρώτο στάδιο

για τον σχηματισμό των εδαφών και των ιζηματογενών πετρωμάτων.



Οι φυσικές διεργασίες που μετατρέπουν ένα πέτρωμα σε έδαφος, περιλαμβάνουν διεργασίες μηχανικής αποσάθρωσης που θραύουν το πέτρωμα σε μικρότερα κομμάτια και διεργασίες χημικής αποσάθρωσης που σαν στόχο έχουν την καταστροφή των ορυκτολογικών του συστατικών.

Η μηχανική αποσάθρωση εκδηλώνεται με την επίδραση της πίεσης του νερού που παγώνει μέσα στις ρωγμές των πετρωμάτων και διογκώνεται διευρύνοντάς τες. Εκδηλώνεται επίσης με τη διείσδυση των ριζών των φυτών που διευρύνουν τις ρωγμές των βράχων καθώς και με την κρυστάλλωση νέων ορυκτών μέσα στις ρωγμές αυτές.

Οι μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας στη διάρκεια του 24ώρου, προκαλούν επίσης μηχανική αποσάθρωση. Επειδή η επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη πλησιέστερα προς την επιφάνεια, η θερμοκρασία του πετρώματος μεταβάλλεται από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του. Δημιουργούνται με τον τρόπο αυτό ζώνες ίσης θερμοκρασίας παράλληλες προς την επιφάνεια του πετρώματος. Λόγω της προκαλούμενης διαφορετικής διαστολής και συστολής του πετρώματος, προκαλείται αποχωρισμός τμημάτων του κατά την έννοια των ζωνών αυτών και το πέτρωμα μοιάζει να ξεφλουδίζεται. Σαν αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, οι ρωγμές των βράχων διευρύνονται

κάνοντας έτσι ευκολότερη τη διείσδυση διαλυμάτων που επιδρούν στα ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων εξαλλοιώνοντάς τα.

Τα διαλύματα αυτά είναι κυρίως ασθενή οξέα της ατμόσφαιρας και συγκεκριμένα διαλελυμένο στο νερό CO_2 και οργανικά οξέα από τις ρίζες των φυτών. Με την πάροδο του χρόνου, τα οξέα αυτά προσβάλλουν τους αστρίους, τους πυρόξενους (αυγίτης) και τις αμφιβόλους (κεροσίλβη) μετατρέποντάς τους σε ορυκτά της αργίλου, ελεύθερο SiO_2 και ευδιάλυτα στο νερό άλατα. Από το πέτρωμα τελικά, απομένει ο ανθεκτικός στην αποσάθρωση χαλαζίας με τη μορφή κόκκων άμμου μέσα σε ένα αργιλικό υλικό.

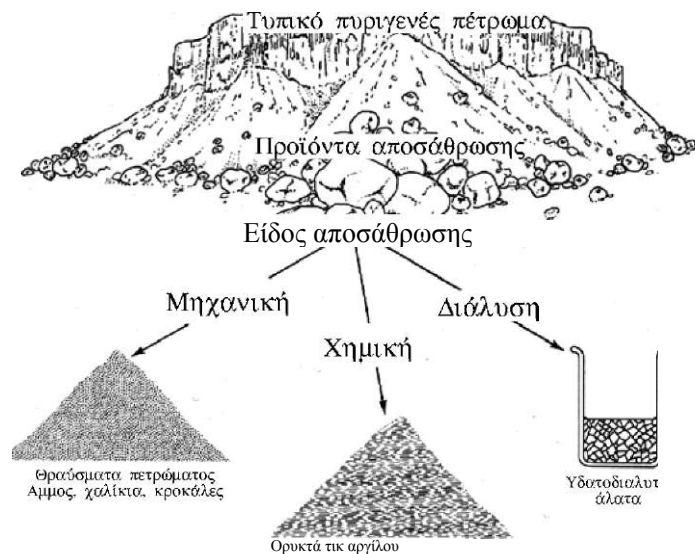
Όπως είναι προφανές, η αποσάθρωση ξεκινά από την επιφάνεια των πετρωμάτων και επεκτείνεται προς το εσωτερικό τους όσο το επιτρέπουν οι ασυνέχειες που τα διατρέχουν. Δημιουργείται με τον τρόπο αυτό μία ζώνη που περιβάλλει το υγιές πέτρωμα και στην οποία η αποσάθρωση είναι περισσότερο εκτεταμένη πλησιέστερα προς την επιφάνεια.

Στην αποσαθρωμένη ζώνη του πετρώματος, εμφανίζεται μία μεγάλη ποικιλία φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών ακόμη και μεταξύ θέσεων που απέχουν πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους. Το υλικό μέσα στη ζώνη αυτή μεταπίπτει από άργιλο σε σκληρό βράχο και από ογκόλιθους πετρώματος σε έδαφος. Είναι συνεπώς ιδιαίτερα δύσκολη η αξιολόγηση από άποψη φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών του υλικού μιάς τέτοιας ζώνης.

Παρόλα αυτά, επειδή τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του ίδιου τύπου πετρωμάτων είναι περίπου τα ίδια και επί πλέον, επειδή από πετρώματα συγκεκριμένου πετρογραφικού τύπου παράγονται τα ίδια προϊόντα αποσάθρωσης, είναι δυνατή η εκτίμηση των επιπτώσεων της παρουσίας ζώνης αποσάθρωσης κάποιου πετρώματος, στην κατασκευή ενός τεχνικού έργου.

Η αποσάθρωση και η διάβρωση (η απόσπαση του αποσαθρωμένου υλικού και η μεταφορά του σε άλλη θέση) είναι οι κύριες διεργασίες καταστροφής των πετρωμάτων και δημιουργίας του υλικού των ιζηματογενών σχηματισμών. Αποδυναμώνοντας τα πετρώματα και υποβαθμίζοντας τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά έτσι ώστε να θραύονται εύκολα, η χημική αποσάθρωση δημιουργεί τα υλικά-συστατικά των ιζημάτων. Τα υλικά αυτά έχουν τα χαρακτηριστικά των μητρικών τους πετρωμάτων.

Στις περιπτώσεις που η χημική αποσάθρωση έχει ολοκληρωθεί, τα ορυκτά και οι χημικές ενώσεις που συναντώνται είναι άργιλος, οξειδία του σιδήρου και κόκκοι χαλαζία. Επειδή όμως οι περιπτώσεις αυτές είναι σπάνιες, τα παραπάνω ορυκτά συνυπάρχουν με μικρά ή μεγάλα κομμάτια του πετρώματος, τα οποία όμως είναι έντονα εξαλλοιωμένα.



3.3. Αντοχή των πετρωμάτων Προϊόντα αποσάθρωσης των πετρωμάτων, στην αποσάθρωση

Η αποσάθρωση των πετρωμάτων πολύ σπάνια είναι πλήρης. Συνήθως ένα μέρος των ορυκτών του πετρώματος καταστρέφεται ολοκληρωτικά ενώ το υπόλοιπο είναι μερικώς εξαλλοιωμένο. Από τα πετρογενετικά ορυκτά, ο χαλαζίας υφίσταται μόνο μηχανική αποσάθρωση (άν και είναι εξαιρετικά ανθεκτικός) ενώ οι άστριοι και οι μαρμαρυγίες υφίστανται κυρίως χημική και λιγότερο μηχανική αποσάθρωση, αφού ήδη μετατρέπονται σε άλλα ορυκτά όσο βρίσκονται ακόμη στη θέση του μητρικού τους πετρώματος.

Η ανθεκτικότητα των πετρωμάτων στην αποσάθρωση, εξαρτάται από το είδος των πετρογενετικών τους ορυκτών, από τον ιστό τους και από την παρουσία ασυνεχειών. Όταν λοιπόν κάποιο πέτρωμα συναντάται στα πλαίσια της κατασκευής ενός τεχνικού έργου, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η κατάσταση του από άποψη υγείας, όταν είναι γνωστές οι παραπάνω παράμετροι.

Πίνακας 3.3.1.

Ανθεκτικότητα των κυριώτερων πετρογενετικών ορυκτών στην αποσάθρωση.

Όνομα	Χημική σύσταση	Αντοχή στην αποσάθρωση	Προϊόντα αποσάθρωσης	Συναντώνται στα πετρώματα
Ορθόκλαστο	K-Al-πυριτική ένωση	Ανθεκτικό στη χημική αποσάθρωση	Ορυκτά της αργίλου	Οξίνα και ενδιάμεσα πυριγενή, γνεύσιο, σχιστόλιθο
Πλαγιόκλαστα	Na/Ca-Al-πυριτική ένωση	Η ανθεκτικότητα μειώνεται όσο αυξάνεται το Ca	Ορυκτά της αργίλου	Ενδιάμεσα και βασικά πυριγενή, αμφιβολίτη
Αυγίτης Κεροσίβη	Mg/Ca/Fe-Al-πυριτική ενώσεις	Αρκετά ανθεκτικά στην αποσάθρωση	Χλωρίτης, σερπεντίνης	Βασικά πυριγενή, μεταμορφωμένα (αμφιβολίτες)
Χαλαζίας	SiO ₂	Υψηλή ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση		Οξίνα πυριγενή, μεταμορφωμένα, κλαστικά ιζηματογενή
Μοσχοβίτης (α) Βιοτίτης (β)	K-Al-OH-πυριτική ένωση Fe-Mg-K-Al-OH-πυριτική ένωση	Ελατά και όγκιμα (α) αποσαθρώνεται δύσκολα (β) Αποσαθρώνεται εύκολα	Ορυκτά της αργίλου	Οξίνα και ενδιάμεσα πυριγενή, μεταμορφωμένα και κλαστικά ιζηματογενή
Ορυκτά της αργίλου (Καολινίτης, Ιλίτης, Μοντμοριλλονίτης)	Al-πυριτική ένωση-OH	Δεν αποσαθρώνονται (αποτελούν τελικό στάδιο αποσάθρωσης)		Κλαστικά ιζηματογενή, αποσαθρωμένα πετρώματα
Ασβεστίτης	CaCO ₃	Χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση, διαλύεται εύκολα από το νερό		Μάρμαρο, ασβεστόλιθος, μάργα, ψαμμίτης
Δολομίτης	(Ca,Mg)CO ₃	Χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση, διαλύεται εύκολα από το νερό		Δολομιτικό μάρμαρο, δολομίτης
Γύψος	CaSO ₄ *2H ₂ O	Πολύ χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση, ιδιαίτερα ευδιάλυτο από το νερό		Γύψος (πέτρωμα), άργιλοι
Ανυδρίτης	CaSO ₄	Καμμία αντοχή στην αποσάθρωση, ευδιάλυτο από το νερό		Ανυδρίτης (πέτρωμα)

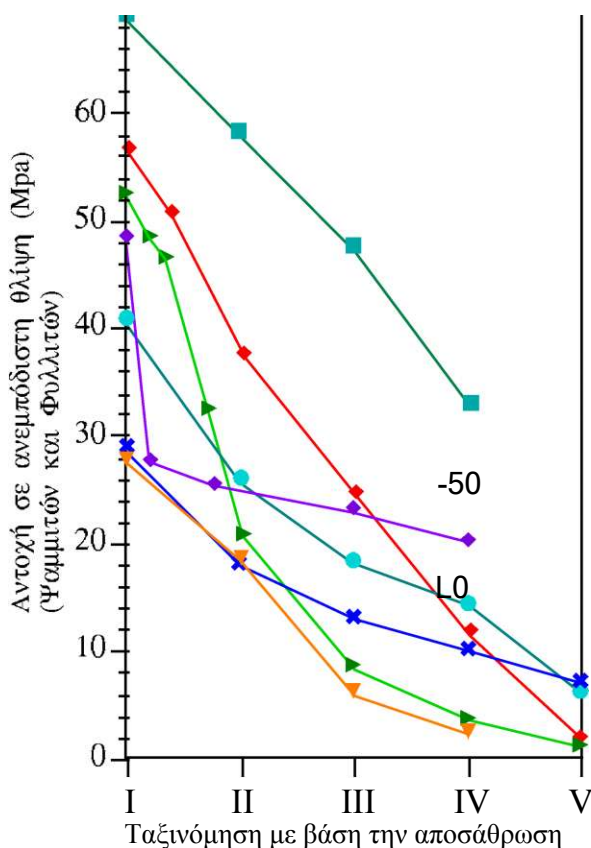
3.3. Σημασία της αποσάθρωσης στην τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων

Αποτέλεσμα, από τεχνική άποψη, της αποσάθρωσης κάποιου πετρώματος, είναι η ελάττωση του μέτρου ελαστικότητας, η μείωση της αντοχής σε διάφορες μηχανικές καταπονήσεις (θλίψη, κάμψη, εφελκυσμό, κρούση κ.λ.π) και η αύξηση του πορώδους του (του ποσοστού των κενών μέσα στη μάζα του).

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η αποσάθρωση μαζί με τον πετρογραφικό τύπο, παίζει ένα ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στα μηχανικά χαρακτηριστικά και στην τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων.

Με βάση το βαθμό αποσάθρωσης, είναι δυνατόν να αξιολογηθεί ένα πέτρωμα ως υπόβαθρο θεμελίωσης ενός τεχνικού έργου ή ως δομικό υλικό. Είναι επίσης δυνατό, το να προβλεφθούν και να αποφευχθούν γεωτεχνικά προβλήματα που κάτω από άλλες συνθήκες θα είχαν προκύψει μετά την κατασκευή του έργου.

Τέτοια γεωτεχνικά προβλήματα είναι, μεταξύ άλλων, οι καθιζήσεις, οι ολισθήσεις και οι καταπτώσεις πρανών των εκσκαφών, η διόγκωση των θεμελίων και η παρουσία υπόγειων νερών.



Επίδραση της αποσάθρωσης στην αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη διαφόρων πετρωμάτων.

Η εκτίμηση του βαθμού αποσάθρωσης ενός πετρώματος που αποκαλύπτεται στη διάρκεια των εργασιών κατασκευής ενός τεχνικού έργου μπορεί να γίνει με βάση τα δεδομένα του πίνακα 3.3.1.

Πίνακας 3.3.1. Εκτίμηση του βαθμού αποσάθρωσης πετρωμάτων

Επειδή η εκτίμηση της κατάστασης από άποψη υγείας ενός πετρώματος υπόκειται

Ταξινόμηση με βάση την αποσάθρωση		Μακροσκοπική εξέταση	Δοκιμή με κρούση	Εξέταση σε μικροσκόπιο	Προσδιορισμός πορώδους, υδαταπορροφητι κότητας
Υφή και δομή πετρώματος	V1 Υγιές πέτρωμα	Συνεκτική δομή, ορυκτά χωρίς αλλοιώσεις	Συνεκτικό, σκληρό, δεν σπάει εύκολα	Προφανείς διαφορετικές αποχρώσεις των ορυκτών	Τιμές αντίστοιχες υγιούς πετρώματος
	V2 ελαφρά αποσαθρωμένο πέτρωμα	Σποραδικές αλλοιώσεις σε ορυκτά	Σπάει σε μεγάλα κομμάτια	Σε διάφορα σημεία έχουν λειανθεί τα ορυκτά	Πορώδες έως 3% Υδαταπορ. έως 1%
	V3 Αποσαθρωμένο πέτρωμα	Εκτεταμένη αποσάθρωση και αλλαγή του χρώματος ορυκτών	Με το σφυρί σπάει εύκολα σε μικρά κομμάτια	Εντονη αλλοίωση των ορυκτών, αρχή σχηματισμού νέων	Πορώδες >3% Υδαταπ. >1%
Αποσαθρωμένο πέτρωμα. Υφή και δομή χαλαρού σχηματισμού	V4 κοκκώδες ψαθυρό υλικό, εντελώς αποσαθρωμένο πέτρωμα	Καταστροφής της δομής του πετρώματος. Οι κρύσταλλοι των ορυκτών αποτελούν ασύνδετους κόκκους.	Σπάει και με το χέρι αλλά δύσκολα		Πορώδες >10% Κοκκομετρία: >60% διάμετρο <0.06mm
	V5 εδαφικό υλικό	Δεν αναγνωρίζεται υφή πετρώματος	Διαλύεται με τα δάκτυλα		Πορώδες >15% Κοκκομετρία: >40% διάμετρο <0.06mm

συχνά σε υποκειμενικά κριτήρια, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας ενιαίος τρόπος αξιολόγησης του βαθμού αποσάθρωσης των πετρωμάτων.

Ενας τρόπος που έχει γίνει διεθνώς αποδεκτός, βασίζεται στην πρόταση της Γεωλογικής Εταιρείας του Λονδίνου (πίνακας 3.3.2). Σύμφωνα με την πρόταση αυτή, οι γεωλογικοί σχηματισμοί κατατάσσονται με βάση την κατάσταση τους από άποψη αποσάθρωσης σε έξι κατηγορίες.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην ταξινόμηση αυτή δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη το είδος του πετρώματος αλλά μόνο η κατάσταση του από άποψη υγείας.

Πίνακας 3.3.2.
Ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών με βάση το βαθμό αποσάθρωσης.

Κατηγορία	Συμβολισμός	Χαρακτηριστικά
IA	F (Fresh)	Κανένα ίχνος αποσάθρωσης
IB	F.W. (Faintly Weathered)	Ίχνη αποσάθρωσης μόνο στις επιφάνειες των ασυνεχειών
II	S.W. Slightly Weathered	Έντονη αποσάθρωση στις επιφάνειες των ασυνεχειών και ελαφρά στο βραχώδες υλικό
III	M.W. (Moderately Weathered)	Εκτεταμένη αποσάθρωση σε όλη τη μάζα χωρίς το υλικό να είναι εύθρυπτο
IV	H.W. (Highly Weathered)	Εκτεταμένη αποσάθρωση σε όλη τη μάζα. Το υλικό κατά θέσεις είναι εύθρυπτο.
v	C.W. (Completely Weathered)	Πλήρης αποσύνθεση και μεγάλη ευθρυπτότητα του υλικού. Η υφή και η δομή του πετρώματος διατηρούνται.
VI	R.S. (Residual Soil)	Η μάζα χαρακτηρίζεται σαν εδαφικός σχηματισμός. Η υφή και η δομή του πετρώματος έχουν χαθεί.

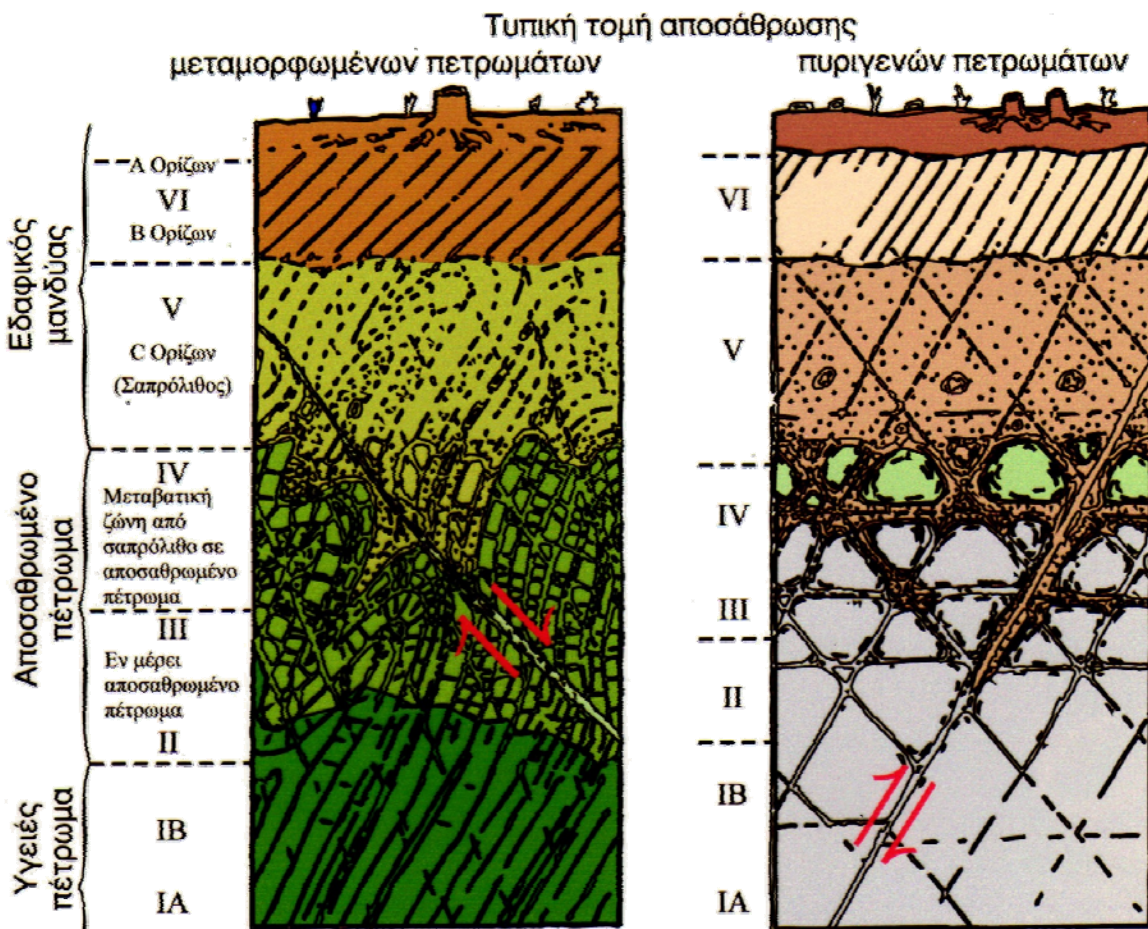
3.4. Ελλουβιακά εδάφη

Ένα μέρος του υλικού της αποσάθρωσης παραμένει στη θέση του ενώ ένα άλλο μέρος αποσπάται και μεταφέρεται σε άλλες περιοχές με τη βοήθεια του ανέμου και του νερού. Εκεί αποτίθεται σχηματίζοντας στρώματα χαλαρών σχηματισμών.

Όταν το χαλαρό αυτό υλικό μείνει στη θέση του, τότε σχηματίζει μία ζώνη εδαφικού υλικού η οποία καλύπτει το μητρικό πέτρωμα. Το πάνω μέρος της ζώνης αυτής λέγεται φυτική γή και έχει συνήθως σκοτεινό χρώμα. Είναι ένα τμήμα έντονης οργανικής δράσης και για το λόγο αυτό, πλούσιο σε οργανικές ύλες.

Κάτω από τη φυτική γή ακολουθεί ένα στρώμα εδάφους από το οποίο λείπουν τελείως τα διαλυτά ορυκτά αφού η αποσάθρωση του πετρώματος στο τμήμα αυτό έχει ουσιαστικά ολοκληρωθεί. Στο στρώμα αυτό που αποτελείται κυρίως από άργιλο, η παρουσία οργανικών ενώσεων είναι σχετικά περιορισμένη. Όλο το τμήμα από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι το σημείο αυτό, αποτελεί τον ελλουβιακό μανδύα.

Προχωρώντας σε μεγαλύτερο βάθος η παρουσία αποσαθρωμένων κομματιών του μητρικού πετρώματος γίνεται συνεχώς εντονότερη μέχρις ότου συναντηθεί η ζώνη του αποσαθρωμένου πετρώματος. Στο τμήμα αυτό το μητρικό πέτρωμα είναι κατακερματισμένο, έντονα αποσαθρωμένο και στις ρωγμές του έχει συγκεντρωθεί άργιλος. Με την αύξηση του βάθους από την επιφάνεια του εδάφους, το αποσαθρωμένο πέτρωμα μετατρέπεται σταδιακά σε υγιές. Από άποψη διαπερατότητας από το νερό, ο ελλουβιακός μανδύας και η αποσαθρωμένη ζώνη του πετρώματος χαρακτηρίζονται ως ημιπερατοί έως υδροπερατοί γεωλογικοί σχηματισμοί.



Οι ελλουβιακοί σχηματισμοί που δημιουργούνται από πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα έχουν συνήθως μικρό πάχος και για το λόγο αυτό μικρή σημασία στα έργα πολιτικού μηχανικού.

Ελλουβιακά εδάφη δημιουργούνται όμως και από ιζηματογενή πετρώματα ιδιαίτερα από ασβεστολίθους λόγω της εύκολης διάλυσής τους από το νερό. Στις περιπτώσεις αυτές τα ελλουβιακά εδάφη αποστραγγίζονται καλά παρόλο που εμφανίζουν μεγάλη πλαστικότητα. Η επαφή τους δε με το μητρικό πέτρωμα είναι ακανόνιστη. Σε ότι αφορά τα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή) το είδος του ελλουβιακού μανδύα που δημιουργείται, εξαρτάται από το είδος του συνδετικού υλικού. Συνήθως η πλαστικότητα του υλικού που προέρχεται από αδρόκοκκα κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα είναι χαμηλή. Σε ότι αφορά τη σχιστή άργιλο και τον αργιλικό σχιστόλιθο, τα πετρώματα αυτά όταν εξαλλοιωθούν μετατρέπονται και πάλι σε άργιλο.

3.5. Τεχνική συμπεριφορά των ελλουβιακών σχηματισμών

Ο ελλουβιακός μανδύας έχει συνήθως μικρό πάχος και για το λόγο αυτό μικρή σημασία στα τεχνικά έργα όπου συνήθως απομακρύνεται. Στις περιπτώσεις όμως που το πάχος του ξεπερνά τα λίγα μέτρα, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού αποτελείται κυρίως από οργανικές ύλες και άργιλο.

Από άποψη τεχνικών χαρακτηριστικών, οι οργανικές ύλες προσδίδουν στα εδάφη που τις περιέχουν πλαστικότητα και συμπίεστικότητα. Είναι συνεπώς τα εδάφη με οργανικές ύλες, πολύ δύσκολα εδάφη για θεμελίωση τεχνικών έργων και θα πρέπει όταν είναι δυνατόν να απομακρύνονται και να αντικαθίστανται (εξυγίανση του εδάφους). Σε αντίθετη περίπτωση, θα πρέπει να γίνεται βελτίωση του εδάφους θεμελίωσης με κατάλληλες τεχνικές ή να μεταφέρονται τα φορτία της κατασκευής σε βαθύτερους και περισσότερο συνεκτικούς γεωλογικούς σχηματισμούς.

Μία παράμετρος η οποία επιτείνει το πρόβλημα είναι το γεγονός ότι ελλουβιακός μανδύας αποτελείται κυρίως από άργιλο. Τα ορυκτά της αργίλου έχουν την ιδιότητα να προσροφούν νερό και να διογκώνονται ή όταν υπάρχει έλλειψη νερού στο περιβάλλον τους να αποδίδουν το νερό και να συρρικνώνονται. Όταν λοιπόν προσροφούν νερό, μετατρέπονται

σε εξαιρετικά πλαστικά εδάφη και η διατηρητική τους αντοχή πρακτικά μηδενίζεται. Σε περιόδους ξηρασίας αντίθετα, χάνουν το προσροφημένο νερό, συρρικνώνονται και ρωγματώνονται. Είναι χαρακτηριστικές οι βαθιές ρωγμές που εμφανίζονται μετά από παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας στην επιφάνεια αργιλικών εδαφών. Η συμπεριφορά αυτή κάνει τα αργιλικά εδάφη πολύ δύσκολα εδάφη για θεμελίωση τεχνικών έργων.

Ένα επί πλέον πρόβλημα είναι η διαπερατότητα του ελλουβιακού μανδύα από το νερό. Ιδιαίτερα όταν το μητρικό πέτρωμα είναι υδατοστεγές (π.χ. κάθε είδους σχιστόλιθος, γνεύσιος, τα περισσότερα πλουτώνια και πολλά ηφαιστειακά πυριγενή, ιλυόλιθος, αργιλικός σχιστόλιθος κ.ά), το νερό της βροχής που κατεισδύει μέσω του ελλουβιακού μανδύα συγκεντρώνεται στην επαφή του με το μητρικό πέτρωμα σχηματίζοντας έναν υδροφόρο ορίζοντα. Η δυναμικότητα του υδροφόρου αυτού ορίζοντα ποικίλει ανάλογα με τη γεωμετρία της επιφάνειας επαφής και την εποχή του έτους. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η παρουσία του δημιουργεί προβλήματα στην κατασκευή των τεχνικών έργων τόσο στη φάση των εκσκαφών και της θεμελίωσης όσο και στη διάρκεια της λειτουργίας τους. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποστράγγισης των θεμελίων του τεχνικού έργου.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η θεμελίωση τεχνικών έργων σε ελλουβιακά εδάφη που καλύπτουν ανθρακικούς σχηματισμούς (ασβεστόλιθους, δολομίτες, μάρμαρα) εξαιτίας της διαλυτότητας των σχηματισμών αυτών από το νερό. Σε πολλές περιπτώσεις το νερό που κατεισδύει στο υπέδαφος διαλύει τα πετρώματα αυτά, σχηματίζοντας έγκοιλα με ποικίλες διαστάσεις. Στην περίπτωση αυτή είναι πιθανή η εμφάνιση εκτεταμένων καθιζήσεων και καταστροφής των έργων.

3.6. Αλλουβιακά εδάφη

Τα υλικά της αποσάθρωσης αποσπώνται από το μητρικό πέτρωμα και με τη βοήθεια του αέρα και πιά συχνά του νερού που ρέει στην επιφάνεια του εδάφους, μεταφέρονται προς τα χαμηλότερα, μορφολογικά, σημεία. Η μεταφορική ικανότητα των χειμάρρων και επομένως η μεταφερόμενη ποσότητα υλικών, είναι ανάλογη με την ποσότητα και την ταχύτητα του νερού τους. Η ταχύτητα με τη σειρά της, εξαρτάται από την κλίση της επιφάνειας του εδάφους. Η κλίση της επιφάνειας του εδάφους στις ορεινές περιοχές είναι μεγάλη και αλλάζει απότομα στους πρόποδες των βουνών.

3.7. Τεχνική συμπεριφορά των αλλουβιακών σχηματισμών

Οι αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούν σε γενικές γραμμές, μία καλή πηγή λήψης αδρανών υλικών για κατασκευή σκυροδέματος,

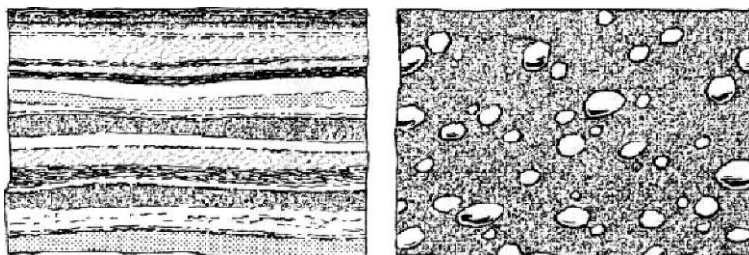
στραγγιστήριων (φίλτρων) και επιχωμάτων. Ομως ακόμη και όταν πρόκειται για στρώματα άμμων, χαλικιών ή μιγμάτων τους, πάντοτε περιέχουν και ένα μικρό ποσοστό αργίλου. Το γεγονός αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ειδικά όταν πρόκειται να γίνει χρήση τους σε κατασκευή σκυροδέματος.

Τα πρηνή σε αμμοχάλικα ιδιαίτερα όταν αυτά αποτελούν στρώματα μεγάλου πάχους (>5m) είναι ασταθή και εμφανίζουν προβλήματα ολισθήσεων ή μικρό καταπτώσεων με τη μορφή ροής υλικού.

Οι παραπάνω σχηματισμοί είναι υδροπερατοί από το νερό το οποίο συγκεντρώνεται συχνά σ' αυτούς,

σχηματίζοντας υδροφόρα στρώματα. Η παρουσία των υδροφόρων αυτών στρωμάτων, δημιουργεί διάφορα προβλήματα στις εργασίες κατασκευής των τεχνικών έργων. Τα υπόγεια νερά που συναντώνται κατά τη διάρκεια των εκσκαφών, προκαλούν υποσκαφή των πρηνών και δημιουργούν προβλήματα καταπτώσεων. Διαβρέχουν επίσης τα στρώματα αργίλου με τα οποία βρίσκονται σε επαφή προκαλώντας τις γνωστές συνέπειες. Η παρουσία υπόγειων νερών προκαλεί προβλήματα και στη διάρκεια της λειτουργίας των έργων. Στις περιπτώσεις λοιπόν, κατά τις οποίες συναντώνται στη διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών υδροφόρα στρώματα, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποστράγγισης των θεμελίων των τεχνικών έργων (κεφ.8). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στο γεγονός της μεγάλης διακύμανσης της υδροστατικής στάθμης των υπόγειων αυτών νερών κατά τη διάρκεια του έτους. Η στάθμη αυτή φθάνει στην υψηλότερη θέση της κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της άνοιξης ενώ βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της στην αρχή του φθινοπώρου.

Οι αλλουβιακές αποθέσεις, περιλαμβάνουν και στρώματα αργίλων. Οπως αναφέρεται σε προηγούμενη παράγραφο (παράγραφος 3.6), οι άργιλοι παρουσιάζουν δυσμενή τεχνική



Επάλληλα στρώματα αργίλων, Κροκάλες και χαλίκια χαλικιών, άμμων και μιγμάτων μέσα σε αργιλικό υλικό τους



συμπεριφορά. Σε κάθε περίπτωση όταν πρόκειται για θεμελίωση τεχνικού έργου, θα πρέπει να ελέγχεται η φέρουσα ικανότητά τους. Η αποστράγγιση επίσης πρίν την κατασκευή των τεχνικών έργων είναι απαραίτητη, γιατί με τη μείωση της υγρασίας αυξάνεται η διατμητική τους αντοχή. Ανεξάρτητα από τα παραπάνω, τα αργιλικά υλικά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητη η κατασκευή υδατοστεγών διαφραγμάτων, επειδή είναι υδατοστεγείς γεωλογικοί σχηματισμοί.



Ερυθρές άργιλοι με ενστρώσεις αμμοχαλικών με Αργιλομαργαϊκοί σχηματισμοί. Διακρίνονται: ο σκουρόχρωμος ελλουβιακός μανδύας, άργιλοι και αργιλοάμμοι καθώς και οι ανθεκτικότερες στη διάβρωση στρώσεις ψαμμιτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί από τη στιγμή της δημιουργίας τους και μετά, υφίστανται συνεχώς την επίδραση δυνάμεων και τάσεων οι οποίες τείνουν να τους θραύσουν. Οι δυνάμεις αυτές ασκούνται στα πετρώματα από όλες τις πλευρές και οφείλονται στο βάρος των υπερκείμενων σχηματισμών και σε τεκτονικές δυνάμεις.

Οι δυνάμεις που ασκούνται στα πετρώματα έχουν σαν συνέπεια την ανάπτυξη τάσεων σε αυτά. Είναι δυνατόν οι τάσεις αυτές να ξεπεράσουν το όριο ελαστικότητας ή την αντοχή των πετρωμάτων οπότε συμβαίνει πλαστική παραμόρφωση ή θραύση των πετρωμάτων αντίστοιχα.

Υπάρχουν βέβαια και άλλες δυνάμεις που ασκούνται στους γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι αποκαλύπτονται στην επιφάνεια του εδάφους και τείνουν να τους θραύσουν. Οι δυνάμεις που αφορούν τη διεργασία της αποσάθρωσης, δημιουργούν παρόμοιες συνθήκες καταστροφής των γεωλογικών σχηματισμών.

Η θραύση των πετρωμάτων έχει σαν συνέπεια τη δημιουργία μικρών ή μεγάλων ασυνεχειών και τη χαλάρωση της μάζας τους. Ασυνέχειες επίσης μπορεί να δημιουργηθούν και κατά τη διαδικασία σχηματισμού κάποιων πετρωμάτων. Οι επιφάνειες στρώσης των ιζηματογενών πετρωμάτων και οι επιφάνειες σχιστότητας πολλών μεταμορφωμένων, αποτελούν ουσιαστικά ασυνέχειες.

Η παρουσία ασυνεχειών στους βραχώδεις σχηματισμούς έχει μεγάλη σημασία γιατί η χαλάρωση της μάζας σημαίνει αντίστοιχη υποβάθμιση των μηχανικών τους χαρακτηριστικών. Υποδηλώνει επίσης συχνά την παρουσία υπόγειων νερών και εκτεταμένη σε βάθος αποσάθρωση.

4.1. Πτυχώσεις

Πτυχώσεις είναι οι κυματοειδείς παραμορφώσεις των γεωλογικών σχηματισμών. Προκαλούνται από τεκτονικές δυνάμεις που δημιουργούν θλιπτικές τάσεις. Οι

πτυχώσεις αποτελούν τα πιο χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ορογενετικών κινήσεων.

Η απλούστερη μορφή παραμόρφωσης ενός γεωλογικού σχηματισμού λέγεται πτυχή. Αυτή αποτελείται από δύο πλευρές τις πτέρυγες ή σκέλη. Όταν οι πτέρυγες της πτυχής συγκλίνουν προς τα κάτω η πτυχή λέγεται σύγκλινο ενώ όταν

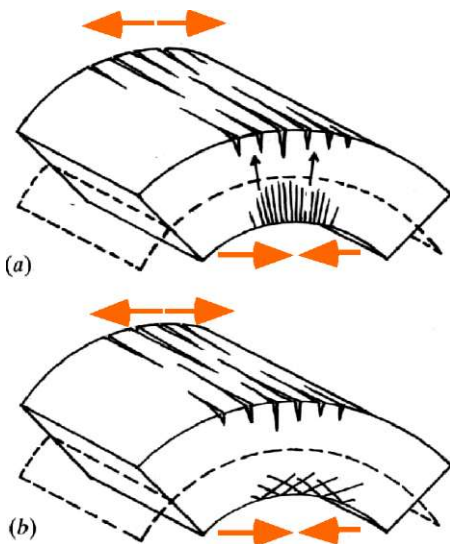


Πτυχή σε ιζηματογενή πετρώματα,

αποκλίνουν τότε λέγεται αντίκλινο.

Αξονικό επίπεδο της πτυχής είναι το επίπεδο που διχοτομεί τη διέδρη γωνία που σχηματίζουν οι πτέρυγές της.

Με βάση τη θέση του αξονικού επιπέδου οι πτυχές διακρίνονται σε κατακόρυφες (κατακόρυφο αξονικό επίπεδο), κεκλιμένες (αξονικό επίπεδο υπό κλίση) και κατακείμενες (αξονικό επίπεδο οριζόντιο).



Η παρουσία πτυχωμένων πετρωμάτων είναι ενδεικτική της μεγάλης καταπόνησης που έχουν υποστεί οι συγκεκριμένοι γεωλογικοί σχηματισμοί. Οι πτυχώσεις συνοδεύονται από μικρές ή μεγάλες διαρρήξεις των γεωλογικών σχηματισμών, ως αποτέλεσμα των τάσεων που αναπτύσσονται κατά την παραμόρφωσή τους. Στη φάση αυτή, αναπτύσσονται στο πάνω μέρος των γεωλογικών σχηματισμών εφελκυστικές τάσεις που προκαλούν τη δημιουργία ανοικτών διακλάσεων ή ρωγματώσεων. Στο κάτω μέρος αντίστοιχα, αναπτύσσονται θλιπτικές τάσεις με αποτέλεσμα τον κατακερματισμό του πετρώματος

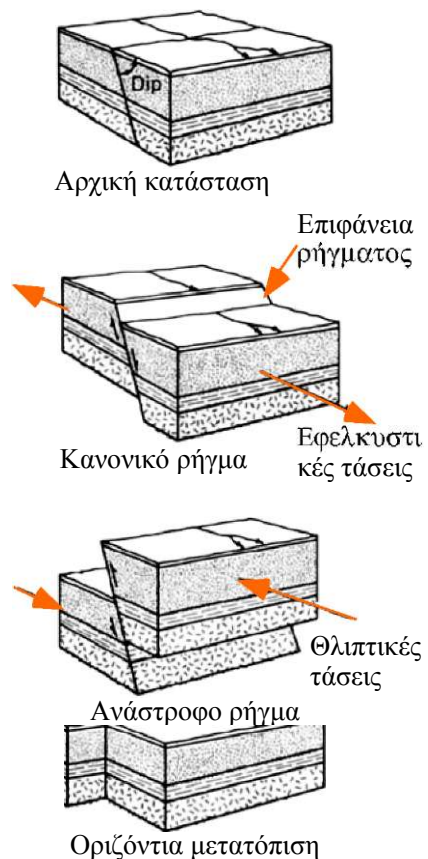
4.2. Ρήγματα

Ρήγμα είναι μιά ασυνέχεια των γεωλογικών σχηματισμών που συνοδεύεται από σχετική μετακίνηση των τεμαχών στα οποία τους διαχωρίζει. Είναι μιά επιφάνεια, η οποία συχνά έχει ορατό, στην επιφάνεια του εδάφους, μήκος πολλών χιλιομέτρων. Προκαλείται από την επενέργεια τεκτονικών δυνάμεων στους γεωλογικούς σχηματισμούς.

Η θραύση των γεωλογικών σχηματισμών επέρχεται από την ανάπτυξη εφελκυστικών ή διατμητικών τάσεων και τα τμήματα του πετρώματος που διαχωρίζονται μετατοπίζονται κατακόρυφα (μετάπτωση), οριζόντια (οριζόντια μετατόπιση) ή στρέφονται (περιστροφική κίνηση). Στην περίπτωση της μετάπτωσης η σχετική κατακόρυφη απόσταση των δύο τεμαχών λέγεται άλμα της μετάπτωσης.

Κατά τη δημιουργία του ρήγματος και υπό την επενέργεια θλιπτικών/διατμητικών τάσεων το πέτρωμα θραύεται και τα δύο τμήματά του συμπιέζονται το ένα επάνω στο άλλο. Ταυτόχρονα μετακινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συντριβή μιάς ζώνης πετρώματος που βρίσκεται σε μικρή απόσταση και στις δύο πλευρές του ρήγματος. Η ζώνη αυτή, που έχει πάχος μερικών μέτρων, λέγεται ζώνη διάρρηξης. Το πέτρωμα μέσα στα όρια της ζώνης αυτής, μετατρέπεται σε λιθοσύντριμμα ή ακόμη και σε σκόνη (μυλωνίτης). Από τεχνική άποψη, οι ζώνες διάρρηξης διαφοροποιούνται από το υπόλοιπο πέτρωμα. Η καταπόνηση, η θραύση, ο κερματισμός του πετρώματος υποβαθμίζουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά της βραχώμαζας στη ζώνη επιρροής

του τεκτονικού επεισοδίου.



Η παρουσία του λεπτόκοκκου και μεγάλης πλαστικότητας υλικού (μυλωνίτη) κάνει το υπέδαφος στη θέση αυτή, τελείως ακατάλληλο για θεμελίωση οποιουδήποτε έργου. Υπό δυσμενείς συνθήκες μάλιστα (μικρή κλίση ρήγματος ομόρροπου με το πρανές), καθιστά επισφαλή τα υπερκείμενα στρώματα για πιθανή ολίσθηση.



Από υδραυλική άποψη, αυξάνεται η υδροπερατότητα λόγω κερματισμού του μετατόπιση των τεμαχών του ρήγματος. Τα υπόγεια νερά συγκεντρώνονται στις ρωγματοωμένες ζώνες ακόμη και μέσα σε αδιαπέρατους από το νερό γεωλογικούς σχηματισμούς. Αποτέλεσμα του γεγονότος αυτού είναι η ανάπτυξη, μέσα στις ζώνες διάρρηξης, υδροφόρων οριζόντων.

4.3. Διακλάσεις

Οι ασυνέχειες που διασχίζουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς χωρίς να συνοδεύονται από σχετική μετακίνηση των επί μέρους τεμαχών που διαχωρίζουν, λέγονται διακλάσεις. Είναι αποτέλεσμα διατμητικών και εφελκυστικών τάσεων που αναπτύχθηκαν είτε κατά τη διάρκεια ορογενετικών κινήσεων ή κατά την αποσυμπίεση γεωλογικών σχηματισμών, μετά την απομάκρυνση των υπερκείμενων τους στρωμάτων λόγω αποσάθρωσης.

Οι διακλάσεις εμφανίζονται σαν ομάδες (οικογένειες διακλάσεων) υποπαράλληλων ή παράλληλων ασυνεχειών.



Διακλάσεις σε βραχώδεις σχηματισμούς.

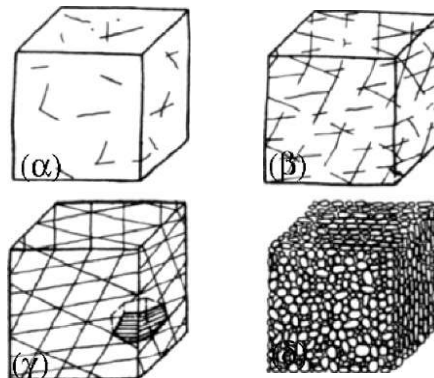
Η επίδραση που έχουν στα μηχανικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων είναι μεγάλη και εξαρτάται από το μήκος τους, το εύρος ανοίγματος τους, την πυκνότητά τους (διακλάσεις/m πετρώματος) καθώς και την παρουσία και το είδος του υλικού πληρώσεως.

4.4. Επίδραση των ασυνεχειών στη μηχανική συμπεριφορά της μάζας του πετρώματος

Οι διακλάσεις και πολύ περισσότερο οι ζώνες διάρρηξης συγκαταλέγονται μεταξύ των επιφανειών ασυνέχειας των πετρωμάτων.

Εξαιτίας των διακλάσεων και των άλλων ασυνεχειών (επιφάνειες στρώσης στα ιζηματογενή πετρώματα και επιφάνειες σχιστότητας στα μεταμορφωσιγενή), διακόπτεται η συνέχεια της μάζας των βραχωδών σχηματισμών. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όταν η πυκνότητά τους είναι μεγάλη, το πέτρωμα μετατρέπεται ουσιαστικά, σε ψαθυρό υλικό.

Σε κάθε περίπτωση πάντως, υπάρχει ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στα μηχανικά χαρακτηριστικά και την τεχνική συμπεριφορά του πετρώματος (όπως αυτό εννοείται πετρογραφικά) και της μάζας του βραχώδους υλικού που είναι διαχωρισμένη σε στοιχειώδεις όγκους εξαιτίας της παρουσίας διακλάσεων.



(α) Συμπαγής βράχος, (β) ρωγματομένος βράχος, (γ) έντονα ρωγματομένος βράχος, (δ) κατακεραματισμένος βράχος

Η τεχνική συμπεριφορά του διαρρηγμένου βραχώδους υλικού, εξαρτάται τόσο από τα μηχανικά χαρακτηριστικά του πετρώματος όσο και από τα χαρακτηριστικά των ασυνεχειών. Το πόσο επηρεάζει η κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους τη συμπεριφορά της βραχώμαζας, εξαρτάται από τις διαστάσεις του έργου και από τα