



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ ΤΕ**

# **ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ**

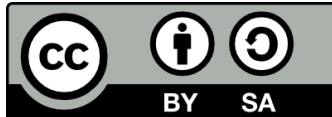
**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
κ. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ**

**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.

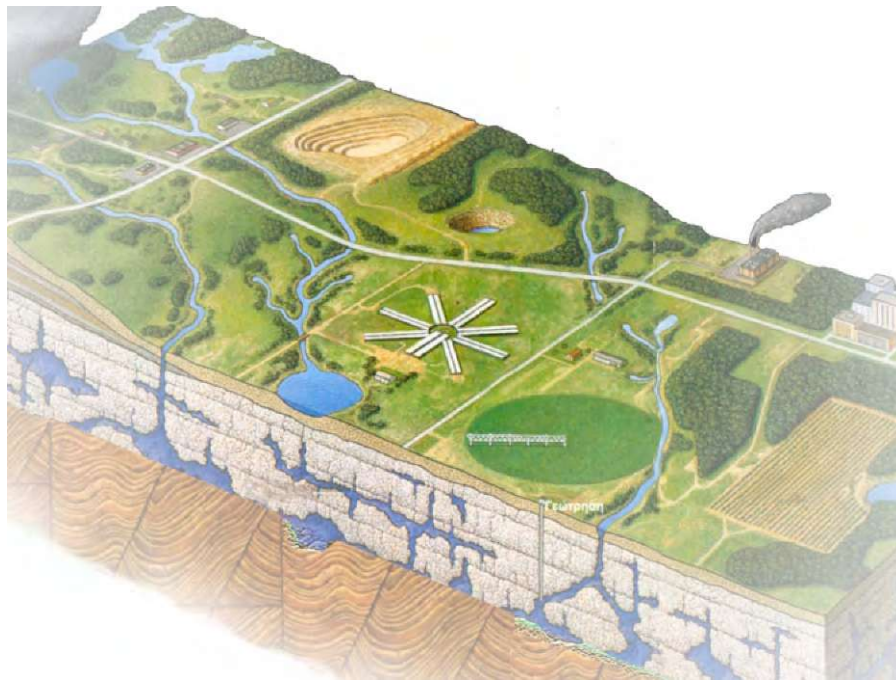
Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.

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.



# ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΜΙΚΡΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ



**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ**

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Τεχνική Γεωλογία υπηρετεί την επιστήμη και την τέχνη του πολιτικού μηχανικού με εποικοδομητικό τρόπο τόσο στη φάση της μελέτης των τεχνικών έργων όσο και στις περιπτώσεις εκείνες, κατά τις οποίες απαιτούνται επεμβάσεις για την αντιμετώπιση γεωτεχνικών προβλημάτων σε υφιστάμενες κατασκευές. Το αντικείμενο της Τεχνικής Γεωλογίας είναι ευρύτατο και όπως προκύπτει από την πράξη, καλύπτει επαρκώς τα τεχνικά θέματα που σχετίζονται με τους γεωλογικούς σχηματισμούς θεωρούμενους ως υπόβαθρο θεμελίωσης τεχνικών έργων και ως δομικά υλικά. Για τον λόγο αυτόν, το αντίστοιχο μάθημα περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών και διδάσκεται στα Τμήματα ειδικότητας Πολιτικού Μηχανικού των Ανωτάτων και των Τεχνολογικών Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων.

Η ταχεία εξέλιξη της Επιστήμης αλλά και οι ιδιαιτερότητες του αντικειμένου και του προγράμματος σπουδών του καθενός από τα παραπάνω Εκπαιδευτικά Ιδρύματα, κάνουν επιτακτική την ανάγκη χρησιμοποίησης συγγραμμάτων προσαρμοσμένων στις ανάγκες του καθενός από αυτά. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την απουσία βιβλίου προσαρμοσμένου στις διδακτικές απαιτήσεις του Τμήματος Πολιτικών Δομικών Έργων της Σ.Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Σερρών αλλά και τις ουσιαστικές ανάγκες του επαγγελματία πολιτικού μηχανικού Τ.Ε., έκαναν αναγκαία τη συγγραφή αυτών των σημειώσεων.

Η συγγραφή των σημειώσεων έγινε με βάση τη σύγχρονη βιβλιογραφία και δεδομένα διδακτικής και επαγγελματικής εμπειρίας. Τα θέματα που αναπτύσσονται σ' αυτές, επελέγησαν με σκοπό την παροχή των βασικών θεωρητικών γνώσεων και την ανάπτυξη θεμάτων εφαρμογών της Τεχνικής Γεωλογίας στη μελέτη και την κατασκευή μικρών τεχνικών έργων. Για τον λόγο αυτόν, εκτιμάται ότι οι παρούσες σημειώσεις θα βοηθήσουν στην πληρέστερη εκπαίδευση των σπουδαστών του Τ.Ε.Ι. και θα αποτελέσουν ένα χρήσιμο βοήθημα για τον επαγγελματία πολιτικό μηχανικό Τ.Ε.

Στο τέλος της επίπονης αυτής εργασίας οφείλω να ευχαριστήσω της οικογένειά μου για την υπομονή που επέδειξε σε όλη τη διάρκεια της συγγραφής της.

Αισθάνομαι επίσης την ανάγκη να ευχαριστήσω τον Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής Α.Π.Θ. κ. Αναστάσιο Μουρατίδη και τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Εργαστηρίου Τεχνικής Γεωλογίας του ίδιου Τμήματος κ. Ιωάννη Μελαδιώτη, για την αξιολόγηση της εργασίας αυτής.

Θέλω τέλος να ευχαριστήσω τους αγαπητούς συναδέλφους του Τμήματος Π.Δ.Ε. για τη συνεχή και αμέριστη συμπαράστασή τους σε κάθε δραστηριότητά μου στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος της Τεχνικής Γεωλογίας.

Κωνσταντίνος Α. Παπαθεοδώρου  
Δρ. Γεωλόγος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΟΡΥΚΤΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗΣ 4

1.1. Ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων	4
1.2. Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των ορυκτών	4
1.2.1. Σκληρότητα	5
1.2.2. Σχισμός και θραύση	5
1.3. Ελαστική και πλαστική παραμόρφωση των κρυστάλλων	6
1.4. Αντοχή των ορυκτών	7
1.5. Πετρογενετικά ορυκτά	7
1.6. Πυριτικά ορυκτά	7
1.7. Ορυκτά της αργίλου	12
1.8. Μη πυριτικά ορυκτά	13
1.9. Αναγνώριση ορυκτών και πετρωμάτων	15
1.9.1. Αναγνώριση ορυκτών με πρόχειρα μέσα	15

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

	19
2.1. Πετρώματα	19
2.2. Σχέση είδους και τεχνικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων	20
2.3. Πυριγενή πετρώματα	21
2.3.1. Κατάταξη με βάση τον τρόπο σχηματισμού	21
2.3.2. Κατάταξη με βάση τη χημική σύσταση	23
2.4. Ιζηματογενή πετρώματα	33
2.4.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά των ιζηματογενών πετρωμάτων	35
2.4.2. Κλαστικά ιζηματογενή	36
2.4.3. Χημικά και βιογενή ιζηματογενή πετρώματα	40
2.5. Μεταμορφωσιγενή πετρώματα	46
2.5.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά των μεταμορφωμένων πετρωμάτων	47
2.5.2. Κυριότερα μεταμορφωσιγενή πετρώματα	47
2.6. Αναγνώριση των πετρωμάτων	54

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ 58

3.1. Αποσάθρωση των πετρωμάτων	59
3.3. Αντοχή των πετρωμάτων στην αποσάθρωση	61
3.3. Σημασία της αποσάθρωσης στην τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων	63
3.4. Ελλουβιακά εδάφη	65
3.5. Τεχνική συμπεριφορά των ελλουβιακών σχηματισμών	67
3.6. Αλλουβιακά εδάφη	68
3.7. Τεχνική συμπεριφορά των αλλουβιακών σχηματισμών	70

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

72

4.1. Πτυχώσεις	73
4.2. Ρήγματα	74
4.3. Διακλάσεις	75
4.4. Επίδραση των ασυνεχειών στη μηχανική συμπεριφορά της μάζας του πετρώματος	76
4.5. Ασυνέχειες και τεχνικά προβλήματα	78
4.6. Αποτύπωση των ασυνεχειών	79

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### ΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΩΣ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ 102

6.1. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα χρήσης των πετρωμάτων	102
6.1.1. Δράση του παγετού	102
6.1.2. Χημική καταστροφή	103
6.1.3. Φυσική καταστροφή	104
6.2. Τα πετρώματα ως αδρανή για παρασκευή σκυροδέματος	104

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

<b>ΣΕΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ</b>	<b>108</b>
7.1. Σεισμοί	109
7.2. Είδη σεισμών	109
7.3. Αίτια γένεσης των τεκτονικών σεισμών - θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών	110
7.5. Σεισμικά κύματα	113
7.6. Μέγεθος των σεισμών	116
7.7. Ενταση των σεισμών	116
7.8. Εμπειρικός προσδιορισμός της μέγιστης σεισμικής επιτάχυνσης	117
7.9. Επίδραση των σεισμών στα τεχνικά έργα	118
7.10. Μελέτη της κατανομής βλαβών από σεισμούς	119
7.11. Παράγοντες που επηρεάζουν τη σεισμική κίνηση	120
7.12. Υπολογισμός της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης	121
7.13. Επίδραση των γεωλογικών χαρακτηριστικών του υποβάθρου θεμελίωσης στο μέγεθος των σεισμικών βλαβών	122
7.14. Προσδιορισμός του πλάτους μετάθεσης στο επιφανειακό στρώμα	123
7.15. Σεισμικός κίνδυνος και στατιστική πρόγνωση αυτού	125
7.16. Η σεισμική δράση στην Ελλάδα	126

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

<b>ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ</b>	<b>130</b>
8.1. Πορώδες	131
8.2. Υδροπερατότητα	132
8.3. Τύποι υδροφόρων οριζόντων	135
8.4. Κίνηση του υπόγειου νερού	136
8.5. Υπόγεια νερά και τεχνικά έργα	138

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ</b>	<b>141</b>
<b>ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ</b>	<b>141</b>
9.1. Αίτια εμφάνισης των κατολισθήσεων	141
9.2. Ταξινόμηση των κατολισθήσεων	142



9.3. Μέτρα προστασίας και επεμβάσεις σταθεροποίησης	144
<b>ΕΚΣΚΑΦΕΣ</b>	<b>145</b>
9.4. Εκσκαφές σε βραχώδεις σχηματισμούς	146
9.5. Εκσκαφές σε χαλαρούς σχηματισμούς	148
9.6. Γεωλογική και γεωτεχνική έρευνα του υποβάθρου	

θεμελίωσης τεχνικών έργων	150
---------------------------	-----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

<b>ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ</b>	<b>152</b>
10.1. Χάρτες	153
10.2. Τοπογραφικοί χάρτες	154
10.3. Ενδείξεις τοπογραφικών χαρτών	156
10.4. Γεωλογικοί χάρτες	156
10.5. Τοπογραφικές τομές	157
10.6. Κατασκευή τοπογραφικής τομής	158
10.7. Μορφή των γεωλογικών σχηματισμών	161
10.8. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά των στρωμάτων	163
10.8.1. Πάχος στρώματος	163
10.8.2. Κλίση και παράταξη στρώματος	164
10.8.3. Πραγματική και φαινόμενη γωνία κλίσης	164
10.9. Κατασκευή γεωλογικής τομής	167
10.10. Το πρόβλημα των τριών σημείων	170
10.11. Επίλυση του προβλήματος των τριών σημείων	170

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

### ΚΑΙ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ

Κάθε δραστηριότητα του πολιτικού μηχανικού βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια της γής αφού όλα τα έργα του μηχανικού εδράζονται ή βρίσκονται μέσα στο επιφανειακό τμήμα του γήινου φλοιού. Η επιστήμη του πολιτικού μηχανικού περιλαμβάνει τη μελέτη των έργων αυτών και τον έλεγχο της κατασκευής των.

Η γεωλογία σαν επιστήμη περιλαμβάνει ένα ευρύτατο αντικείμενο. Η μελέτη της δομής της γής, του κάθε είδους ορυκτού και πετρώματος, της εξέλιξης της ζωής, της εξέλιξης της επιφάνειας του εδάφους καθώς και η έρευνα για την προστασία από φυσικά φαινόμενα (σεισμούς, πλημμύρες, κατολισθήσεις κ.λ.π) περιλαμβάνονται στο αντικείμενο της επιστήμης αυτής.

Οι εφαρμογές της γεωλογίας στην τέχνη και την επιστήμη του πολιτικού μηχανικού αποτελούν την τεχνική γεωλογία. Συγκεκριμένα, η τεχνική γεωλογία είναι ο κλάδος της γεωλογικής επιστήμης, που σαν στόχο έχει να βοηθήσει στην εφαρμογή της επιστήμης του μηχανικού μέσω της περιγραφής των φυσικών ιδιοτήτων, της δομής και των τεχνικών χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών που βρίσκονται στην περιοχή ενός τεχνικού έργου. Επίσης με τη μελέτη της διαίτας των υπόγειων νερών να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των συνεπειών που έχει η παρουσία τους στην κατασκευή και τη λειτουργία των τεχνικών έργων.

Πολλές φορές, τα προβλήματα που προκύπτουν σε τεχνικά έργα έχουν αποδεδειγμένα συνδεθεί με παραμέτρους του υποβάθρου θεμελίωσης. Στις περιπτώσεις αυτές, η τεχνική γεωλογία μπορεί να θεωρηθεί ως ένα επιστημονικό βοήθημα για τον προσδιορισμό τόσο των παραγόντων που δημιουργούν προβλήματα στην πορεία των κατασκευαστικών εργασιών όσο και αυτών που μπορεί να επηρεάσουν την ευστάθεια των κατασκευών στη διάρκεια της ζωής τους. Κατά συνέπεια, η συμβολή της Τεχνικής Γεωλογίας σε ένα στάδιο πριν τη μελέτη και φυσικά την αρχή των εργασιών κατασκευής ενός έργου, υπηρετεί την τέχνη του πολιτικού μηχανικού με εποικοδομητικό τρόπο. Το ίδιο ισχύει και στις περιπτώσεις κατά τις οποίες απαιτούνται επεμβάσεις για την αντιμετώπιση γεωτεχνικών προβλημάτων σε υφιστάμενες κατασκευές.

Η τεχνικογεωλογική μελέτη της θέσης κατασκευής και της ευρύτερης περιοχής ενός τεχνικού έργου, δίνει τη δυνατότητα:

πρόβλεψης πιθανών μεταβολών στο σχεδιασμό του έργου, εξαιτίας υπεδαφικών συνθηκών. Παροχής πληροφοριών σχετικών με διαθέσιμα υλικά δόμησης στην περιοχή (ποσότητα, καταλληλότητα κ.λπ).

Καθορισμού των τεχνικών προδιαγραφών των εργασιών κατασκευής του έργου.

Πρόβλεψης και αντιμετώπισης γεωτεχνικών προβλημάτων που συνδέονται με τις εργασίες κατασκευής ή μπορεί να εμφανισθούν κατά τη διάρκεια λειτουργίας του έργου.

Πρόβλεψης και αντιμετώπισης τεχνικών προβλημάτων σχετικών με υπόγεια νερά.

Προϋπολογισμού του όγκου και του κόστους των εκσκαφών.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η εκπαίδευση των πολιτικών μηχανικών σε θέματα τεχνικής γεωλογίας μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη τόσο στον μελετητή όσο και στον κατασκευαστή μηχανικό.

Ο σκοπός των σημειώσεων αυτών είναι η εισαγωγή του πολιτικού μηχανικού σε γεωλογικές έννοιες που θα του φανούν χρήσιμες στην εργασία του και η εξοικείωσή του με τις έννοιες της τεχνικής γεωλογίας. Στόχος είναι επίσης, η παροχή εκείνων των γνώσεων που θα βοηθήσουν τον ίδιο να αντιμετωπίσει πρακτικά, κάθε πρόβλημα που μπορεί να προκύψει σε συνήθους κλίμακας έργα.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, απαραίτητες προϋποθέσεις είναι:

η δυνατότητα αναγνώρισης βασικών πετρογεννητικών ορυκτών και των φυσικών και τεχνικών χαρακτηριστικών τους.

Η δυνατότητα αναγνώρισης των συνηθέστερων τύπων πετρωμάτων και η γνώση των φυσικών και των μηχανικών τους χαρακτηριστικών που καθορίζουν και την τεχνική τους συμπεριφορά.

Η γνώση των γεωλογικών συνθηκών σχηματισμού των πετρωμάτων και των εδαφών.

Η γνώση των φυσικών παραμέτρων, των οποίων η επίδραση έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση των μηχανικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων.

Η δυνατότητα εργαστηριακού ελέγχου των φυσικών και των μηχανικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων. Η μελέτη της διαίτας των υπόγειων νερών.

Η μελέτη φαινομένων φυσικών καταστροφών (σεισμοί, κατολισθήσεις) στην κλίμακα των έργων του πολιτικού μηχανικού. Με βάση τις παραπάνω προϋποθέσεις, επελέγη το περιεχόμενο των σημειώσεων της Τεχνικής Γεωλογίας. Στις σημειώσεις αυτές, τα θέματα που εκτίθενται πιο πάνω, παρουσιάζονται με τη σειρά του επόμενου διαγράμματος.

**ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑ**  
Αναγνώριση πετρογεννητικών ορυκτών

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ**  
Αναγνώριση πετρωμάτων. Φυσικά χαρακτηριστικά και τεχνική συμπεριφορά.

<b>ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ</b> Σχηματισμός των πετρωμάτων. Αποσάθρωση των πετρωμάτων. Δημιουργία εδαφών.	<b>ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ</b> Παραμορφώσεις και διαρρήξεις των γεωλογικών σχηματισμών.	<b>ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ</b> Διάτατα των υπόγειων νερών.

**ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ**

ΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΩΣ  
ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ  
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ  
ΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΩΣ  
ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΑ  
ΕΡΓΑ  
ΤΕΧΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

Σεισμοί Κατολισθήσεις  
Εκσκαφές

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΟΡΥΚΤΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗΣ

### 1.1. Ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων

Τα ορυκτά είναι τα φυσικά, ανόργανα, στερεά και ομογενή σώματα με συγκεκριμένη χημική σύσταση και κρυσταλλική δομή, τα οποία αποτελούν τα συστατικά του στερεού φλοιού της Γής. Τα ορυκτά είναι τα δομικά στοιχεία των πετρωμάτων.

Από ένα σύνολο 5000 περίπου γνωστών ορυκτών, 30 έως 35 χαρακτηρίζονται ως ουσιώδη πετρογενετικά ορυκτά αφού από αυτά αποτελείται το σύνολο σχεδόν των πετρωμάτων που συναντώνται. Η μελέτη των φυσικών και των μηχανικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων βασίζεται στη γνώση των αντίστοιχων ιδιοτήτων των πετρογενετικών τους ορυκτών.

### 1.2. Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά των ορυκτών

Τα πετρογενετικά ορυκτά είναι σχεδόν όλα κρυσταλλικά σώματα. Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των ορυκτών όπως και όλων των κρυσταλλικών σωμάτων, εξαρτώνται από την κρυσταλλική τους δομή.

Είναι δυνατόν ορυκτά της ίδιας ακριβώς χημικής σύστασης να παρουσιάζουν διαφορετικές ιδιότητες και μηχανική συμπεριφορά (γραφίτης-διαμάντι) εξαιτίας του γεγονότος ότι έχουν διαφορετική κρυσταλλική δομή.

Χαρακτηριστικό των κρυσταλλικών σωμάτων και επομένως και των ορυκτών, είναι η ανισοτροπία πολλών ανυσματικών ιδιοτήτων. Έτσι οι διάφορες ιδιότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ορυκτών που περιγράφονται παρακάτω, εμφανίζουν διαφορετικές τιμές προς διάφορες κατευθύνσεις μέσα στον ίδιο κρύσταλλο.



Χαλαζίας

#### 1.2.1. Σκληρότητα

Η αντίσταση που παρουσιάζει κάποιο ορυκτό έναντι της χάραξης ή της λείανσης της επιφάνειάς του, λέγεται αντίστοιχα σκληρότητα χάραξης ή λείανσης και

εκφράζεται με το βαθμό σκληρότητας, ο οποίος εξαρτάται από τη μοριακή συνοχή του ορυκτού.

Για τον προσδιορισμό της σκληρότητας χρησιμοποιείται η "σκληρομετρική κλίμακα" του Mohs. Αυτή είναι μία εμπειρική κλίμακα που αποτελείται από 10 ορυκτά τοποθετημένα σε αύξοντα βαθμό σκληρότητας, σε τρόπο ώστε κάποιο απ' αυτά να χαράσσει το προηγούμενο και να χαράσσεται από το επόμενο του.

Ορυκτό	Σκληρότητα Mohs	Σκληρότητα Rosiwal
Τάλκης	1	0.03
Γύψος	2	1.25
Ασβεσίτης	3	4.5
Φθορίτης	4	5.00
Απατίτης	5	6.50
Ορθόκλαστο	6	37
Χαλαζίας	7	120
Τοπάζιο	8	175
Κορούνδιο	9	1000
Διαμάντι	10	140000

Η πραγματική σκληρότητα των ορυκτών προσδιορίζεται από τη σκληρομετρική κλίμακα Rosiwal.

### 1.2.2. Σχισμός και θραύση

Η διάσπαση κρυσταλλικού σώματος σε συγκεκριμένα επίπεδα υπό την επίδραση μηχανικής καταπόνησης (θλίψης, κρούσης, εφελκυσμού) λέγεται σχισμός. Η τελειότητα και η θέση των επιπέδων αυτών εξαρτώνται άμεσα από την κρυσταλλική δομή του κρυσταλλικού σώματος.

Ο σχισμός αποτελεί χαρακτηριστική ασυνεχή ανωμαλική ιδιότητα της κρυσταλλικής ύλης και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό, τη μηχανική ανισοτροπία και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των κρυσταλλικών σωμάτων. Οι μαρμαρυγίες επί παραδείγματι, είναι ορυκτά που χαρακτηρίζονται από τέλειο σχισμό και γιὰ το λόγο αυτό σχίζονται εύκολα σε φύλλα.

Όταν τα ορυκτά αυτά διατάσσονται σε στρώσεις μέσα σε κάποιο πέτρωμα (γνεύσιος, διάφοροι σχιστόλιθοι), τότε η διατμητική αντοχή του πετρώματος σε διεύθυνση παράλληλη προς τη σχιστότητα, είναι πολύ χαμηλή.

Τα ορυκτά τα οποία δεν σχίζονται υπό την επίδραση μηχανικής καταπόνησης, θραύονται σχηματίζοντας χαρακτηριστικές επιφάνειες θραύσης.

### 1.3. Ελαστική και πλαστική παραμόρφωση των κρυστάλλων

Η μεταβολή του μήκους ενός στερεού είναι ανάλογη με την εφαρμοζόμενη τάση εφ' όσον βρισκόμαστε κάτω από το όριο ελαστικότητας (Νόμος Hooke).

Κρυστάλλοι των οποίων το όριο ελαστικότητας είναι μεγάλο, υφίστανται ελαστική κάμψη χωρίς να θραύονται (μαρμαρυγίες). Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα της κατηγορίας αυτής κρυστάλλων είναι ότι είναι δυνατόν να ελαττωθεί ελαστικά ο όγκος τους εάν υποστούν ολόπλευρη συμπίεση. Στην περίπτωση αυτή η ελαστική παραμόρφωση που υφίστανται εκφράζεται από τον συντελεστή συμπιεστότητας ( $\kappa$ ):

$$\kappa = \frac{V_p - V_i}{V_i}$$

όπου  $V_p$  ο όγκος του κρυστάλλου υπό πίεση  $P$  και  
 $V_i$  ο όγκος του υπό πίεση  $i$ .

Η πλαστική παραμόρφωση συμβαίνει στην περιοχή μεταξύ του ορίου ελαστικότητας και του ορίου θραύσεως. Σε ορισμένες περιπτώσεις συμβαίνουν μετατοπίσεις στιβάδων του κρυσταλλικού πλέγματος κατά την έννοια επιφανειών που λέγονται επιφάνειες ολίσθησης. Στις περιπτώσεις αυτές εμφανίζονται επιμηκύνσεις, κάμψεις και άλλες μεταβολές στο σχήμα των κρυστάλλων των ορυκτών.

### 1.4. Αντοχή των ορυκτών

Η αντοχή ενός στερεού σώματος εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο αυτό αντιδρά στην εφαρμογή κάποιας δύναμης και στην ανάπτυξη τάσης. Ανάλογα με την



αντοχή τους τα ορυκτά διακρίνονται σε εύθραυστα, εύκαμπτα, ελαστικά, εκτατά, μαλακά (εύξεστα) ή σκληρά (δύσξεστα). Το μέγεθος της αντοχής είναι χαρακτηριστικά του κάθε ορυκτού και μεταβάλλεται με τον προσανατολισμό της εφαρμοζόμενης τάσης λόγω της ανισοτροπίας των κρυστάλλων.

### 1.5. Πετρογενετικά ορυκτά

Τα πετρογενετικά ορυκτά συμμετέχουν στη σύσταση όλων των πετρωμάτων που αποτελούν το στερεό φλοιό της γής. Το σύνολο τους σε σχέση με τα στερεά υλικά του φλοιού ξεπερνά το 80%. Από τα πετρογενετικά ορυκτά, παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους, αυτά που συναντώνται στα κυριότερα πετρώματα του Ελλαδικού χώρου. Περιγράφονται επίσης τα κυριότερα φυσικά και τεχνικά τους χαρακτηριστικά αφού σε αυτά οφείλονται κατά κύριο λόγο, τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των πετρωμάτων.

### 1.6. Πυριτικά ορυκτά

#### Χαλαζίας (SiO<sub>2</sub>)

Είναι ορυκτό άχρωμο, διαυγές, λευκό, τερφό ή σπανιότερα χρωματισμένο σε διάφορα χρώματα, ανάλογα με τις προσμείξεις που περιέχει. Είναι εύθραυστο ορυκτό, έχει σκληρότητα "7" της κλίμακας Mohs και ειδικό βάρος 2.65gr/cm<sup>3</sup>. Έχει επίσης υαλώδη λάμψη και είναι αδιάλυτο στο νερό και τα οξέα εκτός του υδροφθορίου (HF). Αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα πετρογενετικά ορυκτά γιατί εμφανίζεται και στις τρεις κατηγορίες πετρωμάτων και συμμετέχει στη σύσταση του γήινου φλοιού σε μεγάλο ποσοστό (12%).

Καθώς είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στην αποσάθρωση ορυκτό, αποτελεί το κύριο συστατικών των άμμων, των χαλικών και των κροκαλών.

Οι χρήσεις του είναι ποικίλες και οφείλονται κυρίως στην αντοχή του στη



Χαλαζίας

φυσική και μηχανική αποσάθρωση και στη μεγάλη του σκληρότητα. Χρησιμοποιείται στη βιομηχανία υαλικών και πυριμάχων, στην κεραμική, στην ωρολογοποιία, στην κατασκευή οπτικών ειδών κ.λ.π.

Σαν κύριο συστατικό της άμμου, χρησιμοποιείται ευρύτατα ως αδρανές στην κατασκευή τεχνικών έργων.

Ο χαλαζίας ως υλικό οδοστρωσίας είναι μάλλον ακατάλληλο, αφού είναι εύθραυστο και σκληρό ορυκτό και επί πλέον δεν συσσωματώνεται καλά με το ασφαλτικό υλικό. Αν χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή δρόμου χαλαζιακά σκόρα, τα οποία δεν έχουν συμπιεστεί καλά ή δεν έχει κατασκευασθεί κατάλληλος ασφαλτικός τάπητας, θα προκληθούν φθορές στα τροχοφόρα. Είναι παρόλα αυτά, κατάλληλος για σκόρα έρματος σιδηροδρομικών γραμμών, αφού λόγω του ότι είναι ανθεκτικός στην αποσάθρωση, δεν επιτρέπει τη δημιουργία εδάφους και επομένως την ανάπτυξη βλάστησης που προκαλεί οξείδωση των σιδηροτροχιών.

### **Οπάλιος ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )**

Ποικιλία του χαλαζία με σκληρότητα "6". Χρησιμοποιείται και σαν ημιπολύτιμος λίθος. Είναι ακατάλληλος ως δομικό υλικό και η παρουσία του στο σκυρόδεμα είναι ανεπιθύμητη εξαιτίας του ότι σχηματίζει ευδιάλυτα άλατα, αντιδρώντας με τα αλκάλια του τσιμέντου. Για το λόγο αυτό, σκυροδέματα στον οποίων το αδρανές υλικό συμπεριλαμβάνεται οπάλιος, εξαλλοιώνονται εύκολα, αποφλοιώνονται και γίνονται εύθρυπτα.

### **Άστριοι ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , $\text{CaAlSi}_2\text{O}_3$ )**

Είναι από τα πλέον διαδεδομένα πετρογενετικά ορυκτά. Είναι ομάδα ορυκτών που αποτελείται από τα:

Ορθόκλαστο ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) Αλβίτη ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ )

Ανορθίτη ( $\text{CaAlSi}_2\text{O}_3$ ) και τα Πλαγιόκλαστα που αποτελούν "ισόμορφη παράμειξη" μεταξύ του Αλβίτη (νατριούχος άστριος) και του Ανορθίτη (ασβεστούχος άστριος).



Οπάλλιος

Οι άστριοι σχηματίζουν κρυστάλλους λευκούς, υποκίτρινους, κίτρινωπούς, κοκκινωπούς και σε όλους του ενδιάμεσους των παραπάνω, χρωμάτων τόνους.

Η σκληρότητά τους είναι "6" της κλίμακας Mohs και το ειδικό τους βάρος κυμαίνεται μεταξύ 2.5 και 2.75gr/cm<sup>3</sup>.

Υπό την επίδραση ασθενών οξέων αλλιώνονται σχηματίζοντας ευδιάλυτες ενώσεις. Οι κυριώτερες αλλιώσεις είναι η καολινίωση και η σερικιτίωση. Κατά την καολινίωση ο άστριος, υπό την επίδραση νερού και CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας, μετατρέπεται σε καολίνη (ορυκτό της αργίλου). Κατά τη σερικιτίωση, ο άστριος μετατρέπεται σε σερικήτη και μοσχοβίτη (μαρμαρυγίες), υπό την επίδραση υδροθερμικών διαλυμάτων.

Οι αλλιώσεις των αστρίων προκαλούν τη χαλάρωση της συνοχής και επομένως τη μείωση της αντοχής του πετρώματος, στου οποίου τη δομή συμμετέχουν. Πετρώματα πλούσια σε αστρίους όπως οι γρανίτες, είναι κατάλληλα ως υλικά δόμησης ή ως υπόβαθρα έδρασης τεχνικών έργων μόνον όταν οι άστριοι που συμμετέχουν στη δομή τους δεν είναι αλλιωμένοι.

### **Μαρμαρυγίες (Micas)**

#### **Μοσχοβίτης (KAl<sub>3</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>) και Βιοτίτης (K(Mg,Fe)<sub>3</sub>AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>)**

Ο Μοσχοβίτης είναι ασημόχρωμος ή διαφανής, έχει σκληρότητα 2.5-3 της κλίμακας Mohs και ειδικό βάρος 2.8gr/cm<sup>3</sup>.

Είναι σχετικά ανθεκτικό ορυκτό στην αποσάθρωση και γιαυτό αποτελεί συστατικό των άμμων. Συμμετέχει στη σύσταση πολλών πετρωμάτων (γνευσίων, σχιστολίθων, φυλλιτών κ.α).



Μουχοβίτης

Ο σερικήτης είναι ποικιλία του μουχοβίτη με μικρότερο μέγεθος κρυστάλλων. Συμμετέχει στη σύσταση πετρωμάτων διαφόρων τύπων μεταξύ των οποίων και οι σιπολίνες (είδος πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται ως μάρμαρα).

Ο Βιοτίτης είναι καστανόμαυρο ορυκτό με σκληρότητα 2.5-3 και ειδικό βάρος  $2.7-3.3\text{gr/cm}^3$ . Αντίθετα από τον Μουχοβίτη, αποσθρώνεται εύκολα. Κατά την αποσάθρωση του ελευθερώνεται ο σίδηρος, ο οποίος οξειδώνεται και δίνει στα σημεία του πετρώματος που βρίσκεται, το χρώμα της σκουριάς.

Η μηχανική συμπεριφορά των μαρμαρυγιών, τους κατατάσσει στα ανεπιθύμητα συστατικά των πετρωμάτων που θα αποτελέσουν υπόβαθρα θεμελίωσης τεχνικών έργων.

Εξαιτίας του σχισμού τους, διευκολύνουν τη διείσδυση διαλυμάτων στη μάζα του πετρώματος στη δομή του οποίου συμμετέχουν, επιταχύνοντας με τον τρόπο αυτό την αποσάθρωσή του.

Ευνοείται επίσης η απολέπιση του πετρώματος όταν οι κρύσταλλοι των μαρμαρυγιών είναι διατεταγμένοι σε στρώσεις, αφού οι επιφάνειες των στρώσεων αποτελούν επιφάνειες μικρής συνοχής. Στην περίπτωση αυτή, η διατμητική αντοχή του πετρώματος είναι πολύ χαμηλή σε διεύθυνση παράλληλη με τα επίπεδα στρώσης των μαρμαρυγιών, με αποτέλεσμα αυτό να σχίζεται σχετικά εύκολα σε παράλληλες επιφάνειες.



Βιοτίτης

**Αυγίτης**  $(\text{CaMgFeAl})_2(\text{SiAl})_2\text{O}_6$  και **Κεροσίλβη**  
 $((\text{Ca,Mg,Fe,Na})_3\text{Al}_4\text{H}(\text{SiO}_3)_4$

Ο αυγίτης ανήκει στην οικογένεια των πυροξένων και το χρώμα του ποικίλει από πράσινο και τεφρό έως μαύρο. Το ειδικό του βάρος κυμαίνεται μεταξύ 3.2-3.6gr/cm<sup>3</sup> ενώ η σκληρότητά του μεταξύ 5.0-6.0 βαθμών της κλίμακας Mohs. Ο αυγίτης αποτελεί κύριο ορυκτολογικό συστατικό των βασικών και υπερβασικών πυριγενών πετρωμάτων. Με την επίδραση ασθενών οξέων, εξαλλοιώνεται προς άλλα πυριτικά ορυκτά.

Η κεροσίλβη ανήκει στην ομάδα των αμφιβόλων και έχει συνήθως καστανόμαυρο χρώμα. Το ειδικό της βάρος είναι 3.0-3.5gr/cm<sup>3</sup> ενώ η σκληρότητά της φθάνει τους 6.0 βαθμούς της κλίμακας Mohs. Συμμετέχει ως ουσιώδες πετρογενετικά ορυκτό στη σύσταση πολλών ενδιάμεσων, βασικών και υπερβασικών πυριγενών πετρωμάτων.

Τόσο ο αυγίτης όσο και η κεροσίλβη είναι ορυκτά που παρουσιάζουν καλά τεχνικά χαρακτηριστικά. Η παρουσία τους λοιπόν, στη σύσταση κάποιου πετρώματος, προσδίδει ανάλογα μηχανικά χαρακτηριστικά και σ' αυτό.



Αυγίτης

Κεροσίλβη

**Ολιβίνης ((Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>), σερπεντίνης και αμιάντος**

Ο ολιβίνης έχει χρώμα ελαιοπράσινο και υαλώδη λάμψη. Εμφανίζει σκληρότητα "6.5"- "7" και το ειδικό του βάρος είναι 3.3-4.2gr/cm<sup>3</sup>.

Αλλοιώνεται εύκολα υπό την επίδραση νερού μετατρέπόμενος σε σερπεντίνη (σερπεντινίωση). Κατά τη μετατροπή αυτή παράγονται επίσης τάλκης, μαγνησίτης και αμιάντος.

Ο ολιβίνης είναι το κύριο ορυκτό συστατικό των περιδοτιτών και των δουνιτών (υπερβασικά πυριγενή πετρώματα).



Ολιβίνης



Αμιάντος

Όταν τα παραπάνω πετρώματα πρόκειται να αποτελέσουν δομικά υλικά ή υπόβαθρα θεμελίωσης τεχνικών έργων, θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην κατάσταση από άποψη αποσάθρωσης στην οποία βρίσκεται ο ολιβίνης, αφού αυτός βρίσκεται συνήθως σε προχωρημένο στάδιο σερπεντινίωσης.

Ο αμιάντος είναι η ινώδης μορφή του σερπεντίνη. Ο αμιάντος ως δομικό υλικό χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή θερμομονωτικών υλικών και ως οπλισμός στην κατασκευή αμιαντοσωλήνων, αμιαντολαμαρινών κ.λ.π.

## 1.7. Ορυκτά της αργίλου

### Καολινίτης

Κύριο συστατικό του καολίνη, έχει λευκό χρώμα, ειδικό βάρος  $2.6\text{gr}/\text{cm}^3$  και προέρχεται από την αποσάθρωση των ασφρίων.

Είναι μαλακό και εύθρυπτο ορυκτό με πολύ φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.

### Μοντμοριλλονίτης

Έχει λευκό χρώμα και αποτελείται από μυκήλια που έχουν την ιδιότητα να προσροφούν νερό και να διογκώνονται. Αποτελεί κύριο ορυκτό συστατικό του μπεντονίτη ο οποίος χρησιμοποιείται, μεταξύ άλλων, σε γεωτρητικές εργασίες, σε σταθεροποιήσεις εδαφών και στην κατασκευή αδιαπέρατων διαφραγμάτων με τσιμεντενέσεις.

Η σκληρότητα των ορυκτών της αργίλου είναι χαμηλή (μεταξύ "1"-"2.5") ενώ το ειδικό τους βάρος κυμαίνεται σε ευρύτατα όρια ( $2-3\text{gr}/\text{cm}^3$ ). Οι ιδιότητές τους, που οφείλονται στις ιδιαιτερότητες του κρυσταλλικού τους πλέγματος, τα καθιστούν χρήσιμα στην τεχνική. Οι κυριότερες από αυτές είναι η ανταλλαγή ιόντων, η προσρόφηση νερού στο κρυσταλλικό τους πλέγμα, η θιξοτροπία και η πλαστικότητα.

Επί πλέον, η προσθήκη  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  στον μπεντονίτη (μίγμα ορυκτών της αργίλου) αυξάνει σημαντικά την ικανότητα προσροφήσεως νερού και διογκώσεώς του. Για το

λόγο αυτό ο μπεντονίτης χρησιμοποιείται στην κατασκευή γεωτρήσεων για υποστήριξη των τοιχωμάτων τους κατά τη διάτρηση.

Η προσθήκη  $\text{CaSO}_4$  σε αργιλικά εδάφη, προκαλεί μείωση της ικανότητάς τους να διογκώνονται. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται στη σταθεροποίηση των αργιλικών εδαφών.

Τα ορυκτά της αργίλου βρίσκονται συνήθως σε ανάμιξη μεταξύ τους και είναι η εκατοστιαία αναλογία τους στη μάζα της αργίλου που καθορίζει τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά της.

### 1.8. Μη πυριτικά ορυκτά

#### Ασβεστίτης ( $\text{CaCO}_3$ )

Αχρωμος ή με χρώμα υποκίτρινο, είναι διαυγής, έχει σκληρότητα "3" και ειδικό βάρος 2.72. Αντιδρά έντονα ακόμη και με ασθενή οξέα υπό την επίδραση των οποίων διασπάται σε  $\text{CaO}$  και  $\text{CO}_2$ .

Αποτελεί το κύριο συστατικό των ασβεστόλιθων, των μαρμάρων και της κρητιδας (κιμωλία). Περιέχεται επίσης και σε πλήθος άλλων πετρωμάτων όπως οι ασβεστοψαμμίτες, ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και λατυποπαγή, μάργες κ.ά. Προσβάλλεται από άλατα του  $\text{Mg}$  και του  $\text{Na}$  που βρίσκονται εν διαλύσει στο θαλάσσιο νερό και αποσυντίθεται σχηματίζοντας ευδιάλυτο  $\text{CaCl}_2$  και  $\text{CaSO}_4$ . Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση των πετρωμάτων στον οποίων τη σύσταση συμμετέχει σε μεγάλο ποσοστό, σε λιμενικά έργα.

Η παρουσία του  $\text{CO}_2$  της ατμόσφαιρας στα υπόγεια νερά προκαλεί διάλυση του ασβεστίτη κατά την αντίδραση:

Τα νερά της βροχής που κατεισδύουν στο έδαφος περιοχών που δομούνται από ασβεστολιθικά πετρώματα, κινούνται μέσω του δικτύου ρωγματώσεων και διακλάσεων και διαλύουν τους ασβεστολίθους δημιουργώντας σπήλαια και οχετούς. Η υπόγεια αυτή διάβρωση ονομάζεται καρστική



Ασβεστίτης

### **Γύψος ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )**

Είναι άχρωμη με μεταξώδη λάμψη. Έχει σκληρότητα "2" (χαράσσεται εύκολα με το νύχι) και ειδικό βάρος  $2.3\text{gr}/\text{cm}^3$ .

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Είναι μαλακό ορυκτό με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά. Είναι επίσης ευδιάλυτο ορυκτό και πρέπει να απομακρύνεται από εδάφη που προορίζονται για υπόβαθρα θεμελίωσης τεχνικών έργων.

Χρήσεις. Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως δομικό υλικό στην κατασκευή γυψοκονιαμάτων και διακοσμητικών στοιχείων. Χρησιμοποιείται επίσης στην τσιμεντοβιομηχανία και στην χαρτοβιομηχανία.

### **1.9. Αναγνώριση ορυκτών και πετρωμάτων**

Η εφαρμογή της γνώσης των μηχανικών χαρακτηριστικών των ορυκτών και των πετρωμάτων και η εκτίμηση της τεχνικής τους συμπεριφοράς στα πλαίσια ενός τεχνικού έργου, έχει ως απαραίτητη προϋπόθεση την αναγνώρισή τους. Η αναγνώριση αυτή μπορεί να γίνει ακόμη και επί τόπου, μέσω των μακροσκοπικών τους χαρακτηριστικών.

Μία ακόμη παράμετρος που έχει μεγάλη σημασία για την εκτίμηση της τεχνικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων, είναι η κατάστασή τους από άποψη βαθμού αποσάθρωσης. Η εκτίμηση αυτή μπορεί να γίνει με τη μακροσκοπική εξέταση των ορυκτών τους συστατικών προκειμένου να εντοπισθούν οι εξαλλοιώσεις τους.

Το τμήμα αυτό του κεφαλαίου έχει σαν στόχο την εφαρμογή της γνώσης των φυσικών χαρακτηριστικών των ορυκτών στην αναγνώρισή τους. Η αναγνώριση αυτή γίνεται στη θέση του τεχνικού έργου, με βάση τις φυσικές τους ιδιότητες και τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά.



### 1.9.1. Αναγνώριση ορυκτών με πρόχειρα μέσα

Η αναγνώριση των ορυκτών στο ύπαιθρο βασίζεται κυρίως σε μακροσκοπικές παρατηρήσεις. Απαραίτητες προϋποθέσεις για να γίνει είναι:

- γνώση των ορυκτών συστατικών των πετρωμάτων που συναντώνται στην υπόψη περιοχή. Οι πληροφορίες σχετικά με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που αποτελούν το υπέδαφος κάποιας περιοχής του Ελλαδικού χώρου, δίδονται από τους αντίστοιχους γεωλογικούς χάρτες. Οι χάρτες αυτοί έχουν συνταχθεί και διατίθενται από το Ι.Γ.Μ.Ε. σε οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο.
- Στοιχειώδεις γνώσεις σχετικά με ορισμένες φυσικές ιδιότητες των ορυκτών (χρώμα, λάμψη, μορφή κρυστάλλων, σχισμός, θραύση κ.λ.π). Ο προσδιορισμός της σκληρότητας με πρόχειρα μέσα.

Η αξιολόγηση άλλων χαρακτηριστικών (π.χ. το γεγονός ότι το  $\text{CaCO}_3$  διασπάται υπό την επίδραση ασθενών οξέων βοηθά στο να ξεχωρίσει κανείς τον ασβεστίτη από το χαλαζία ή να διαπιστώσει εύκολα ποιά πετρώματα είναι ανθρακικά και ποιά όχι).

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας των ορυκτών, γίνεται με βάση την εμπειρική κλίμακα Mohs σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα εξωτερικά χαρακτηριστικά (χρώμα, υφή, σχισμό, θραύση κ.λ.π).

Ο προσδιορισμός της θέσης κάποιου ορυκτού στην κλίμακα Mohs (της σκληρότητάς του) γίνεται με τη χρησιμοποίηση βοηθητικών μέσων όπως το νύχι, κάποιο αιχμηρό εργαλείο (μαχαίρι, κλειδί κ.λ.π) και το γυαλί.

Συγκεκριμένα από το νύχι χαράσσονται ορυκτά σκληρότητας έως 2 βαθμών της κλίμακας Mohs, με το μαχαίρι χαράσσονται όσα έχουν σκληρότητα μεταξύ 3.5 και 5 βαθμών Mohs, ενώ δεν χαράσσουν το γυαλί ούτε χαράσσονται απ' αυτό, τα ορυκτά με σκληρότητα 6 βαθμών Mohs. Τα σκληρότερα ορυκτά (σκληρότητα μεγαλύτερη των 7 βαθμών Mohs) χαράσσουν το γυαλί.

Περισσότερα στοιχεία σε ότι αφορά τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των ορυκτών τα οποία βοηθούν στην αναγνώρισή τους, δίνονται στους επόμενους πίνακες. Στους πίνακες αυτούς περιλαμβάνονται επί πλέον στοιχεία που αφορούν την ανθεκτικότητα των ορυκτών

στην αποσάθρωση, τα προϊόντα της εξαλλοίωσής τους και τέλος το είδος των πετρωμάτων στη σύσταση των οποίων μετέχουν τα αντίστοιχα ορυκτά.



Όνομα	Χημική σύσταση	Εμφάνιση, Ιστός, υφή, σκληρότητα <sup>1</sup>	Χρώμα	Πυκνότητα (gr/cm <sup>3</sup> )	Αντοχή στην αποσάθρωση	Προϊόντα αποσάθρωσης	Συναντώνται στα πετρώματα
<b>Αοβεσιτίης</b>	CaCO <sub>3</sub>	Πρισματικοί κρύσταλλοι, σκληρ. 3	Λευκό, διαφανές, κιτρινωπό	2.6-2.8	Χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση, διαλύεται εύκολα από το νερό		Μάρμαρο, ασβεστόλιθος, μάργα, ψαμμίτης
<b>Δολομίτης</b>	(Ca,Mg)CO <sub>3</sub>	Πρισματικοί κρύσταλλοι, σκληρ. 4	Λευκό, γκρι, κιτρινωπό, καφέ	2.85-2.95	Χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση, διαλύεται εύκολα από το νερό		Δολομιτικό μάρμαρο, δολομίτης
<b>Γύψος</b>	CaSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	Πλακώδης μορφή κρυστάλλων, σκλ 2	Λευκό, γκρι	2.2-2.4	Πολύ χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση, ιδιαίτερα ευδιάλυτο από το νερό		Γύψος (πέτρωμα), άργιλοι
<b>Ανυδρίτης</b> <b>Ορυκτό αλάτι (Halite)</b>	CaSO <sub>4</sub> NaCl	Κοκκώδης μορφή, σκλ. 3 Κρύσταλλοι με μορφή κύβου, σκλ. 2.5	Γκρι, γαλάζιο Λευκό, γαλάζιο, γκρι	2.8-3.0 2.1-2.2	Καμμία αντοχή στην αποσάθρωση, ευδιάλυτα από το νερό		Ανυδρίτης (πέτρωμα)

Όνομα	Χημική σύσταση	Εμφάνιση, Ιστός, υφή, σκληρότητα <sup>1</sup>	Χρώμα	Πυκνότητα (gr/cm <sup>3</sup> )	Αντοχή στην αποσάθρωση	Προϊόντα αποσάθρωσης	Συναντώνται στα πετρώματα
-------	----------------	---	-------	---------------------------------	------------------------	----------------------	---------------------------

<b>Ορθόκλαστο</b>	K-Aĩ-πυριτική ένωση	Πλακώδης μορφή κρυστάλλων, υαλώδης λάμψη, σκληρότητα 6	Μπέζ, ρόζ, λευκό	2.56	Ανθεκτικό στη χημική αποσάθρωση	Ορυκτά της αργίλου	Οξίνα και ενδιάμεσα πυριγενή γνεύσιο, σχιστόλιθο
<b>Πλαγιόκλαστα</b>	Na/Ca-Al-πυριτική ένωση		Λευκό, γκρι	2,62-2.76	Η ανθεκτικότητα μειώνεται όσο αυξάνεται το Ca	Ορυκτά της αργίλου	Ενδιάμεσα και βασικά πυριγενή, αμφιβολίτη
<b>Αυγίτης</b>	<b>Mg/Ca/Fe-Al</b> -πυριτικές ενώσεις	Πρισματική μορφή, λάμψη, σκληρ. 6	Πράσινο σκούρο	2.8 - 3.2	Αρκετά ανθεκτικά στην αποσάθρωση	Χλωρίτης, σερπεντίνης	Βασικά πυριγενή, μεταμορφωμένα (αμφιβολίτες)
<b>Κεροσιλίβη</b>			Καφέ σκούρο έως μαύρο				
<b>Χαλαζίας</b>	SiO <sub>2</sub>	Πρισματική μορφή, υαλώδης λάμψη, σκληρ. 7	Διαφανές, λευκό, γκρι	2.65	Υψηλή ανθεκτικότητα στην αποσάθρωση		Οξίνα πυριγενή, μεταμορφωμένα, κλαστικά ιζηματογενή
<b>Μοσχοβίτης (α)</b>	K-Aĩ-OH-πυριτική ένωση	Μορφή φύλλων	(α) Διαφανής, ασημόχρωμος	2.8 - 3.2	Ελατά και όλκιμα (α) αποσαθρώνεται δύσκολα (β) Αποσαθρώνεται εύκολα	Ορυκτά της αργίλου	Οξίνα και ενδιάμεσα πυριγενή, μεταμορφωμένα και κλαστικά ιζηματογενή
<b>Βιοτίτης (β)</b>	Fe-Mg-K-Al-OH-πυριτική ένωση		(β) Καφέ, μαύρο				
<b>Ορυκτά της αργίλου (Κοιολινίτης, Ιλίτης, Μοντοριλλονίτης)</b>	Aĩ-πυριτική ένωση-OH	Κρύσταλλοι αόρατοι διά γυμνού οφθαλμού, σκληρ. 1-2	Λευκό	2.1 - 2.6	Δεν αποσαθρώνονται (αποτελούν τελικό στάδιο αποσάθρωσης)		Κλαστικά ιζηματογενή, αποσαθρωμένα πετρώματα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ

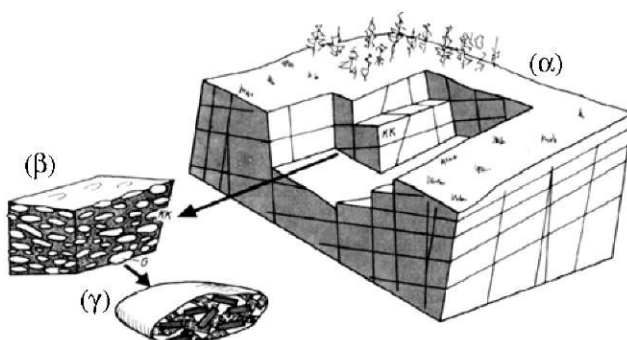
Στα πλαίσια της κατασκευής οποιουδήποτε τεχνικού έργου, το κάθε κυβικό μέτρο εκσκαφών, τα φορτία που επιβάλλονται στο έδαφος, ο κάθε πάσσαλος που τοποθετείται και στην πράξη η κάθε εργασία κατασκευής του τεχνικού έργου, επηρεάζεται και πολλές φορές εξαρτάται από τις γεωλογικές συνθήκες του υπεδάφους.

Η δυνατότητα πρόβλεψης γεωτεχνικών προβλημάτων κατά τη φάση της μελέτης ενός έργου και η δυνατότητα αντιμετώπισής των κατά τη φάση της κατασκευής, είναι συνάρτηση των γνώσεων του μηχανικού σχετικά με το είδος και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων.

Πρέπει συνεπώς, ο πολιτικός μηχανικός να έχει τις στοιχειώδεις γνώσεις σχετικά με τις φυσικές ιδιότητες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων, αφού εκτός του ότι αποτελούν το υπόβαθρο θεμελίωσης των τεχνικών έργων, χρησιμοποιούνται πολλές φορές και σαν υλικό δόμησης. Θα πρέπει λοιπόν να είναι σε θέση να αναγνωρίσει, τουλάχιστον τους συνηθέστερους τύπους πετρωμάτων, που συναντώνται στην περιοχή δραστηριοποίησής του.

### 2.1. Πετρώματα

Με τον όρο "πέτρωμα" στη Γεωλογία, περιγράφεται μία ημίσκληρη έως σκληρή μάζα φυσικού υλικού, το οποίο αποτελείται από ένα ή περισσότερα ορυκτά. Τα πετρώματα σχηματίζονται συνεχώς με διάφορους τρόπους, όπως από την πήξη του μάγματος, την ιζηματογένεση ανόργανων και οργανικών υλικών, την αποσύνθεση πετρωμάτων και τη



- (α) Ιζηματογενές πέτρωμα. Διαχωρίζεται από ασυνέχειες σε επί. μέρους τμήματα, (β) Ένα από τα τμήματα. Αποτελείται από μικρότερα κομμάτια συνδεδεμένα με κάποιο ορυκτό συγκολλητικό υλικό.  
(γ) Ένα από τα μικρότερα κομμάτια που αποτελείται από κρυστάλλους ορυκτών και προέρχεται από άλλο πέτρωμα.

σύνθεση νέων και τέλος την επίδραση υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών σε προϋπάρχοντα πετρώματα. Σύμφωνα με τον τρόπο σχηματισμού τους τα πετρώματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τα πυριγενή, τα ιζηματογενή και τα μεταμορφωσιγενή.

## **2.2. Σχέση είδους και τεχνικής συμπεριφοράς των πετρωμάτων**

Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των τεχνικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων, παίζει ο ιστός και η ορυκτολογική σύσταση σε ότι αφορά τα πυριγενή πετρώματα, η παρουσία πόρων, το συνδετικό υλικό και ο βαθμός διαγένεσης στα ιζηματογενή και ο ιστός και η ορυκτολογική σύσταση στα μεταμορφωμένα.

Όπως έχει διαπιστωθεί από σχετικές έρευνες, το μεγαλύτερο μέρος πετρωμάτων του ίδιου πετρογραφικού τύπου αντιδρά με τον ίδιο τρόπο σε μηχανικές καταπονήσεις. Με βάση τη διαπίστωση αυτή, τα πετρώματα κατατάσσονται από άποψη αναμενόμενης μηχανικής συμπεριφοράς, στις παρακάτω λιθολογικές κατηγορίες (από τα ανθεκτικότερα προς τα ασθενέστερα).

Πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα χωρίς σχιστότητα, χαλαζίτες και ψαμμίτες με πυριτικό συνδετικό υλικό.

Πυριτικοί σχιστόλιθοι.

Δολομίτες.

Ψαμμίτες συνεκτικοί.

Ασβεστόλιθοι.

Αργιλικοί σχιστόλιθοι, άργιλοι και άλλα ιζήματα μικρού βαθμού διαγένεσης.

Ορυκτό άλας και γύψος.

Εκτός από τις παραμέτρους που αναφέρονται παραπάνω, σημαντικό ρόλο στην τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων παίζει ο βαθμός αποσάθρωσής τους, ο οποίος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά. Μία επί πλέον παράμετρος είναι η παρουσία υπόγειου νερού εξαιτίας της οποίας υποβαθμίζονται τα μηχανικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών.

## 2.3. Πυριγενή πετρώματα

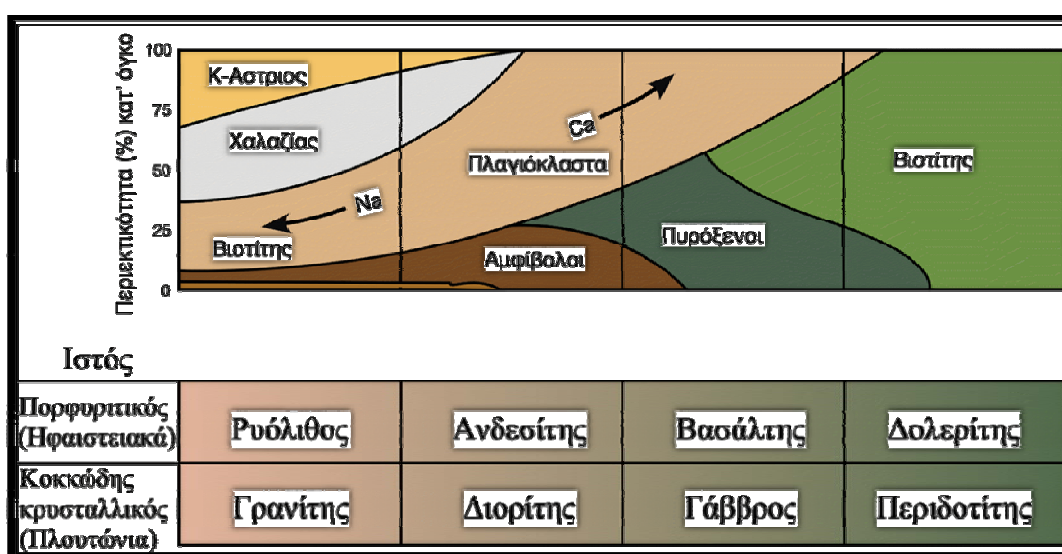
### 2.3.1. Κατάταξη με βάση τον τρόπο σχηματισμού

Τα πυριγενή πετρώματα προέρχονται από τη στερεοποίηση του διάπυρου υλικού, που βρίσκεται στο εσωτερικό της Γης (μάγμα), στην επιφάνεια του εδάφους ή σε κάποιο βάθος κάτω απ' αυτή.

Στην πρώτη περίπτωση κατά την οποία εκχύνεται στην επιφάνεια του εδάφους μάγμα το οποίο στερεοποιείται, δημιουργείται ένα πυριγενές ηφαιστειακό πέτρωμα (α). Στη δεύτερη περίπτωση, κατά την οποία το μάγμα δεν κατορθώνει να φθάσει στην επιφάνεια αλλά συγκεντρώνεται κάτω απ' αυτή και στερεοποιείται, δημιουργείται ένα πυριγενές πλουτώνιο πέτρωμα (β).

Μία τρίτη κατηγορία πυριγενών πετρωμάτων, σχηματίζεται όταν το μάγμα εισέλθει σε ρωγμές του στερεού φλοιού και κινηθεί προς την επιφάνεια με μικρή ταχύτητα. Στην περίπτωση αυτήν, αποβάλλεται ένα μέρος των πτητικών συστατικών του μάγματος το οποίο τελικά ψύχεται και στερεοποιείται, με αποτέλεσμα τον σχηματισμό ενός πυριγενούς φλεβιτικού πετρώματος (γ).

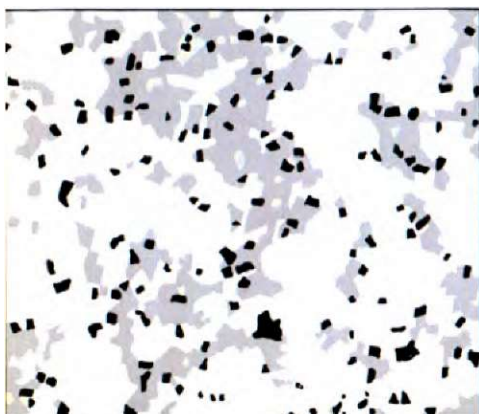
Παρ' όλο που τα πυριγενή πετρώματα που προέρχονται από το ίδιο μάγμα εμφανίζουν την ίδια χημική σύσταση, εντούτοις εξαιτίας του διαφορετικού τρόπου σχηματισμού τους, εμφανίζουν διαφορετικά μακροσκοπικά χαρακτηριστικά και φυσικές ιδιότητες. Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζεται στην ορυκτολογική τους σύσταση, τη δομή και τον ιστό τους.



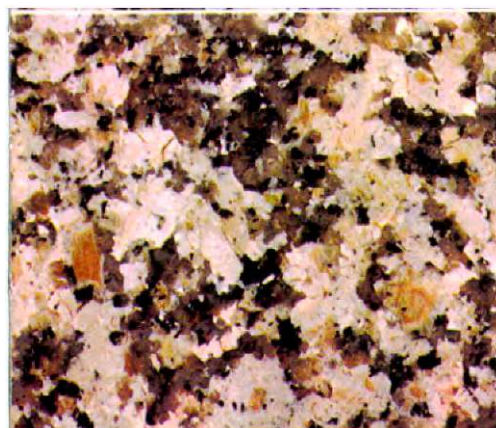


Ορυκτολογική σύσταση των κυριότερων πυριγενών πετρωμάτων. Σε παρένθεση εμφανίζονται τα ηφαιστειακά πετρώματα

Ο ιστός ενός πετρώματος εκφράζει τον τρόπο με τον οποίο είναι μεταξύ τους αρμοσμένα, τα ορυκτολογικά του συστατικά. Έτσι τα πλουτώνια πετρώματα τα οποία κρυσταλλώθηκαν σε συνθήκες ήπιας μεταβολής της θερμοκρασίας και της πίεσης, εμφανίζουν τα ορυκτολογικά τους συστατικά καλά κρυσταλλωμένα και ο ιστός τους χαρακτηρίζεται ως "κοκκώδης".

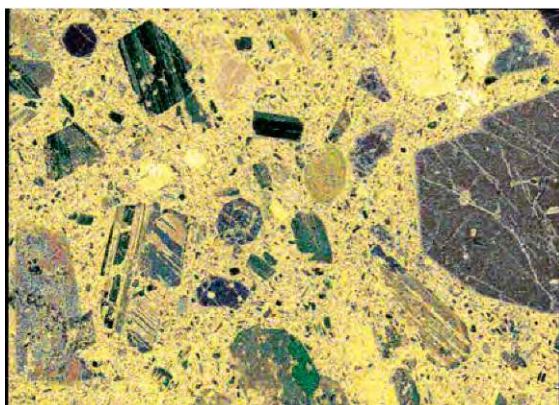


ΙΙ Αστροί Ι Ι  
Χαλαζίας  
Γ-/ΔΙ Βιοτίτης



Στην εικόνα και στο σκαρίφημα, φαίνεται η ίδια λεπτή τομή γρανίτη. Διακρίνονται τα πετρογενετικά του ορυκτά και ο κοκκώδης ιστός του.

Από την άλλη πλευρά, τα ηφαιστειακά πετρώματα σχηματίζονται από την ταχεία ψύξη και στερεοποίηση της λάβας υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, γεγονός που δέν επιτρέπει την ολοκληρωμένη κρυστάλλωση των ορυκτών τους συστατικών. Στην



περίπτωση αυτή, τα πετρώματα εμφανίζουν υαλώδη ιστό,

όταν η θεμελιώδης μάζα τους είναι εξολοκλήρου υαλώδης (αφαντική) ή πορφυριτικό ιστό όταν έχουν κρυσταλλωθεί κάποια ορυκτά, των οποίων οι κρύσταλλοι εμφανίζονται μέσα στην αφαντική μάζα. Οι κρύσταλλοι αυτοί χαρακτηρίζονται ως "φαινοκρύσταλλοι".

Τα πυριγενή πετρώματα αποτελούν εξαιρετικό υπόβαθρο για τη θεμελίωση τεχνικών έργων. Χρησιμοποιούνται επίσης ευρύτατα ως δομικά υλικά. Θα πρέπει όμως σε κάθε περίπτωση να εξετάζεται το ενδεχόμενο κάποιο από τα ορυκτολογικά τους συστατικά να έχει εξαλλοιωθεί, γεγονός που μειώνει τη συνοχή του πετρώματος και επομένως υποβαθμίζει τα μηχανικά του χαρακτηριστικά.

### 2.3.2. Κατάταξη με βάση τη χημική σύσταση

Με βάση τη χημική τους σύσταση και ειδικότερα την περιεκτικότητά τους σε  $\text{SiO}_2$ , τα πυριγενή πετρώματα κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες: όξινα ( $\text{SiO}_2 > 65\%$ ) ενδιάμεσα ( $55\% < \text{SiO}_2 < 65\%$ ) βασικά ( $45\% < \text{SiO}_2 < 55\%$ ) υπερβασικά ( $\text{SiO}_2 < 45\%$ )

Όξινο πέτρωμα είναι ο γρανίτης και τα αντίστοιχά του ηφαιστειακά ο ρυόλιθος, η κίσσηρη, ο οφιδιανός και ο περλίτης. Ενδιάμεσο πέτρωμα είναι ο χαλαζιακός διορίτης. Βασικά πετρώματα είναι ο διορίτης, ο γάββρος και τα αντίστοιχά τους ηφαιστειακά, ανδεσίτης και βασάλτης. Υπερβασικά πετρώματα είναι οι περιδοτίτες και οι δουνίτες.

Ο χημισμός ενός πετρώματος αντικατοπτρίζεται και στην εμφάνισή του από την απόχρωση την οποία έχει (σε βαθμίδες μεταξύ άσπρου/μαύρου). Περίσσεια  $\text{SiO}_2$  στο μάγμα ευνοεί τον σχηματισμό συγκεκριμένων τύπων ορυκτών (σαλικά ορυκτά) τα οποία σε γενικές γραμμές είναι ανοιχτόχρωμα (χαλαζίας, ορθόκλαστο, Νατριούχα πλαγιόκλαστα). Το αντίθετο συμβαίνει στα βασικά (σχετική έλλειψη  $\text{SiO}_2$ ), οπότε ευνοείται ο σχηματισμός σκοτεινόχρωμων ορυκτών (φεμικά ορυκτά :αυγίτης, κερροσίλβη, ασβεστιούχα πλαγιόκλαστα). Όταν υπάρχει σημαντικό έλλειμμα  $\text{SiO}_2$  ( $\text{SiO}_2 < 45\%$ ), ευνοείται ο σχηματισμός ολιβίνη και σκοτεινόχρωμων πλαγιοκλάστων.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι τα όξινα πυριγενή πετρώματα ξεχωρίζουν από την παρουσία ανοιχτόχρωμων ορυκτών, τα οποία τους προσδίδουν φαιό χρώμα (συνδυαζόμενα με τον σκοτεινόχρωμο βιοτίτη). Τα βασικά πετρώματα είναι σχεδόν

μαύρα ενώ τα υπερβασικά έχουν αποχρώσεις του πράσινου (σκουροπράσινοι οι περιδοτίτες, ανοικτοπράσινοι οι δουνίτες).

### 2.3.3. Συνηθισμένα πυριγενή πετρώματα Α.

#### Πλουτώνια πετρώματα

Τα πλουτώνια πυριγενή πετρώματα είναι κατά κανόνα σκληρά και ανθεκτικά πετρώματα, που αποτελούν κατάλληλα υπόβαθρα για θεμελίωση τεχνικών έργων. Χρησιμοποιούνται επίσης σαν δομικοί λίθοι στην κατασκευή των έργων. Θα πρέπει όμως σε κάθε περίπτωση να λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση από άποψη υγείας στην οποία βρίσκονται, αφού η εξαλλοίωση των ορυκτών συστατικών τους μειώνει τη συνοχή και επομένως και τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά.

#### Γρανίτης

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Αποτελείται από αστρίους, χαλαζία και μαρμαρυγίες (μοσχοβίτη ή/και βιοτίτη). Ο ιστός του είναι κοκκώδης ολοκρυσταλλικός. Από άποψη σχηματισμού και χημισμού, κατατάσσεται στα πυριγενή πλουτώνια όξινα πετρώματα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Ο γρανίτης σε υγιή κατάσταση είναι από τα πλέον ανθεκτικά και σκληρά πετρώματα. Παρουσιάζει τιμές αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη που κυμαίνονται γύρω από τα 800 Kg/cm<sup>2</sup>. Από τα ορυκτά που τον αποτελούν, οι άστριοι είναι δυνατόν να εξαλλοιωθούν οπότε σχηματίζεται καολινίτης. Ο βιοτίτης επίσης όταν εξαλλοιώνεται σχηματίζεται άργιλος και οξειδία του σιδήρου.



Γρανίτης

Το γεγονός της εξαλλοίωσης των ορυκτών του, προκαλεί την απώλεια της συνοχής του πετρώματος και την εύκολη διάβρωσή του. Στην κατάσταση αυτή ο γρανίτης παρουσιάζει φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά, ανάλογα με το βαθμό αποσάθρωσης.

Η αποσάθρωση στους γρανίτες χαρακτηρίζεται από την παρουσία χρωματισμένων με το χρώμα της σκουριάς (λόγω οξείδωσης του βιοτίτη) ζωνών στην επιφάνεια του πετρώματος και αποσαθρωμένων και επιφανειακά εύθρυπτων κρυστάλλων αστρίων, οι οποίοι έχουν χάσει τη λάμψη τους.

Χρήσεις. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό και σκληρό πέτρωμα, κατάλληλο για χρήση ως υλικό δόμησης. Ο υγιής γρανίτης και ο ελαφρά αποσαθρωμένος ( $\rho=700\text{Kg/cm}^2$ ) αποτελούν καλής ποιότητας δομικό υλικό και εξαιρετικό υπόβαθρο για τη θεμελίωση τεχνικών έργων, απαιτούν όμως ειδικές συνθήκες εκοκαφής (εκρηκτικά κ.λ.π).

Ο γρανίτης παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στην αποσάθρωση και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σε εξωτερικές επενδύσεις κτιρίων, μνημείων κ.λ.π. Χρησιμοποιείται επίσης με τη μορφή κυβόλιθων για επιστρώσεις δρόμων και πεζοδρομίων.

Οι ζώνες αποσαθρωμένου πετρώματος δίνουν υλικό ακατάλληλο για τη χρήση του ως δομικό υλικό και θα πρέπει να αποφεύγεται η θεμελίωση σ' αυτές. Στις περιπτώσεις που συναντώνται κατά την εκοκαφή θεμελίων (σκάβονται εύκολα με τη χρήση μηχανικών μέσων), θα πρέπει να απομακρύνονται και η εκοκαφή να προχωράει μέχρις ότου συναντήσει το υγιές πέτρωμα.

### **Γρανοδιορίτης**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Αποτελείται από τα ίδια ορυκτά με τον γρανίτη με τη μόνη διαφορά ότι περιέχει περισσότερα πλαγιόκλαστα. Ο ιστός του είναι κοκκώδης, ενώ από άποψη χημισμού κατατάσσεται στα όξινα πυριγενή πετρώματα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Αντίστοιχα με του γρανίτη.

Χρήσεις. Αντίστοιχες με του γρανίτη.

## Γάββρος

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Είναι σκουρόχρωμο, σκληρό πέτρωμα με ολοκρυσ-ταλλικό κοκκώδη ιστό. Αποτελείται από κρυστάλλους κερουσίλβης, αυγίτη, βασικών πλαγιόκλαστων και χαλαζία.

Από άποψη χημισμού κατατάσσεται στα βασικά πετρώματα τιμού στα πλουτώνια πυριγενή, ενώ από άποψη σχημα-



Γάββρος

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Ο γάββρος είναι πέτρωμα που σε υγρή κατάσταση εμφανίζει πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Με την εμφάνιση αλλοιώσεων στους αστρίους που συμμετέχουν στη σύστασή του, το πέτρωμα χάνει τη συνοχή του. Τα μηχανικά του χαρακτηριστικά μεταβάλλονται ανάλογα με το βαθμό αποσάθρωσης. Σε υγρή κατάσταση είναι κατάλληλο πέτρωμα τόσο για δομικό υλικό όσο και για υπόβαθρο θεμελίωσης τεχνικών έργων.

Ένα επί πλέον στοιχείο που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, είναι το γεγονός ότι επειδή οι γάββροι είναι σκληρά πετρώματα, ρωγματοώνονται εύκολα με αποτέλεσμα τη δημιουργία στη μάζα τους ενός σημαντικού δευτερογενούς πορώδους, που επιτρέπει την κυκλοφορία υπόγειου νερού.

Χρήσεις. Χρησιμοποιείται ως αδρανές σε έργα οδοποιίας για την κατασκευή αντιολισθηρών ασφαλοτασιπών.

## Περιδοτίτης, Δουνίτης

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Πυριγενή πλουτώνια υπερβασικά πετρώματα. Ο Δουνίτης αποτελείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από ολιβίνη. Το χρώμα του είναι ελαιοπράσινο.

Ο περιδοτίτης αποτελείται από ολιβίνη και πυρόξενους. Για το λόγο αυτό το χρώμα

του είναι σκούρο πράσινο.

Ο ιστός και των δύο πετρωμάτων είναι κοκκώδης ολοκρυσταλλικός. Διακρίνονται ακόμη και με γυμνό οφθαλμό οι πράσινοι κρύσταλλοι του ολιβίνη και οι μαύροι των πυροξένων (αυγίτης).



Περιδοτίτης

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Τα πετρώματα αυτά σε υγρή κατάσταση είναι κατάλληλα για τη λήψη δομικών λίθων και για υπόβαθρο θεμελίωσης τεχνικών έργων. Επειδή όμως αποτελούνται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από ολιβίνη θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή, αφού ο ολιβίνης εξαλλοιώνεται σχηματίζοντας διάφορα ορυκτά. Στην περίπτωση αυτή το πέτρωμα χάνει τη συνοχή του και επομένως υποβαθμίζονται τα μηχανικά του χαρακτηριστικά.

Επειδή ο ολιβίνης εξαλλοιώνεται σχετικά εύκολα, τα παραπάνω πετρώματα σπάνια συναντώνται σε υγρή κατάσταση. Χαρακτηριστική της εκτεταμένης αποσάθρωσής τους είναι η εμφάνιση ανοικτών ρωγμών και λευκών φλεβιδίων που διατρέχουν τη μάζα τους (λευκόλιθος και τάλκης), λείων επιφανειών (σερπεντίνης) και η γενικότερη μεταβολή του χρώματος τους από ελαιοπράσινο σε ποικιλία αποχρώσεων του πράσινου (από σκούρο πράσινο-μαύρο έως ανοικτό πράσινο). Στην κατάσταση αυτή το πέτρωμα έχει χάσει τα καλά μηχανικά του χαρακτηριστικά και είναι ακατάλληλο για οποιαδήποτε χρήση ως δομικό υλικό ή υπόβαθρο θεμελίωσης.

Χρήσεις. Ο περιδοτίτης χρησιμοποιείται κυρίως σε εσωτερικές επενδύσεις κτιρίων. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για τον προαναφερθέντα σκοπό ο περιδοτίτης της Τήνου, με το όνομα "μάρμαρο Τήνου" και το σερπεντινικό λατυποπαγές από την περιοχή της Χασάμπαλης (Λάρισα) με το όνομα πράσινο μάρμαρο Λάρισας ή verde antico.

## **B. Ηφαιστειακά πετρώματα**

Τα ηφαιστειακά πυριγενή είναι σε γενικές γραμμές, πολύ σκληρά πετρώματα με καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Εξαιτίας μάλιστα του ιστού τους, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιογένεια μάζας από τα αντίστοιχα πλουτώνια πετρώματα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή στη μηχανική αποσάθρωση από τα τελευταία. Συναντώνται συνήθως σε καλή κατάσταση από άποψη υγείας και είναι κατάλληλα για χρήση ως υλικά δόμησης και ως υπόβαθρα θεμελίωσης τεχνικών έργων, αλλά από την άλλη πλευρά η εξόρυξη τους που απαιτείται για την εκσκαφή των θεμελίων, είναι ιδιαίτερα δύσκολη.

Λόγω της σκληρότητας, των ικανοποιητικών μηχανικών τους χαρακτηριστικών και της ανθεκτικότητάς τους στην αποσάθρωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικοί λίθοι στην κατασκευή διαφόρων έργων. Εξαιρέση στα παραπάνω αποτελεί η κίσηρη που χρησιμοποιείται όμως ως μονωτικό. Σε κάθε περίπτωση όμως, θα πρέπει να ελέγχεται η κατάστασή τους από άποψη υγείας, αφού και σ' αυτά τα πετρώματα η εξαλλοίωση των δομικών συστατικών οδηγεί στη μείωση των μηχανικών τους χαρακτηριστικών.

Τα πυριγενή ηφαιστειακά πετρώματα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν στην παρασκευή σκυροδέματος. Ορισμένα από αυτά όμως (κυρίως τα όξινα) έχουν ως κύριο συστατικό τους το ηφαιστειακό γυαλί (άμορφη μάζα) το οποίο αντιδρά με τα αλκάλια του τσιμέντου. Από τη χημική αυτή αντίδραση σχηματίζονται ευδιάλυτα άλατα και προκαλείται εκτεταμένη ρωγμάτωση και καταστροφή του σκυροδέματος. Υπάρχει επίσης ενδεχόμενο να περιέχονται σε μικρό ποσοστό και άλλα ορυκτά (οπάλλιος, ζεόλιθοι) που επίσης αντιδρούν με το τσιμέντο. Είναι συνεπώς απαραίτητες οι σχετικές πετρογραφικές αναλύσεις προτού αποφασισθεί η χρήση ενός τέτοιου πετρώματος ως αδρανούς για την παρασκευή σκυροδέματος.

Επειδή τα πυριγενή ηφαιστειακά είναι ιδιαίτερα σκληρά πετρώματα, διατρέχονται συνήθως από πλήθος ασυνχειών στις οποίες οφείλεται και το δευτερογενές πορώδες που παρουσιάζουν. Η παρουσία δευτερογενούς πορώδους σημαίνει κυκλοφορία υπόγειου νερού στη μάζα τους και είναι ένα στοιχείο το οποίο θα πρέπει ο μελετητής μηχανικός να λαμβάνει σοβαρά υπόψη.

Εξαιρέση στα παραπάνω αποτελούν οι ηφαιστειακοί τόφφοι, που προέρχονται από τη διαγέννεση ηφαιστειακής τέφρας (ηφαιστειοίζηματογενή πετρώματα). Αυτά είναι χαμηλής αντοχής πετρώματα, τα οποία επί πλέον εξαλλοιώνονται σχετικά εύκολα. Παρουσιάζουν πορώδες με αποτέλεσμα να κυκλοφορούν υπόγεια νερά στο εσωτερικό τους.

Η εκσκαφή των ηφαιστειακών πετρωμάτων παρουσιάζει μεγάλες δυσκολίες και γίνεται κατά κανόνα με τη βοήθεια εκρηκτικών. Σημαντικό ρόλο στην περίπτωση αυτή παίζει η πυκνότητα και ο προσανατολισμός των ασυνχειών που τα διατρέχουν.

Λόγω των καλών μηχανικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων αυτών, είναι δυνατή η διαμόρφωση πρανών με πολύ μεγάλη κλίση (ακόμη και κατακόρυφη). Τα πρανά αυτά είναι ιδιαίτερα ευσταθή και οι αστοχίες περιορίζονται σε σφηνοειδείς ολισθήσεις και σε ανατροπές τεμαχών βράχου. Και στις περιπτώσεις αυτές, η παρουσία ασυνχειών παίζει σημαντικό ρόλο αφού η πυκνότητα και ο προσανατολισμός τους καθορίζουν τις παραμέτρους ευστάθειας των πρανών.

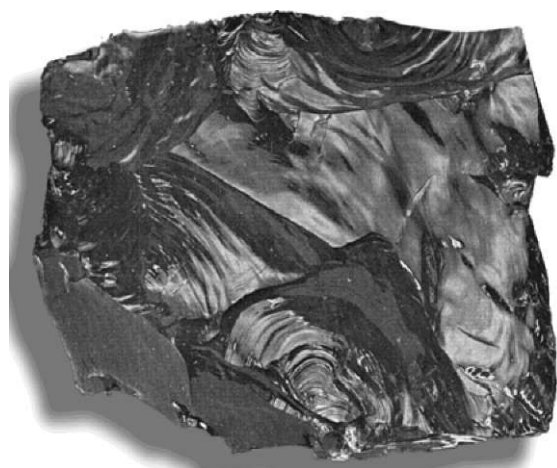
### **Ρυόλιθος**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Αντίστοιχο ηφαιστειακό πέτρωμα με τον γρανίτη. Έχει την ίδια χημική σύσταση αλλά πορφυριτικό ιστό. Ποικιλίες του ρυόλιθου είναι ο οφιδιανός (ηφαιστειακό γυαλί) του οποίου ο ιστός είναι υαλώδης, ο περλίτης και η κίσηρη (ελαφρόπετρα). Η μορφή της κίσηρης οφείλεται στο μεγάλο ιξώδες του μάγματος και στα αέρια που περιέχονται σ' αυτό. Τα αέρια του μάγματος τείνοντας να διαφύγουν, δημιούργησαν την κυψελώδη δομή της.

Ο περλίτης είναι μία υαλώδης μορφή του ρυόλιθου. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ότι στην υαλώδη μάζα του περιέχει νερό σε ποσοστό 1-3%. Ο περλίτης με θέρμανση στους 1000°C σε κατάλληλες διατάξεις, διογκώνεται αποκτώντας μορφή παρόμοια με της κίσηρης με βελτιωμένα όμως τεχνικά χαρακτηριστικά.

Χρήσεις. Η κίσηρη παρουσιάζει μεγάλη θερμομονωτική και ηχομονωτική ικανότητα. Χρησιμοποιείται με τη μορφή πλακών, πλίνθων και επιστρωμάτων αλλά





Οφιοτανός



Κίσσηρη

και ως αδρανές πρόσμιγμα τσιμεντοκονιαμάτων.

Ο διογκωμένος περλίτης χρησιμοποιείται ως μονωτικό υλικό και ως αδρανές στην παρασκευή θερμομονωτικών επιχρισμάτων, ελαφρών τσιμεντοκονιαμάτων (περλομπετόν) και στην κατασκευή ελαφρών δομικών στοιχείων.

### Τραχείτης

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Πέτρωμα με χαρακτηριστικό πορφυριτικό ιστό και μεγάλους φαινοκρυστάλλους αστρίων. Από άποψη χημισμού κατατάσσεται στα όξινα έως ενδιάμεσα πυριγενή πετρώματα. Ξεχωρίζει εύκολα από τους ευμεγέθεις κρυστάλλους αστρίου (σανίδινο) που περιέχει.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Η παρουσία μεγάλου μεγέθους φαινοκρυστάλλων αστρίων, οι οποίοι είναι σχετικά ευπρόσβλητοι στην αποσάθρωση, σε συνδυασμό με την εύκολη αποσάθρωση της θεμελιώδους μάζας του (αφυάλωση), έχει σαν συνέπεια τη χαλάρωση της συνοχής του πετρώματος. Η εικόνα που παρουσιάζει συνήθως η επιφάνεια του τραχείτη, είναι εικόνα αποσθρωμένου ηφαιστειακού πετρώματος με φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.

### Ανδেসίτης

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Σκοτεινόχρωμο συνήθως πέτρωμα με πορφυριτικό ιστό. Από άποψη χημισμού κατατάσσεται στα ενδιάμεσα πυριγενή πετρώματα. Η

άμορφη μάζα του έχει συνήθως κόκκινο ή γκριζο χρώμα, ενώ ξεχωρίζουν οι λευκοί φαινοκρύσταλλοι του αστρίου (σανίδινο) που περιέχει.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Ο ανδεσίτης είναι ένα ιδιαίτερα σκληρό και ανθεκτικό στην αποσάθρωση ηφαιστειακό πέτρωμα. Η σκληρότητα και η ανθεκτικότητά του αυξάνονται με τη μείωση του ποσοστού και του μεγέθους των περιεχόμενων στη μάζα του φαινοκρυστάλλων.



Ανδεσίτης

Χρήσεις. Λόγω των αυξημένων μηχανικών του χαρακτηριστικών και της αντοχής του στην αποσάθρωση, χρησιμοποιείται ως αδρανές για κατασκευή αντιολισθηρών ασφαλτοταπήτων σε έργα οδοποιίας. Μπορεί δε ασφαλώς να χρησιμοποιηθεί ως δομικό υλικό ενώ αποτελεί πολύ καλό υπόβαθρο για τη θεμελίωση τεχνικών έργων.

### **Βασάλτης, Διαβάσης**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Από άποψη χημισμού κατατάσσονται στα βασικά πυριγενή πετρώματα. Η διαφορά μεταξύ τους έγκειται στο γεγονός ότι παρουσιάζουν διαφορετικό ιστό. Ο βασάλτης αποτελείται από θεμελιώδη μάζα υαλώδη ενώ η θεμελιώδης μάζα του διαβάσης είναι μικροκρυσταλλική. Είναι πολύ σκληρά και ανθεκτικά πετρώματα, που έξαλλοιώνονται δύσκολα. Έχουν γκριζο ή μαύρο χρώμα και αναγνωρίζονται από τους μικρούς (διακρίνονται εύκολα με μεγεθυντικό φακό-δύσκολα με το μάτι) φαινοκρυστάλλους αυγίτη και κερροσιλβης που είναι διάσπαρτοι στη μάζα τους.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζουν σαν πετρώματα, εξαιρετικά μηχανικά χαρακτηριστικά, μεγάλη σκληρότητα και μεγάλη αντοχή στην αποσάθρωση. Για το λόγο αυτό η εκσκαφή τους είναι πολύ δύσκολη και γίνεται μόνο με τη βοήθεια



Βασάλτης

εκρηκτικών.

Χρήσεις. Ο βασάλτης και ο διαβάσης χρησιμοποιούνται ως αδρανή στην παρασκευή ειδικών τύπων σκυροδέματος μεγάλου ειδικού βάρους και υψηλής αντοχής. Εξαιτίας της πολύ καλής πρόσφυσης που παρουσιάζουν με ασφαλτικά υλικά και της πολύ καλής τεχνικής τους συμπεριφοράς (υψηλή αντοχή σε απότριψη, σε τριβή και κρούση και σε ανεμπόδιστη θλίψη) χρησιμοποιούνται ως αδρανή οδοποιίας στην κατασκευή αντιστοιχισμένων ασφαλτοταπήτων.

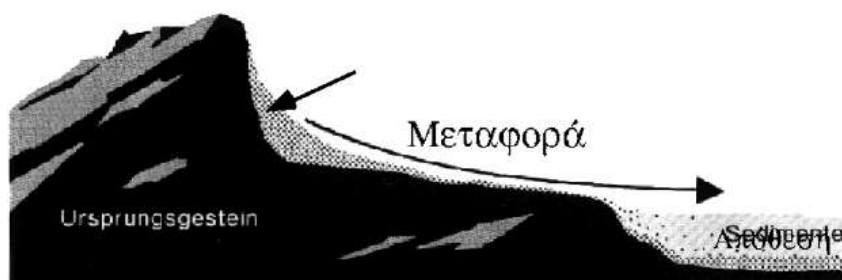
## 2.4. Ιζηματογενή πετρώματα

Τα ιζηματογενή πετρώματα σχηματίζονται από υλικά που προέρχονται από την αποσάθρωση τμημάτων προϋπαρχόντων πετρωμάτων.

Για τον σχηματισμό των ιζηματογενών πετρωμάτων μεσολαβούν διάφορες φυσικές διεργασίες. Η πρώτη από αυτές αφορά την παραγωγή του υλικού που θα αποτελέσει το σώμα του πετρώματος και το οποίο προέρχεται από τη διάβρωση του αποσπασμένου τμήματος άλλων πετρωμάτων. Η διεργασία αυτή είναι η αποσάθρωση.

Τα υλικά που προέρχονται από την αποσάθρωση των πετρωμάτων, μεταφέρονται από το νερό ή τον αέρα σε άλλες θέσεις. Κατά τη φάση αυτή, που λέγεται μεταφορά, τα υλικά μεταφέρονται σε κάποια απόσταση από τη θέση του μητρικού πετρώματος, ανάλογα με τη μεταφορική ικανότητα του νερού και αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος τους.

Κατά τη μεταβολή της κλίσης της κοίτης στην εκβολή του χειμάρρου από τις ορεινές προς τις πεδινές περιοχές ή κατά την εκβολή του ποταμού σε λίμνη ή στη θάλασσα, η ταχύτητα κίνησης του νερού μειώνεται ή μηδενίζεται. Τότε το νερό χάνει τη μεταφορική του ικανότητα και τα μεταφερόμενα υλικά αρχίζουν να αποτίθενται. Αυτή είναι η φάση της απόθεσης των υλικών.



Στη συνέχεια άλλα υλικά αποτίθενται πάνω από τα προηγούμενα, σε μία διαδικασία που επαναλαμβάνεται και διαρκεί εκατομμύρια χρόνια. Στη διάρκεια της περιόδου αυτής, τα υλικά που βρίσκονται στα κατώτερα σημεία συμπυκνώνονται υπό την πίεση των υπερκείμενων υλικών και τα τεμάχιά τους συγκοιώνται από την απόθεση αλάτων που μεταφέρονται εκεί από τα υπόγεια νερά. Αυτή είναι η διαδικασία της διαγένεσης με την οποία τα χαλαρά και ασύνδετα υλικά μετατρέπονται σε συμπαγή πετρώματα.

#### **2.4.1. Βασικά στοιχεία στρωματογραφίας**

Επειδή τα ιζήματα αποτίθενται σε επάλληλα στρώματα, τα πετρώματα που σχηματίζονται με τη διαδικασία της ιζηματογένεσης, έχουν τη μορφή οριζόντιων στρωμάτων. Διαχωρίζονται μεταξύ τους από επιφάνειες που λέγονται στρωσιγενείς επιφάνειες ή επιφάνειες επαφής. Τα ιζηματογενή πετρώματα, στην περίπτωση αυτή, έχουν τα ίδια γεωμετρικά στοιχεία προσανατολισμού και βρίσκονται σε συμφωνία.

Η ιζηματογένεση είναι μία διεργασία που δεν συμβαίνει συνεχώς αλλά διακόπτεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα, που έχουν συχνά διάρκεια πολλών χιλιάδων ετών. Η αιτία για το γεγονός αυτό, είναι οι μεταβολές της σχετικής με την ξηρά στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της τήξης των πάγων ή αντίθετα της δημιουργίας παγετώνων.

Τα πετρώματα που στο παρελθόν αποκαλύφθηκαν από την απόσυρση της θάλασσας, υπέστησαν την επίδραση της διάβρωσης. Για το λόγο αυτό, όταν η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε και τα ξανασκέπασε, η επιφάνειά τους επάνω στην οποία άρχισαν να αποτίθενται τα νέα ιζήματα, ήταν ανώμαλη.



Έτσι, τα ιζηματογενή πετρώματα που σχηματίστηκαν πριν τη διακοπή της ιζηματογένεσης, διαχωρίζονται από τα νεότερα με μία απιφάνεια που λέγεται επιφάνεια ασυμφωνίας. Οι δύο ομάδες ιζηματογενών πετρωμάτων βρίσκονται μεταξύ τους σε στρωματογραφική ασυμφωνία.

Όταν η κλίση και των δύο ομάδων πετρωμάτων είναι η ίδια, τότε η ασυμφωνία λέγεται καλυμμένη. Σε αντίθετη περίπτωση κατά την οποία οι δύο ομάδες ιζηματογενών πετρωμάτων έχουν διαφορετικά γεωμετρικά στοιχεία προσανατολισμού, η ασυμφωνία λέγεται γωνιώδης. Η γωνιώδης ασυμφωνία οφείλεται στο γεγονός ότι, εξαιτίας γεωδυναμικών φαινομένων, τα ιζηματογενή πετρώματα που αρχικά αποτέθηκαν σε οριζόντια στρώματα, πτυχώθηκαν και η κλίση τους μεταβλήθηκε.

#### 2.4.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά των ιζηματογενών πετρωμάτων

Τα μηχανικά χαρακτηριστικά και η τεχνική συμπεριφορά των ιζηματογενών πετρωμάτων, εξαρτώνται από τον τρόπο σχηματισμού τους. Βασικό χαρακτηριστικό των ιζηματογενών πετρωμάτων είναι η ανάπτυξη τους σε παράλληλα ή υποπαράλληλα στρώματα με ποικίλο πάχος. Οι επιφάνειες μεταξύ των στρωμάτων αυτών (επίπεδα στρώσης), αποτελούν επιφάνειες μικρής συνοχής.

Η επίδραση της παρουσίας τους στην τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων



Στρωσιγενείς επιφάνειες σε ιζηματογενή πετρώματα

εξαρτάται από την πυκνότητα και τον προσανατολισμό τους σε σχέση με το τεχνικό έργο. Όσο πιο λεπτοπλακώδης είναι ο γεωλογικός σχηματισμός, τόσο αυξάνει ο αρνητικός ρόλος των επιπέδων στρώσης καθώς και η υδραυλική και η μηχανική ανισοτροπία που παρουσιάζουν τα πετρώματα αυτά.

Ο συνδυασμός επιπέδων στρώσεων με την παρουσία κάθε μορφής και προσανατολισμού άλλων ασυνεχειών, κάνουν ιδιαίτερα περίπλοκα τα θέματα των μηχανικών και των υδραυλικών χαρακτηριστικών των

ιζηματογενών πετρωμάτων.

Η τεχνική συμπεριφορά των πετρωμάτων αυτών εξαρτάται επίσης από τη φύση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συνδετικού τους υλικού. Όταν, αυτό ή ένα σημαντικό του μέρος είναι αργλικό, τότε το πέτρωμα παρουσιάζει φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά και κακή τεχνική συμπεριφορά ιδιαίτερα παρουσία νερού.

Όταν αντίθετα το συνδετικό υλικό είναι ασβεστικό ή χαλαζιακό, το πέτρωμα παρουσιάζει βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά και καλή τεχνική συμπεριφορά και είναι κατάλληλο για υπόβαθρο θεμελίωσης τεχνικών έργων και για χρησιμοποίηση ως υλικό δόμησης.

#### 2.4.2. Κλαστικά ιζηματογενή

Με βάση το μέγεθος των τεμαχίων ή των κόκκων, τα ιζήματα διακρίνονται από τα αδρόκοκκα προς τα λεπτόκοκκα, σε τρογμάλες, λατύπες (γωνιώδη τεμάχια) - κροκάλες (αποστρωγυλεμένα τεμάχια), χάλικες, άμμο, ιλύ και άργιλο. Τα πετρώματα που σχηματίζονται από τη διαγέννεση των χαλαρών αυτών υλικών, ονομάζονται αντίστοιχα, τρογματοπαγή, λατυποπαγή, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες (διαγέννεση άμμου), ιλυόλιθοι (διαγέννεση ιλύος) και αργλικοί σχιστόλιθοι.

Επειδή τα φυσικά και τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά εξαρτώνται από τη φύση του συνδετικού τους υλικού, στο όνομά τους συμπεριλαμβάνεται και το αντίστοιχο χαρακτηριστικό. Έτσι εάν το συνδετικό υλικό ενός ψαμμίτη είναι αργλικό, αυτός ονομάζεται αργλοψαμμίτης ενώ εάν είναι ασβεστικό

ασβεστοψαμμίτης κ.ό.κ. Από τη διαγέννεση της αργίλου προκύπτει η σχιστή άργιλος η οποία στη συνέχεια, με μεγαλύτερη πίεση, γίνεται αργλικός σχιστόλιθος.

Όνομασία	Μέγεθος κόκκων (mm)
Ογκόλιθοι	> 200
Κροκάλες, λατύπες	60-200
Χάλικα	2-60
Άμμος	0.06-2
Ιλύς	0.002-0.06
Αργίλος	< 0.002

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Ψαθρό ή ευδιάλυτο (π.χ. αργλικό) συνδετικό υλικό,

κάνει τα αντίστοιχα πετρώματα σαθρά ή ευδιάλυτα παρουσία νερού. Το αντίθετο συμβαίνει όταν το συνδετικό υλικό είναι ανθεκτικό (π.χ. ασβεστίτικο ή χαλαζιακό).

### **Κλαστικά λεπτοττλακώδη ιζηματογενή (Σχιστή άργιλος, αργιλικός σχιστόλιθος)**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Η άργιλος που αποτίθεται στα πλαίσια της διαδικασίας της ιζηματογένεσης όταν υποστεί χαμηλού βαθμού διαγένεση μετατρέπεται σε σχιστή άργιλο η οποία με μεγαλύτερου βαθμού διαγένεση γίνεται αργιλικός σχιστόλιθος.

Η σχιστή άργιλος είναι ένα μαλακό πέτρωμα, με καστανό ή γκριζο χρώμα. Η μάζα της διαχωρίζεται από παράλληλες επιφάνειες στρώσης (επιφάνειες που δημιουργήθηκαν κατά τον σχηματισμό της), που αποτελούν και επιφάνειες μικρής συνοχής.



Αργιλικός σχιστόλιθος

Ο αργιλικός σχιστόλιθος είναι ένα μαύρο πέτρωμα που είναι το τελικό προϊόν της διαγενετικής διαδικασίας "άργιλος-σχιστή άργιλος-αργιλικός σχιστόλιθος".

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Η σχιστή άργιλος και ο αργιλικός σχιστόλιθος παρουσιάζουν φτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά και είναι πετρώματα ιδιαίτερα ευαίσθητα στη μηχανική αποσάθρωση. Τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά εξαρτώνται από το είδος και τις μηχανικές ιδιότητες των αργιλικών τους συστατικών καθώς και από το βαθμό διαγένεσης.

Είναι πετρώματα τα οποία επιδέχονται μεγάλες παραμορφώσεις και παρουσιάζουν χαμηλή αντοχή σε διάτμηση παράλληλα προς τα επίπεδα στρώσεών τους. Γιά το λόγο αυτό η παρουσία τους, ιδιαίτερα όταν οι επιφάνειες στρώσης τους έχουν υποπαράλληλη διεύθυνση κλίσης προς αυτή των πρανών, είναι ανεπιθύμητη αφού είναι η αιτία προβλημάτων ευστάθειας.

Η μεγάλη πλαστικότητα και η χαμηλή αντοχή σε διάτμηση, κάνουν τη σχιστή άργιλο και τον αργλικό σχιστόλιθο δύσκολα πετρώματα για θεμελίωση και ακατάλληλα για χρήση ως δομικά υλικά στην κατασκευή δομικών στοιχείων καθώς επί πλέον παρουσιάζουν το φαινόμενο της διόγκωσης λόγω προσρόφησης νερού από την άργιλο.

Ο αργλικός σχιστόλιθος και η σχιστή άργιλος παρουσιάζουν το πρόβλημα της ρωγμάτωσης κατά την αποφόρτισή τους (slaking). Μετά, δηλαδή, την εκσκαφή του πετρώματος και τη διαμόρφωση ενός πρανού, σχηματίζονται ρωγμές στη μάζα του οι οποίες το τέμνουν σε μικρές δομικές μονάδες. Οι ρωγμές αυτές που διευρύνονται συνεχώς, αυξάνουν τον φαινόμενο όγκο του πετρώματος και μετατρέπουν τμήματα της μάζας του σε φύλλα (σαν ανοικτό βιβλίο). Με τον τρόπο αυτό χαλαρώνει η μάζα του πετρώματος, χάνεται η συνοχή του και υποβαθμίζονται τα μηχανικά του χαρακτηριστικά.

Στις περιπτώσεις εκσκαφών σε τέτοιους σχηματισμούς, εμφανίζονται γεωτεχνικά προβλήματα ευστάθειας των πρανών, που ποικίλουν από καταπτώσεις τεμαχών του πετρώματος μέχρι ολισθήσεις, κυρίως όταν η κλίση της στρώσης του πετρώματος είναι ομόρροπη με αυτή του πρανού.

Χρήση. Ο αργλικός σχιστόλιθος, παρόλα αυτά, επειδή είναι υδατοστεγές πέτρωμα, χρησιμοποιείται ευρύτατα σε πολλές περιοχές της Ελλάδας για την κάλυψη στεγών αντί κεραμιδιών.

### **Ψαμμίτες και Κροκαλοπαγή**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Οι κροκάλες είναι αποστρογγυλεμένα τεμάχια πετρωμάτων, η εξομάλυνση της επιφάνειας των οποίων οφείλεται στην τριβή κατά την κύλιση και τη μεταφορά τους από τα νερά των ποταμών και των χειμάρρων. Η σύνδεση των κροκαλών με "ορυκτή κόλλα" (με άλατα που αποτίθενται επάνω τους), προσδίδει στο πέτρωμα συνεκτικότητα.

Κατά ανάλογο τρόπο σχηματίζονται οι ψαμμίτες με τη διαφορά ότι τα τεμάχια που προέρχονται από τη μεταφορά προϊόντων της αποσάθρωσης δεν ξεπερνούν σε μέγεθος τα 2mm.



Τεχνικά χαρακτηριστικά και χρήσεις. Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, τα φυσικά και τα μηχανικά χαρακτηριστικά των ψαμμιτών και των κροκαλοπαγών εξαρτώνται από τη φύση του συνδετικού υλικού και από τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά των κλασμάτων πετρωμάτων που τα αποτελούν. Θα πρέπει λοιπόν η φύση και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συνδετικού υλικού και των θραυσμάτων να ελέγχονται, προκειμένου να αξιολογηθούν τα πετρώματα για χρήση ως υλικά δόμησης.

Τα κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες έχουν συνήθως πολλά κενά διαφόρων μεγεθών. Η παρουσία των κενών αυτών, τα κάνει ακατάλληλα για εξωτερική χρήση, δεδομένου ότι η επίδραση του παγετού εύκολα προκαλεί την αποσάθρωση του πετρώματος. Κροκαλοπαγή με ελάχιστα κενά και ασβεστίτικο συνδετικό υλικό, χρησιμοποιούνται μετά την κοπή και λείανσή τους, ως βιομηχανικά μάρμαρα.

Η παρουσία κενών συνδέεται όμως και με την παρουσία νερού. Για το λόγο αυτό στα κροκαλοπαγή και στους ψαμμίτες αναπτύσσονται συνήθως υδροφόροι οριζόντες, ένα γεγονός που θα πρέπει σε κάθε περίπτωση θεμελίωσης ενός



Ψαμμίτης

τεχνικού έργου, να λαμβάνεται υπόψη. Σημειώνεται ότι η παρουσία νερού σε πετρώματα συνήθως μειώνει τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά.

Το υπόγειο νερό που κινείται μέσα στα παραπάνω πετρώματα είναι, υπό προϋποθέσεις, δυνατό να διαλύσει μέρος του συνδετικού υλικού με αποτέλεσμα τη χαλάρωση της συνοχής του πετρώματος. Αυτή έχει ως συνέπεια την υπόγεια διάβρωση του πετρώματος και τη

δημιουργία κενών σε αυτό. Όταν δε το πέτρωμα βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια του εδάφους είναι δυνατόν να προκληθούν καθιζήσεις των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών.

Τα κροκαλοπαγή και οι ψαμμίτες όταν δεν αποτελούνται από αργλικό συνδετικό υλικό είναι σκληρά και ανθεκτικά πετρώματα και γιὰ το λόγο αυτό η εκσκαφή τους γίνεται συνήθως με τη βοήθεια εκρηκτικών. Όταν όμως το συνδετικό υλικό περιέχει άργιλο είναι δυνατόν η εκσκαφή τους να γίνει και με μηχανικά μέσα.

Προβλήματα ευστάθειας των πρανών των εκσκαφών στα παραπάνω πετρώματα δεν παρουσιάζονται εφόσον αυτά δεν υπέρκεινται κάποιου ασθενέστερου ή ευδιάλυτου σχηματισμού (γύψου, ανυδρίτη, σχιστής αργίλου, αργλικού σχιστόλιθου). Παρόλα αυτά είναι δυνατόν να εμφανισθούν προβλήματα καταπτώσεων όταν ο προσανατολισμός των ασυνεχειών του πετρώματος σε σχέση με αυτόν του πρανούς είναι δυσμενής.

### 2.4.3. Χημικά και βιογενή ιζηματογενή πετρώματα

#### Ασβεστόλιθος

Πετρογραφικά ναρκηριστικά. Ο ασβεστόλιθος προέρχεται από την καθίζηση και τη διαγέννεση ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) και σχηματίζεται μέσα σε θαλάσσιο περιβάλλον. Εκτός από τον ασβεστίτη, μπορεί να περιέχει σε μικρό ποσοστό οξείδια μετάλλων ή άργιλο.

Κύριο χαρακτηριστικό των ασβεστόλιθων, είναι η διάβρωσή τους από τα υπόγεια νερά (καρστική διάβρωση), γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό σπηλαίων, αγωγών και γενικά εγκοίλων στο εσωτερικό τους. Οι ασβεστόλιθοι είναι από τα πετρώματα που συναντώνται πολύ συχνά στον Ελλαδικό χώρο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Είναι πετρώματα υψηλής αντοχής, κατάλληλα τόσο για χρήση ως δομικά υλικά



Ασβεστόλιθος

όσο και ως υπόβαθρα θεμελίωσης τεχνικών έργων. Η τεχνική τους συμπεριφορά σε κλίμακα βράχου, εξαρτάται κυρίως από τον προσανατολισμό, την πυκνότητα και το εύρος ανοίγματος των διακλάσεων που τα διατρέχουν.

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν καρστική διάβρωση, πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην παρουσία εγκοίλων στο εσωτερικό τους. Η παρουσία εγκοίλων καλυμένων από σύγχρονα ιζήματα (αλουβιακές αποθέσεις) είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη αφού μπορεί να προκληθούν εκτεταμένες καθιζήσεις από συμπύκνωση ή υποχώρηση των χαλαρών σχηματισμών.

Χρήσεις. Παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Μεταξύ άλλων χρησιμοποιούνται ως δομικοί λίθοι και, μετά την κοπή και λείανσή τους, ως βιομηχανικά μάρμαρα. Χρησιμοποιούνται επίσης για την παραγωγή τσιμέντου και ασβέστη.

### **Δολομίτης**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Ο Δολομίτης αποτελείται από μίγμα ανθρακικών αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου ( $\text{CaCO}_3$  και  $\text{MgCO}_3$ ). Είναι σκληρότερο πέτρωμα και λιγότερο ευδιάλυτο από τον ασβεστόλιθο και γιαυτό δεν παρουσιάζει καρστική διάβρωση τόσο συχνά.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Παρουσιάζει βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα αντίστοιχα του ασβεστόλιθου. Λόγω του ότι είναι σκληρό πέτρωμα, εμφανίζεται συχνά έντονα διαρρηγμένο.

Χρήσεις. Χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό και ως βιομηχανικό μάρμαρο.

### **Τραβερίνης**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Σχηματίζεται στο βυθό λιμνών, από την απόθεση ανθρακικού ασβεστίου επάνω σε μέρη φυτών. Αυτά περιασβετώνονται και στη

συνέχεια καθιζάνουν στο βυθό όπου συσφραεύονται και τελικά σχηματίζουν το πέτρωμα αυτό. Ιδιαίτερα εκτεταμένες εμφανίσεις τραβερτίνη υπάρχουν στην περιοχή της Εδεσσας.



Χρήσεις. Χρησιμοποιείται ως δομικός λίθος

για την κατασκευή δομικών στοιχείων. Μετά την κοπή και <sup>Τραβερτίνης</sup> λείανσή του χρησιμοποιείται για διακόσμηση εισόδων ή εσωτερικών επιφανειών.

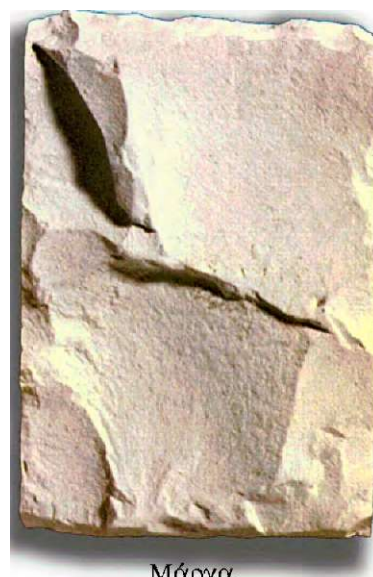
### **Ασβεστομαργαϊκοί σχηματισμοί (Μάργες, Ιλυόλιθος)**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Αποτελούνται από μίγμα ανθρακικού ασβεστίου με άργιλο σε διάφορες αναλογίες. Με βάση την αναλογία των δύο αυτών κύριων συστατικών χαρακτηρίζονται ως ασβεστομάργες, μαργάσβεστοι, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, κ.λ.π.

Το χρώμα της μάργας ποικίλει από λευκό έως ανοικτό καστανό ή κοκκινωπό. Η αναλογία των συστατικών της καθορίζει σε μεγάλο βαθμό, εκτός από το όνομα και την τεχνική της συμπεριφορά. Είναι αδιαπέρατο από το νερό πέτρωμα. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο της προσδίδει καλά μηχανικά χαρακτηριστικά με αποτέλεσμα να είναι κατάλληλη για χρήση ως δομικός λίθος.

Μία παραλλαγή το πετρώματος η οποία όμως αποτελείται από μίγμα ιλύος και ανθρακικού ασβεστίου είναι ο ιλυόλιθος.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μαργών βελτιώνονται με την αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε ανθρακικό ασβέστιο. Η συνηθισμένη μορφή τους με ισομερή κατανομή των δύο συστατικών χαρακτηρίζεται από



Μάργα.

μικρή αντοχή, ευκολία αποσάθρωσης και αστάθεια στα πρανή ιδιαίτερα στις περιπτώσεις ομόρροπης κλίσης πετρώματος και πρανούς.

Οι ιλυόλιθοι είναι αδιαπέρατοι από το νερό σχηματισμοί με χαμηλή αντοχή. Εξαιτίας της περιεκτικότητάς τους σε ιλύ και των φτωχών μηχανικών τους χαρακτηριστικών, προκαλούν πολλά γεωτεχνικά προβλήματα κυρίως ευστάθειας σε πρανή. Ιδιαίτερα παρουσία νερού, τα πετρώματα αυτά διαβρέχονται και πλαστικοποιούνται σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα την απώλεια της διατμητικής τους αντοχής.

Ένα άλλο φαινόμενο που χαρακτηρίζει τα πετρώματα αυτά, είναι η ρωγμάτωση κατά την αποφόρτισή τους. Μετά δηλαδή την εκσκαφή του πετρώματος, εμφανίζονται ρωγμές στην επιφάνεια των παρειών της εκσκαφής, οι οποίες προχωρούν προς το εσωτερικό της μάζας του. Συνεχώς εμφανίζονται νέες ρωγμές, οι οποίες επι πλέον διευρύνονται κόβοντας το πέτρωμα σε μικρά κομμάτια. Συνέπεια της διαδικασίας αυτής (slaking) είναι η χαλάρωση του πετρώματος, η διόγκωσή του, η αύξηση της υδροπερατότητας του και η σημαντική υποβάθμιση των ήδη φτωχών μηχανικών του χαρακτηριστικών.

### **Κερατόλιθος**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Σχηματίζεται στο βυθό της θάλασσας από την καθίζηση λεπτόκοκκων ιζημάτων χαλαζιακής σύστασης. Αποτελείται από χαλαζία, χαλκηδόνιο και οπάλιο. Έχει συνήθως πράσινο ή κόκκινο χρώμα και είναι ιδιαίτερα σκληρό και ανθεκτικό στην αποσάθρωση πέτρωμα.

### **Ανυδρίτης**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Προέρχεται από την καθίζηση και διαγέννεση θειικού ασβεστίου ( $\text{CaSO}_3$ ). Έχει λευκό ή τεφρόλευκο χρώμα και παρουσία νερού μετατρέπεται σε γύψο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Το γεγονός ότι με την προσθήκη νερού μετατρέπεται σε γύψο, τον κάνει ιδιαίτερα επικίνδυνο για την ευστάθεια τεχνικών έργων. Η

μετατροπή αυτή, μπορεί να γίνει με την επίδραση των υπόγειων νερών πολύ γρήγορα και επί πλέον συνοδεύεται από φαινόμενα διόγκωσης, τα οποία προκαλούν μεγάλες παραμορφώσεις στους γεωλογικούς σχηματισμούς.

## Γύψος

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Αποτελείται από το ορυκτό γύψος ή από απόθεση ιζήματος ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Το χρώμα της είναι υπόλευκο ή γκρίζο με ενστρώσεις διαφορετικού χρώματος η παρουσία των οποίων οφείλεται στην παρουσία διαφόρων οξειδίων μετάλλων κατά την ιζηματογέννεση.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Το κύριο πρόβλημα που καθορίζει ουσιαστικά και την τεχνική της συμπεριφορά, είναι το γεγονός ότι διαλύεται κατά την επαφή της με το νερό. Τα υπόγεια νερά διαλύουν τα στρώματα γύψου, με αποτέλεσμα την εμφάνιση θραύσεων, καθιζήσεων και κατολισθήσεων των υπερκείμενων γεωλογικών σχηματισμών.



Γύψος

Επειδή οι εμφανίσεις γύψου δεν έχουν τη μορφή στρωμάτων αλλά έχουν ακανόνιστο σχήμα, είναι πολύ δύσκολο να προβλέψει κανείς την ακριβή θέση τους στο χώρο. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ένα μεγάλο πρόβλημα στην κατασκευή των τεχνικών έργων όταν στην περιοχή κατασκευής εντοπισθεί η παρουσία γύψου.

Η διάλυση της γύψου συνοδεύεται, όπως είναι φυσικό, από την επιβάρυνση των υπόγειων νερών σε θειικά άλατα με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητάς τους (ακατάλληλα για ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση, παραγωγή τσιμέντου).

## Φλύσσης

Ο φλύσσης δεν είναι πέτρωμα αλλά ένας γεωλογικός σχηματισμός που αποτελείται από εναλλαγές διαφόρων τύπων ιζηματογενών πετρωμάτων. Συγκεκριμένα

αποτελείται από εναλλαγές λεπτών στρωμάτων ασβεστόλιθων, ψαμμιτών, αργλικών σχιστολίθων, κροκαλοπαγών, μαργών κ.λ.π.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Η ποικιλία των πετρωμάτων που τον αποτελούν και τα διαφορετικά τους τεχνικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά, δημιουργούν έντονη ανισοτροπία που κάνει ιδιαίτερα περίπλοκο το πρόβλημα της υδραυλικής και μηχανικής συμπεριφοράς του φλύσχη.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να εξετάζεται η μηχανική συμπεριφορά του καθενός από τα πετρώματα που τον αποτελούν και η αλληλεπίδρασή του με τα γειτονικά του. Ο φλύσχη είναι ένας ιδιαίτερα ασταθής σχηματισμός και για το λόγο αυτό η παρουσία του σε πρανή συνοδεύεται από γεωτεχνικά προβλήματα.

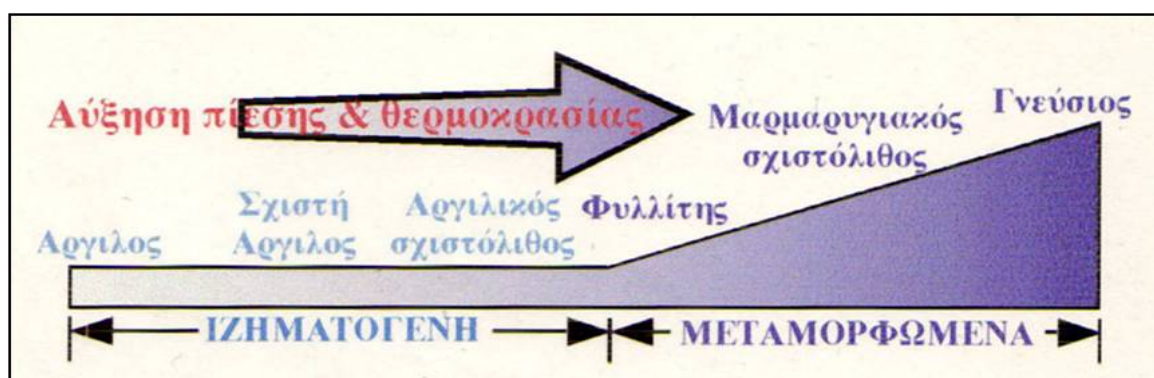
Τα επί μέρους πετρώματα που αποτελούν το φλύσχη είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά εφόσον πληρούν τους όρους που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

## 2.5. Μεταμορφωσιγενή πετρώματα

Τα μεταμορφωσιγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα προέρχονται από τη μεταμόρφωση προϋπαρχόντων άλλων τύπων πετρωμάτων. Με τον όρο "μεταμόρφωση" εννοούνται οι μεταβολές τις οποίες υφίστανται τα ορυκτά- συστατικά των πετρωμάτων καθώς και ο ιστός τους, όταν αυτά εκτεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες και υποβληθούν σε μεγάλες πιέσεις. Κάτω από τέτοιες συνθήκες τα ορυκτά που αποτελούν τα πετρώματα, τήκονται, ανακρυσταλλώνονται και αναδιατάσσονται στο χώρο, σχηματίζοντας ένα νέο πέτρωμα.

Πίνακας 2.5.  
Προέλευση διαφόρων μεταμορφωμένων πετρωμάτων και κύρια ορυκτολογικά τους συστατικά.

Ποριγενές ή ιζηματογενές πέτρωμα	Μεταμορφωσιγενές πέτρωμα	Κύρια ορυκτά συστατικά
Σχιστή άργιλος Αργιλικός σχιστόλιθος	Φυλλίτης Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος Γνεύσιος	Σερικίτης, Χαλαζίας Μοσχοβίτης, χαλαζίας, ορθόκλαστο
Γρανίτης Γρανοδιορίτης, Διορίτης	Γνεύσιος	Χαλαζίας, ορθόκλαστο, μοσχοβίτης/ βιοτίτης
Βασάλτης	Αμφιβολίτης	Κεροσίλβη, πλαγιόκλαστα
Περιδοτίτης	Αμφιβολίτης	Κεροσίλβη, πλαγιόκλαστα
Ψαμμίτης	Χαλαζίτης	Χαλαζίας
Ασβεστόλιθος	Μάρμαρο	Ασβεσίτης





Το νέο αυτό πέτρωμα που πολλές φορές συμβαίνει να αποτελείται από τα ίδια ορυκτολογικά συστατικά με το μητρικό του, έχει τελείως διαφορετικό ιστό και γιὰ το λόγο αυτό και διαφορετικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά.

Το κύριο χαρακτηριστικό του ιστού των πετρωμάτων αυτών, είναι η παράλληλη διάταξη των ορυκτών συστατικών τους. Το γεγονός αυτό προσδίδει στα μεταμορφωμένα πετρώματα έντονη ανισοτροπία και την ιδιότητα να αποχωρίζονται κατά μήκος παράλληλων επιφανειών (επιφάνειες σχιστότητας).

### **2.5.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά των μεταμορφωμένων πετρωμάτων**

Όπως αναφέρεται πὸ πάνω, το βασικό χαρακτηριστικό των περισσότερων μεταμορφωμένων πετρωμάτων είναι η διάταξη των πετρογενετικών τους ορυκτών σε παράλληλα επίπεδα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί έντονη ανισοτροπία τόσο στη μηχανική όσο και στην υδραυλική συμπεριφορά των πετρωμάτων αυτών. Τα επίπεδα που σχηματίζονται από την παράλληλη διάταξη των ορυκτών, αποτελούν επίπεδα αδυναμίας ιδιαίτερα όταν κάποια από τα ορυκτά εμφανίζουν χαμηλή μηχανική αντοχή ή χαμηλή αντοχή στην αποσάθρωση (όπως, επί παραδείγματι, συμβαίνει με τους μαρμαρυγίες).

Μία άλλη παράμετρος που επηρεάζεται από την παρουσία σχιστότητας στα πετρώματα, είναι η κατανομή των τάσεων στη μάζα τους. Οι τάσεις αυτές, οι οποίες προέρχονται από το ίδιο βάρος των πετρωμάτων ή από εξωτερικά φορτία, συγκεντρώνονται σε διευθύνσεις όπου η μάζα παρουσιάζει μεγαλύτερη ακαμψία.

Εξαιρεση στα παραπάνω αποτελούν τα μάρμαρα, οι αμφιβολίτες και οι χαλαζίτες, που είναι πετρώματα με ολοκρυσταλλικό κοκκώδη ιστό. Τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν, σε γενικές γραμμές, βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα πετρώματα από τα οποία προήλθαν (ασβεστόλιθος, γάββρος και ψαμμίτης αντίστοιχα).

### **2.5.2. Κυριότερα μεταμορφωσιγενή πετρώματα Φυλλίτης**

#### Πετρογραφικά χαρακτηριστικά.

Προέρχεται από την μεταμόρφωση του αργιλικού σχιστολίθου σε ήπιες συνθήκες μεταμόρφωσης (χαμηλή πίεση και θερμοκρασία). Γιὰ το λόγο αυτό θεωρείται ημιμεταμορφωμένο πέτρωμα. Παρουσιάζει έντονα σχιστοφυή ιστό και αποτελείται από χαλαζία (έως 10%), άστριους (σε μικρό ποσοστό) και μαρμαρυγίες.



Χρήσεις. Σε σπάνιες περιπτώσεις και μόνο όταν δεν υπάρχει εναλλακτική λύση χρησιμοποιείται στην επικάλυψη στεγών (αντί κεραμιδιών).

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Ο σχιστοφυής ιστός του έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζει χαμηλή αντοχή σε δυναμικές καταπονήσεις (κρούσεις) παράλληλα προς τις επιφάνειες σχιστότητας. Εμφανίζει επίσης μικρή αντοχή στην αποσάθρωση και το γεγονός αυτό χειροτερεύει τα ήδη φτωχά μηχανικά του χαρακτηριστικά.

### **Σχιστόλιθοι (Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος, ταλκικός σχιστόλιθος)**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Οι σχιστόλιθοι είναι μεταμορφωσιγενή πετρώματα, στη σύσταση των οποίων συμμετέχουν ένα ή περισσότερα φυλλόμορφα ορυκτά (βιοτίτης, μοσχοβίτης, τάλκης κ.ά.). Οι μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι περιέχουν μαρμαρυγίες και είναι γκρίζα πετρώματα που παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονη ανισοτροπία. Προέρχονται από τη μεταμόρφωση των φυλλιτών και αποτελούνται από χαλαζία, αστρίους και μαρμαρυγίες.

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Οι σχιστόλιθοι εμφανίζουν έντονη υδραυλική και μηχανική ανισοτροπία λόγω σχιστοφυούς ιστού. Η παρουσία φυλλόμορφων ορυκτών σε



συνδυασμό με την παράλληλη διάταξή τους, κληροδοτεί στα πετρώματα αυτά την ιδιότητα να σχίζονται σε παράλληλα επίπεδα με την ενέργεια δυναμικής καταπόνησης (κρούσης).

Παρουσιάζουν επίσης χαμηλή αντοχή σε διάτμηση ή εφελκυσμό παράλληλα και κάθετα αντίστοιχα στις επιφάνειες σχιστότητας. Η αντοχή τους σε διάτμηση παράλληλα προς τη σχιστότητα, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το είδος του φυλλόμορφου ορυκτού που

περιέχουν (μαρμαρυγίας, τάλκης, χλωρίτης).

Οι ταλκικοί σχιστόλιθοι παρουσιάζουν λείες επιφάνειες σχιστότητας με σαπωνοειδή υφή λόγω της παρουσίας του τάλκη. Είναι ιδιαίτερα ασταθή πετρώματα γιατί παρουσιάζουν πολύ χαμηλή αντοχή σε διάτμηση παράλληλα με τη σχιστότητα και επί πλέον αποσαθρώνονται εύκολα.

Οι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε θλίψη και κάμψη. Λόγω ανισοτροπίας, η τεχνική τους συμπεριφορά εξαρτάται από το βαθμό σχιστότητάς τους και τον προσανατολισμό των επίπεδων σχιστότητας σε σχέση με τον προσανατολισμό των φορτίων που επιβάλλονται από την κατασκευή.

Χρήσεις. Επειδή οι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε θλίψη και κάμψη χρησιμοποιούνται ευρύτατα για επικάλυψη δαπέδων εξωτερικών κυρίως χώρων αλλά και για επικάλυψη στεγών. Γνωστές περιοχές παραγωγής σχιστολιθικών πλακών είναι το Πήλιο, η Ελευθερούπολη, η Κάρυστος και πολλά νησιά των Κυκλάδων.

## Γνεύσιος

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Οι γνεύσιοι προέρχονται από τη μεταμόρφωση των μαρμαρυγικών σχιστολιθών (παρα-γνεύσιοι) και από τη μεταμόρφωση γρανιτών (ορθο-γνεύσιοι). Αποτελούνται από χαλαζία, αστρίους και μαρμαρυγίες σε αναλογίες αντίστοιχες με του γρανίτη.

Αν και παρουσιάζουν σχιστοφυή ιστό δεν έχουν εν τούτοις τέλεια σχιστότητα (δεν σχίζονται τόσο εύκολα σε πλάκες όσο οι σχιστόλιθοι ή οι φυλλίτες).

Τεχνικά χαρακτηριστικά. Από τεχνική άποψη συμπεριφέρονται όπως ο γρανίτης και αποτελούν σταθερό υπόβαθρο θεμελίωσης τεχνικών έργων, εφόσον δεν είναι εξαλλοιωμένοι. Με την προϋπόθεση αυτή είναι δυνατόν να



Γνεύσιος

χρησιμοποιηθούν και ως δομικά υλικά. Σε αντίθετη περίπτωση, σχίζονται εύκολα κατά μήκος των επιφανειών σχιστότητας και ως πετρώματα παρουσιάζουν μεγάλη αστάθεια.

Χρήσεις. Τα μηχανικά τους χαρακτηριστικά είναι αντίστοιχα με του γρανίτη. Η μόνο διαφορά, που οφείλεται στο γεγονός της υποπαράλληλης διάταξης των ορυκτών τους συστατικών, είναι η χαμηλή, σχετικά με την αντίστοιχη του γρανίτη, αντοχή σε δυναμικές καταπονήσεις (κρούσεις) και σε διάτμηση παράλληλα προς τα επίπεδα σχιστότητας.

### **Αμφιβολίτης**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Αποτελείται από σκοτεινοπράσινη κερροσιλβη και αστρίους (ασβεστούχα πλαγιόκλαστα). Προέρχεται από τη μεταμόρφωση γάββρων και βασαλών (βασικών πυριγενών πετρωμάτων). Εμφανίζει κοκκώδη λεπτοκρυσταλλικό ιστό.

Τεχνικά χαρακτηριστικά και χρήσεις. Οι αμφιβολίτες είναι ιδιαίτερα σκληρά και ανθεκτικά πετρώματα, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως δομικά υλικά. Μειονέκτημα στην περίπτωση αυτή αποτελεί η δυσκολία εξόρυξης και θραύσης τους λόγω της υψηλής αντοχής τους. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη κατασκευή αντιολισθηρών ασφαλοταπιήτων.

### **Μάρμαρο**

Πετρογραφικά χαρακτηριστικά. Προέρχεται από τη μεταμόρφωση του ασβεστόλιθου και αποτελείται από ανθρακικό ασβέστιο. Ξεχωρίζει από τον ασβεστόλιθο από τον ολοκρυσταλλικό ιστό του.

Ανάλογα με το μέγεθος των κρυστάλλων χαρακτηρίζονται τα μάρμαρα ως λεπτό-, μεσο- και αδρο-κρυσταλλικά. Το χρώμα τους ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος των κρυστάλλων (τα λεπτοκρυσταλλικά είναι συνήθως λευκά ενώ τα αδροκρυσταλλικά γκριζα) και την περιεκτικότητά τους σε μικρές ποσότητες αργίλου ή μετάλλων (συνήθως Fe ή Mg). Η οξείδωση των μετάλλων αυτών, με την επίδραση ατμοσφαιρικών παραγόντων, προκαλεί την εμφάνιση κηλίδων στην επιφάνεια των

μαρμάρων.

Στην ορυκτολογική σύσταση ορισμένων μαρμάρων συμμετέχουν πολλές φορές και άλλα ορυκτά, γεγονός που προσδίδει στα μάρμαρα αυτά ιδιαίτερη εμφάνιση. Στο εμπόριο υπάρχουν μάρμαρα με κρυστάλλους γύψου που προέρχονται από την περιοχή των Ιωαννίνων και μάρμαρα που περιέχουν σερίκιτη και ονομάζονται σιπολίτες.



Τεχνικά χαρακτηριστικά. Τα μάρμαρα είναι

πετρώματα με εξαιρετικά καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Η τεχνική τους συμπεριφορά κυμαίνεται πάντοτε μέσα στα πλαίσια της πολύ καλής συμπεριφοράς. Ρωγμές και αποσάθρωση (σε μικρό πάντοτε βαθμό) εντοπίζονται μόνο στην επιφάνεια του πετρώματος. Ακόμη και πολύ μικρές ρωγμές είναι όμως ανεπιθύμητες, γιατί ευνοούν την προσβολή του πετρώματος σε βάθος, από τα οξείδια του θείου και την υγρασία της ατμόσφαιρας. Σε περίπτωση προσβολής τους από τους παραπάνω παράγοντες, τα μάρμαρα μετατρέπονται σε γύψο και αποφλοιώνονται (γυψοποίηση μαρμάρων).

Καθώς αποτελούνται από  $\text{CaCO}_3$  υφίστανται διάλυση και καρστική διάβρωση με αποτέλεσμα το σχηματισμό εγκοίλων στη μάζα τους. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία κυρίως σε περιπτώσεις θεμελίωσης σε μικρού πάχους εδάφη που υπέρκεινται μαρμάρων. Στις περιπτώσεις που καρστικά έγκοιλα βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, μπορεί να προκληθούν σημαντικά προβλήματα καθιζήσεων.

Χρήσεις. Το μάρμαρο είναι ένα αρκετά ανθεκτικό πέτρωμα με ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά για τις περισσότερες χρήσεις στην οικοδομική. Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως δομικό υλικό για την επικάλυψη εσωτερικών και εξωτερικών επιφανειών, δαπέδων, την κατασκευή διακοσμητικών στοιχείων, την παραγωγή αδρανών κ.λ.π.

Στον επόμενο πίνακα 2.5.1 δίνονται τα κυριότερα Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά πετρωμάτων του Ελλαδικού χώρου και στον 2.5.2 τα κυριότερα Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά Ελληνικών μαρμάρων.

Πέτρωμα	Φαινόμενο ειδικό βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Ειδικό βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Πορώδεις (%κ.ο.)	Υδατοιορροφητικότητα (%κ.β.)	Αντοχή σε κρούση (MN*m/m <sup>3</sup> )	Αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη (MN/m <sup>3</sup> )	Μέτρο ελαστικότητας (10 <sup>3</sup> MN/ m <sup>2</sup> )
Γρανίτης, Γρανοδιοριτή*;	2.62-2.85	2.54-2.8	0.4-6.9	0.1-1.5	5-12	100-270	37-72
Συηνίτης	2.62-2.98	2.56-2.97	0.4-8	0.1-2	6-14	80-230	37-74
Διοριτής							
Γάββρος, Διαβάσης	2.84-3.2	2.8-3.15	0.2-10.6	0.05-2.7	6.5-20	80-345	75-120
Περιδοίτης	3-3.42	2.78-3.37	0.2-5	0.05-1.6	7-14	150-270	100-175
Ρυόλιθος	2.58-2.73	2.35-2.7	0.4-14.5	0.1-4.7	3-10.5	80-300	30-76
Τραχειτής	2.52-2.78	2.42-2.75	1-10	0.3-4	2.5-12	110-240	34-75
Ανδেসίτης	2.58-2.8	2.5-2.75	0.8-14	0.3-4.6	2.5-13.5	80-330	35-73
Φωνόλιθος	2.5-2.67	2.37-2.64	1.3-12.5	0.3-4.4	3.5-15	130-260	37-60
Βασάλτης	2.84-3.22	2.74-3.2	0.3-4.5	0.1-1.7	7.5-20	160-400	48-105
Ψαμμίτης	2.6-2.72	1.95-2.7	0.5-35	0.2-13	0.2-11.5	60-290	6-71
Γροιουβάκης	2.62-2.77	2.58-2.73	0.4-6.6	0.1-2.3	5-17.5	130-300	12-54
Ασβεστόλιθος	2.64-2.8	1.75-2.75	0.6-31	0.2-12	0.3-4.2	20-240	16-90
Δολομίτης	2.68-2.86	2.05-2.84	0.4-27.5	0.1-10	1.5-4.5	50-175	32-100
Τραβερτίνης	2.69-2.73	2.18-2.56	5-19	2.5-5	1-4	2-80	13-55
Γύψος	2.28-2.38	2.05-2.28	1-8	0.4-3.6	0.2-1.3	9-40	10-29
Αργιλικός σχιστόλιθος	2.71-2.86	2.6-2.8	0.4-4.5	0.1-1.7	2-21	40-210	23-85
Γνεύσιος, Μαρμαρυγια- κός Σχιστόλιθος	2.64-3.05	2.6-2.97	0.4-5.5	0.1-1.9	3.5-11	70-260	29-66
Χαλαζίτης	2.64-2.7	2.6-2.65	0.4-3.9	0.1-1.4	3.7-12	100-325	50-75
Μάρμαρο	2.7-2.78	2.6-2.76	0.4-4	0.1-1.6	0.8-3.6	170-230	65-105
Σερπεντινίτης	2.63-3	2.41-2.95	0.3-10.5	0.1-3.8	5-15	55-210	85-130

Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά Ελληνικών μαρμάρων.

Τύπος μαρμάρου	Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες				
	Φαινόμενο ειδικό βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )	Υδαταποροφητικότητα (%κ.ο.)	Αντοχή σε θλίψη (kg/cm <sup>3</sup> )	Αντοχή σε εφελκυσμό	Αντοχή σε φθορά από τριβή και κρούση
Πεντέλης λευκό	2710	0.06	1091	263	4.33
Θάσου χιονόλευκο	2882	0.68	990	189	5.66
ΑΙΑΧ λευκό	2827	0.62	985	221	5.88
Βαροίας λευκό	2720	0.02	990	207	6.94
Τρανόβαλτου λευκό	2708	0.08	926	293	4.44
Ζάστενας λευκό	2740	0.12	1120	325	4.79
Νάξου κρυσταλίνα	2710	0.13	1080	247	4.81
Στενωπού λευκό	2710	0.07	953	152	7.97
Αγ. Μαρίνας ημίλευκο	2710	0.12	862	162	5.58
Καβάλας κρυσταλίνα	2730	0.05	733	130	6.92
Φαλακρού ημίλευκο	2651	0.06	969	179	5.84
Πάρνωνα ημόλευκο	2720	0.06	985	279	6.45
Πάρου ημίλευκο	2770	0.14	908	178	6.14
Cipolino Verde	2753	0.12	1245	238	5.72
Πράσινο Τήνου	2670	0.48	1285	342	3.21
Ερέτρας κόκκινο	2685	0.28	1114	143	3.93
Rosso Antico Μάνης	2710	0.13	1283	321	7.47
Γκριζο Αλιβερίου	2716	0.10	955	174	2.94
Σκόρου	2720	0.14	828	141	5.12
Βυτίνας μαύρο	2798	0.06	945	187	3.76
Χίου τεφρό	2720	0.08	1050	230	3.78

## 2.6. Αναγνώριση των πετρωμάτων

Τα πετρώματα παρουσιάζουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, τα οποία οφείλονται στον τρόπο και στις συνθήκες σχηματισμού τους και στο είδος των ορυκτών τους συστατικών.

Τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά συνίστανται από το χρώμα, την υφή και τον ιστό. Με βάση αυτά τα στοιχεία, η αναγνώριση των πετρωμάτων γίνεται στα παρακάτω στάδια.

1. Διαπίστωση του είδους του πετρώματος. Ένα πυριγενές ή ένα μεταμορφωμένο πέτρωμα παρουσιάζει κατά κανόνα κρυσταλλικό ιστό ή έστω περιέχει κρυστάλλους στη μάζα του.

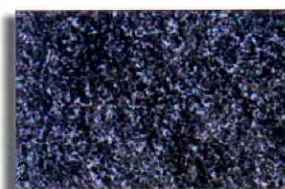
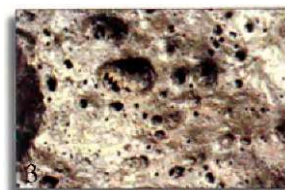


Οι κρύσταλλοι των ορυκτών εμφανίζονται σαν κόκκοι με σαφή όρια, οι οποίοι ανακλούν το φως. Ο καθένας από αυτούς παρουσιάζει τα ιδιαίτερα ορυκτολογικά του χαρακτηριστικά (χρώμα, σκληρότητα κ.λ.π).

Τα ιζηματογενή πετρώματα δεν περιέχουν κρυστάλλους ορυκτών αλλά αποτελούνται είτε από άμορφο υλικό (δεν ανακλά το φως) είτε από κομμάτια άλλων πετρωμάτων. Ιδιαίτερα τα λεπτόκοκκα παρουσιάζουν μία αξιοσημείωτη ομοιογένεια σε ότι αφορά το χρώμα τους.

2. Προσδιορισμός της υφής και του ιστού. Τα πλουτώνια πυριγενή πετρώματα εμφανίζουν ολοκρυσταλλικό κοκκώδη ιστό. Οι κρύσταλλοι τους διακρίνονται εύκολα, ανακλούν το φως, έχουν διαφορετικό χρώμα μεταξύ τους, διαφορετική σκληρότητα και αντιστοιχούν σε διαφορετικά ορυκτά. Επί πλέον εμφανίζουν τυχαία κατανομή στη μάζα του πετρώματος.

Τα ηφαιστειακά πετρώματα έχουν πορφυριτικό ιστό. Αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από άμορφο υλικό (δεν ανακλά το φως), μέσα στο οποίο βρίσκονται διάσπαρτοι κρύσταλλοι ορυκτών.





Τα μεταμορφωμένα πετρώματα αποτελούνται από κρυστάλλους ορυκτών (όπως και τα πλουτώνια πυριγενή) αλλά εμφανίζουν σχιστοφυή ιστό (οι κρύσταλλοι είναι διατεταγμένοι σε στρώσεις). Το μέγεθος των κρυστάλλων είναι μεγαλύτερο στους γνεύσιους και ελαττώνεται μειούμενου του βαθμού μεταμόρφωσης (μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος - φυλλίτης).

Τα ιζηματογενή ξεχωρίζουν εύκολα από το μέγεθος των συστατικών τους αφού άλλωστε ταξινομούνται με βάση αυτό. Το κριτήριο αυτό είναι, για τα ιζηματογενή πετρώματα, το ουσιαστικότερο κριτήριο αναγνώρισής τους

3. Εκτίμηση με βάση το χρώμα. Το κριτήριο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για τη διάκριση των πλουτωνίων πυριγενών πετρωμάτων μεταξύ τους.

Το χρώμα στα πυριγενή πετρώματα εξαρτάται από την ποσότητα του περιεχόμενου σ' αυτά  $\text{SiO}_2$ . Περισσότερο  $\text{SiO}_2$  στο μάγμα, ευνοεί το σχηματισμό λευκών ορυκτών ενώ το αντίθετο ευνοεί σχηματισμό μαύρων, σκουροπράσινων ή σκούρων καφέ ορυκτών. Το τελικό αποτέλεσμα εμφανίζεται στο χρώμα του πετρώματος που αποτελείται από τα ορυκτά αυτά. Τα ανοιχτόχρωμα πυριγενή πετρώματα είναι τα όξινα ενώ τα ενδιάμεσα είναι σχεδόν μαύρα και τα βασικά μαύρα. Τα υπερβασικά είναι πράσινα ή γκριζοπράσινα εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού ολιβίνη που περιέχουν.

Επί πλέον στοιχεία για την αναγνώριση των πετρωμάτων με βάση τα μακροσκοπικά τους χαρακτηριστικά δίνονται στον επόμενο πίνακα 2.6.1.

Πίνακας 2.6.1. Αναγνώριση πετρωμάτων με βάση μακροσκοπικά χαρακτηριστικά

Δομή Ιστός		Χρώμα	Ορυκτολογική σύσταση	Αντοχή	Πέτρωμα
	Αμορφο	Λευκό, κοκκινωπό, διαφανές	Χαλαζίας	Υψηλή	Χαλαζίτης, χαλαζιακός ψαμμίτης
Πλακώδης, ζωνώδης έως ακανόνιστη	Λεπτό- ή αδρο-κρυσταλλικός, σχιστοφυής	Γκρι, καφέ-κίτρινο, κοκκινωπό, πράσινο	Αστριοι, χαλαζίας, μαρμαρυγίες	Υψηλή έως πολύ υψηλή	Γνεύσιος
	Λεπτοκρυσταλλικός, σχιστοφυής	Λευκό, γκρι, κίτρινο	Αστριοι, χαλαζίας και ελάχιστοι μαρμαρυγίες	Υψηλή έως πολύ υψηλή	Γρανουλίτης
	Κοκκώδης, κλαστικού ιζήματος, ελαφρά σχιστοφυής	Τεφρό, πρασινότεφρο	Τεμάχια πετρωμάτων, χαλαζίας, άστριοι, συγκολλητική ύλη	Μέση έως υψηλή	Ψαμμίτης (Γραουβάκης)
Μάζα διαχωρισμένη σε ακανόνιστου σχήματος τεμαχία, σε blocks ή σε πρισματικής μορφής κομμάτια	Κοκκώδης, κλαστικού ιζήματος, παχυστρωματώδης	Κίτρινο, γκρι	Κόκκοι χαλαζία και συνδετικό υλικό	Μέση έως υψηλή	Ψαμμίτης
	Κρυσταλλικός, κοκκώδης	Ανοικτό γκρι, γκρι, κοκκινωπό  Γκρι  Σκούρο Γκρι    Λευκό	Αστριοι, χαλαζίας, μαρμαρυγίες       Ασβεσίτης	Υψηλή έως πολύ υψηλή	Γρανίτης  Γρανοδιορίτης Διορίτης Μάρμαρο
	Πορφυριτικός	Πράσινο, κίτρινο, γκρι   Σκούρο πράσινο, σκούρο γκρι  Μαύρο	Χαλαζίας, άστριοι, βιοτίτης  Αυγίτης, άστριοι	Υψηλή έως πολύ υψηλή	Ρυόλιθος   Διαβάσης  Βασάλτης
	Κοκκώδης, κλαστικού ιζήματος	Λευκό, κίτρινο	Χαλαζίας	Πολύ υψηλή	Χαλαζίτης
	Αμορφο	Λευκό, γκρι	Γύψος	Πολύ χαμηλή	Γύψος

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΕΔΑΦΩΝ

Τα πετρώματα που δημιουργήθηκαν κάτω από την επιφάνεια της γής 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 μιάς 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 διείδυση 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 διαλυμένο στο νερό  $\text{CO}_2$  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  $\text{SiO}_2$  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 της κατάστασης του υπεδάφους σε κάποια τέτοια περιοχή.