

Τεχνολογία Δομικών Υλικών

Β' ΕΠΑ.Λ.

Βιβλίο μαθητή

τεχνολογία

ΔΟΜΙΚΩΝ

ΥΛΙΚΩΝ

Β'ΕΠΑ.Λ.

**ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ,
ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
& ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Ομάδα συγγραφής

Νικόλαος Χ. Λίτινας, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Φώτιος Ηρ. Γιαννακόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός UCL Παν/μιο Λονδίνου

Ομάδα κρίσης:

Βασίλειος Ποθητός, Πολιτικός Μηχανικός

Νικόλαος Ηλιάδης, Πολιτικός Μηχανικός, Σύμβουλος ΠΙ

Γλωσσική επιμέλεια

Ευδοκία Γιαννικοπούλου, Εκπαιδευτικός ΠΕ2 Φιλόλογος

Συντονιστής

Νικόλαος Χ. Λίτινας, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

Υπεύθυνοι για το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο:

Νικόλαος Ηλιάδης, Πολιτικός Μηχανικός, Σύμβουλος ΠΙ

Δημήτριος Κουτσούκος, Εκπαιδευτικός ΠΕ4 Φυσικός

Ενέργεια 1.1.α: «Προγράμματα Βιβλία»

- Επιστημονικός Υπεύθυνος της Ενέργειας: **Θεόδωρος Εξαρχάκος**,
Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών,
Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Έργο Νο 16: «Αναμόρφωση Προγραμμάτων Σπουδών και Παραγωγή Βιβλίων και Βοηθητικών Μέσων για τα Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια»

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου: **Γεώργιος Βούτσινος**,
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου
- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Τομέα ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ: **Νικόλαος Ηλιάδης**,
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Νικόλαος Χ. Λίτινας, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ
Φώτιος Ηρ. Γιαννακόπουλος, Πολιτικός Μηχανικός UCL Παν/μιο Λονδίνου

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Β' ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ,
ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
& ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ 5

- 1.1. Εισαγωγή
- 1.2. Ιστορική εξέλιξη των χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών στις κατασκευές
- 1.3. Προδιαγραφές - πρότυπα
- 1.4. Ποιότητα - ποιοτικός έλεγχος - διασφάλιση ποιότητας
- 1.5. Κανονισμοί
- 1.6. Επιλογή των δομικών υλικών
- 1.7. Η εξέλιξη της παραγωγής των δομικών υλικών

2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ 19

- 2.1. Φυσικοί Παράγοντες
 - 2.1.1. Θερμότητα
- 2.2. Χημικοί Παράγοντες
 - 2.2.1. Αέρας
 - 2.2.2. Νερό - Έδαφος
 - 2.2.3. Άμεση επαφή με χημικές ουσίες
- 2.3. Μηχανικές δυνάμεις
 - 2.3.1. Άνεμος
 - 2.3.2. Ήχος
 - 2.3.3. Ραδιενέργεια
 - 2.3.4. Εξωτερικές δυνάμεις
 - 2.3.5. Εσωτερικές δυνάμεις
- 2.4. Οργανικοί Παράγοντες

3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ 25

- 3.1. Φυσικές Ιδιότητες
 - 3.1.1. Πυκνότητα
 - 3.1.2. Ειδικό βάρος
 - 3.1.3. Απορροφητικότητα, διαπερατότητα, υδατοπερατότητα
 - 3.1.4. Αντοχή στον παγετό
 - 3.1.5. Διαστολή ή Συστολή
 - 3.1.6. Θερμική αγωγιμότητα
 - 3.1.7. Θερμική αντοχή
 - 3.1.8. Αντοχή στη φωτιά

- 3.1.9. Αντοχή σε διάβρωση
- 3.2. Μηχανικές ιδιότητες
 - 3.2.1. Αντοχή σε θλίψη
 - 3.2.2. Αντοχή σε εφελκυσμό
 - 3.2.3. Αντοχή σε κάμψη
 - 3.2.4. Αντοχή σε διάτμηση
 - 3.2.5. Αντοχή σε κρούση (ευθραυστότα)
 - 3.2.6. Αντοχή σε τριβή (σκληρότητα)
 - 3.2.7. Συντελεστής ασφαλείας - επιτρεπόμενες τάσεις
- 3.3. Τεχνικές ιδιότητες
 - 3.3.1. Το εργάσιμο
 - 3.3.2. Η ελατότητα, η ολκιμότητα, το εύχυτο, η συγκολλητότητα

4. ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ41

- 4.1. Πυριγενή πετρώματα
 - 4.1.1. Πλουτώνεια
 - 4.1.2. Φλεβώδη
 - 4.1.3. Ηφαιστειογενή
- 4.2. Ιζηματογενή πετρώματα
- 4.3. Μεταμορφωσιγενή πετρώματα
- 4.4. Ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων

5. ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ53

- 5.1. Είδη λίθων
 - 5.1.1. Αργοί λίθοι
 - 5.1.2. Ημιλαξευτοί λίθοι
 - 5.1.3. Λαξευτοί λίθοι
 - 5.1.4. Ογκόλιθοι
 - 5.1.5. Πλάκες
- 5.2. Κατηγορίες φυσικών λίθων
 - 5.2.1. Ο Γρανίτης
 - 5.2.2. Ο οφίτης ή σερπαντίτης
 - 5.2.3. Η κίσσηρη
 - 5.2.4. Οι ασβεστόλιθοι
 - 5.2.4.1. Πορώδεις ασβεστόλιθοι
 - 5.2.4.2. Συμπαγείς ασβεστόλιθοι
 - 5.2.4.3. Μάρμαρα
- 5.3. Στρωτοί λίθοι
- 5.4. Χρήσεις και προστασία των φυσικών λίθων
- 5.5. Ποιοτικός έλεγχος
 - 5.5.1. Αντοχή λίθων στον παγετό
 - 5.5.2. Αντοχή σε θλίψη
 - 5.5.3. Αντοχή σε πύρωση

- 5.5.4. Αντοχή σε κάμψη
- 5.5.5. Αντοχή σε κρούση
- 5.5.6. Χρώμα (σταθερότητα)
- 5.5.7. Εργάσιμο του λίθου

6. ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ.....67

- 6.1. Φυσικά αδρανή
 - 6.1.1. Η άμμος
 - 6.1.2. Τα σκύρα
- 6.2. Τεχνητά αδρανή
- 6.3. Ποιότητα - ιδιότητες αδρανών
 - 6.3.1. Μηχανική αντοχή
 - 6.3.2. Ειδικό βάρος
 - 6.3.3. Πορώδες
 - 6.3.4. Φαινόμενο βάρος
 - 6.3.5. Μορφή κόκκων
 - 6.3.6. Περιεκτικότητα σε προσμίξεις (καθαρότητα)
 - 6.3.7. Αντοχή σε επιφανειακή φθορά και κρούση
 - 6.3.8. Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση των αδρανών υλικών (υγεία)
- 6.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση
 - 6.4.1. Δειγματοληψία αδρανών
- 6.5. Ποιοτικός έλεγχος
- 6.6. Ειδικές κατηγορίες αδρανών
 - 6.6.1. Ελαφρόπετρα (κίσσηρη)
 - 6.6.2. Μπετονίτης
 - 6.6.3. Σκωρία υψικαμίνων
 - 6.6.4. Κουρασάνι
 - 6.6.5. Περλίτης
 - 6.6.6. Διογκωμένα πολυστερίνη

7. ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ - ΚΟΝΙΕΣ.....81

- 7.1. Αερικές κονίες
 - 7.1.1. Άργιλος - πηλός
 - 7.1.2. Άσβεστος
 - 7.1.3. Ιδιότητες της υδρασβέστου
 - 7.1.4. Χρήσεις
 - 7.1.5. Γύψος
- 7.2. Υδραυλικές κονίες
 - 7.2.1. Υδραυλική άσβεστος
 - 7.2.2. Ποζολάνες
 - 7.2.3. Τσιμέντα
 - 7.2.3.1. Ιστορικό
 - 7.2.3.2. Μέθοδος παραγωγής

- 7.2.3.3. Τσιμέντο Portland
- 7.2.3.4. Ιδιότητες - χαρακτηριστικά
- 7.2.3.5. Πορώδες
- 7.2.3.6. Συστολή
- 7.2.3.7. Διάφοροι δείκτες L.S.F.
- 7.3. Τύποι τσιμέντου
 - 7.3.1. Τσιμέντο Portland υψηλής αντοχής
 - 7.3.2. Ποζολανικά τσιμέντα
 - 7.3.3. Σκωριοκονίες
 - 7.3.4. Αργιλικά τσιμέντα
 - 7.3.5. Λευκά τσιμέντα
 - 7.3.6. Τσιμέντο τοιχοποιίας
- 7.4. Διαχωρισμός στην παραγωγική διαδικασία των διαφόρων ποιοτήτων
- 7.5. Έλεγχος και προδιαγραφές του τσιμέντου
- 7.6. Αποθήκευση του τσιμέντου

8. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ 99

- 8.1. Πηλοκονιάματα
- 8.2. Ασβεστοκονιάματα
- 8.3. Τσιμεντοκονιάματα
- 8.4. Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα
 - 8.4.1. Κονιάματα τοιχοποιίας
 - 8.4.2. Κονιάματα επιχρισμάτων
- 8.5. Μαρμαροκονιάματα
- 8.6. Θηροκονιάματα
- 8.7. Γυψοκονιάματα
- 8.8. Κονιάματα δαπέδων
- 8.9. Ειδικά κονιάματα
 - 8.9.1. Τσιμεντενέσεις
 - 8.9.2. Στεγανοποιητικά κονιάματα
 - 8.9.3. Πυρίμαχα κονιάματα
 - 8.9.4. Ελαφρά κονιάματα (θερμομονωτικά ή ηχομονωτικά)
 - 8.9.5. Επισκευαστικά κονιάματα
 - 8.9.6. Αντισκωριακά κονιάματα
 - 8.9.7. Κονιάματα πλήρωσης αρμών
- 8.10. Ιδιότητες των κονιαμάτων
- 8.11. Έτοιμα κονιάματα
- 8.12. Ποιοτικός έλεγχος

9. ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ113

- 9.1. Ασφαλτικά συνδετικά υλικά
 - 9.1.1. Φυσικές άσφαλτοι
 - 9.1.2. Τεχνητές άσφαλτοι

- 9.1.2.1. Ασφαλτος οδοστρώσας
- 9.1.2.2. Ασφαλτικά γαλακτώματα
- 9.1.2.3. Πίσσες
- 9.2. Αδρανή υλικά ασφαλτοκονιάματος
- 9.3. Παραγωγή ασφαλτοκονιαμάτων
- 9.4. Ασφαλτικά διαλύματα
- 9.5. Ιδιότητες των ασφαλτικών υλικών
- 9.6. Ποιοτικός έλεγχος
 - 9.6.1. Διείσδυση
 - 9.6.2. Σημείο μάλθωσης
 - 9.6.3. Ολκιμότητα (επιμήκυνση)
 - 9.6.4. Ιξώδες
 - 9.6.5. Απώλεια με πύρωση
 - 9.6.6. Διαλυτότητα
 - 9.6.7. Σημείο ανάφλεξης
 - 9.6.8. Αναλογία σύνθεσης ασφαλτομίγματος
 - 9.6.9. Μέτρηση κενών

10. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ..... 125

- 10.1. Γενικά χαρακτηριστικά
- 10.2. Σύσταση σκυροδέματος
 - 10.2.1. Το τσιμέντο
 - 10.2.2. Αδρανή υλικά
 - 10.2.3. Το νερό
 - 10.2.4. Τα πρόσθετα
- 10.3. Σύνθεση σκυροδέματος
- 10.4. Αδρανή
- 10.5. Τσιμέντο
- 10.6. Νερό
- 10.7. Πρόσθετα
- 10.8. Κατηγορίες σκυροδέματος
- 10.9. Παραγωγή σκυροδέματος
 - 10.9.1. Ανάμιξη
 - 10.9.2. Μεταφορά
 - 10.9.3. Άντληση
 - 10.9.4. Διάστρωση
 - 10.9.5. Συμπύκνωση
 - 10.9.6. Συντήρηση
 - 10.9.7. Αφαίρεση ξυλοτύπων
- 10.10. Ιδιότητες του νωπού σκυροδέματος
 - 10.10.1. Εργασιμότητα
 - 10.10.2. Χρόνος πήξης και θερμότητα ενυδάτωσης
 - 10.10.3. Απόμιξη
 - 10.10.4. Εξίδρωση

- 10.11. Ιδιότητες στερεού σκυροδέματος
 - 10.11.1. Αντοχή
 - 10.11.1.1. Αντοχή σε θλίψη και εφελκυσμό
 - 10.11.1.2. Αντοχή σε φορτίο με μεγάλη διάρκεια
 - 10.11.1.3. Επαναλαμβανόμενη φόρτιση - αποφόρτιση
 - 10.11.1.4. Αύξηση της αντοχής στο χρόνο
 - 10.11.1.5. Αντοχή σε τριβή
 - 10.11.1.6. Αντοχή σε θερμότητα και θερμοκρασιακές μεταβολές
 - 10.11.1.7. Αντοχή σε χημικές επιδράσεις
 - 10.11.1.8. Ερπυσμός
 - 10.11.1.9. Στεγανότητα
 - 10.11.1.10 Συστολή ξήρανσης
- 10.12. Ποιοτικός έλεγχος σκυροδέματος
 - 10.12.1. Έλεγχος νωπού σκυροδέματος
 - 10.12.1.1. Έλεγχος εργασιμότητας
 - 10.12.1.2. Δοκιμή κάθισης
 - 10.12.1.3. Δοκιμή αεριοπεριεκτικότητας
 - 10.12.1.4. Δοκιμή εξάπλωσης
 - 10.12.1.5. Δοκιμή VEBE
 - 10.12.1.6. Δοκιμή μέτρου συμπίκνωσης
 - 10.12.2. Έλεγχος στερεού σκυροδέματος
 - 10.12.2.1. Άμεσες μέθοδοι
 - 10.12.2.2. Έμμεσες μέθοδοι
 - 10.12.2.2.1. Οι κυριότερες μη έμμεσες μέθοδοι
- 10.13. Πρόσθετα υλικά του σκυροδέματος (βελτιωτικά)
 - 10.13.1. Ρευστοποιητικά
 - 10.13.2. Αερακτικά
 - 10.13.3. Επιβραδυντικά
 - 10.13.4. Επιταχυντικά
 - 10.13.5. Στεγανωτικά
 - 10.13.6. Αναστολείς διάβρωσης
- 10.14. Ειδικά σκυροδέματα
 - 10.14.1. Άοπλο σκυρόδεμα
 - 10.14.2. Οπλισμένο σκυρόδεμα
 - 10.14.3. Προεντεταμένο σκυρόδεμα
 - 10.14.4. Ινοπλισμένο σκυρόδεμα
 - 10.14.5. Ελαφροσκυροδέματα
 - 10.14.6. Αεριοσκυροδέματα
 - 10.14.7. Βαριά σκυροδέματα
 - 10.14.8. Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής
 - 10.14.9. Ρητινοσκυροδέματα
 - 10.14.10. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

11. ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ 157

- 11.1. Τεχνητοί λίθοι
 - 11.1.1. Τσιμεντόλιθοι
 - 11.1.2. Κισσηρόλιθοι
 - 11.1.3. Κυβόλιθοι
- 11.2. Πλεονεκτήματα των τεχνητών λίθων
- 11.3. Πλάκες
 - 11.3.1. Τσιμεντόπλακες
 - 11.3.2. Αμιαντόπλακες
 - 11.3.3. Πλάκες ινοτσιμέντου
- 11.4. Σωλήνες
- 11.5. Προκατασκευασμένα

12. ΞΥΛΟ - ΞΥΛΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ 167

- 12.1. Προέλευση
- 12.2. Ενδογενή
- 12.3. Εξωγενή
 - 12.3.1. Κωνοφόρα
 - 12.3.2. Πλατύφυλλα
- 12.4. Υλοτομία
- 12.5. Προκατεργασία - καθαρισμός
- 12.6. Μεταφορά - συγκομιδή
- 12.7. Κατεργασία
- 12.8. Ξήρανση
- 12.9. Αποθήκευση
- 12.10. Δομή κορμού
- 12.11. Ιδιότητες
 - 12.11.1. Πυκνότητα
 - 12.11.2. Θερμική αγωγιμότητα
 - 12.11.3. Σκληρότητα
 - 12.11.4. Αντοχή σε εφελκυσμό - θλίψη
 - 12.11.5. Αντοχή σε κάμψη
 - 12.11.6. Ελαστικότητα
 - 12.11.7. Υγροσκοπικότητα
 - 12.11.8. Έλεγχος των ιδιοτήτων του ξύλου
 - 12.11.9. Προστασία του ξύλου
 - 12.11.10. Προστασία από μύκητες
 - 12.11.11. Προστασία από υγρασία
 - 12.11.12. Προστασία από τα έντομα
 - 12.11.13. Προστασία από τη φωτιά
- 12.12. Είδη ξυλείας
 - 12.12.1. Το Έλατο
 - 12.12.2. Το Σουηδικό πεύκο

- 12.12.3. Το Λαρτσινό πεύκο
- 12.12.4. Το Πιτς - πάλιν και το Όρεγκον - πάλιν
- 12.12.5. Κέδρος
- 12.12.6. Δρυς
- 12.12.7. Οξιά
- 12.12.8. Καστανιά - καρυδιά
- 12.12.9. Λεύκα
- 12.12.10. Ιρόκο
- 12.12.11. Μαόνι
- 12.13. Τεχνητή ξυλεία
 - 12.13.1. Τα αντικολλητικά φύλλα (κόντρα πλακέ)
 - 12.13.2. Συγκολλητή ξυλεία
 - 12.13.3. Ινοσανίδες - μοριοσανίδες (νοβοπάν, χάρντμπορντ)
- 12.14. Χαρτί
- 12.15. Νέες τεχνολογίες του ξύλου
 - 12.15.1. Άτμιση
 - 12.15.2. Υψίσυχνα ρεύματα
- 12.16. Πλαστικοποίηση
- 12.17. Χρήση δομικής ξυλείας

13. ΜΕΤΑΛΛΑ - ΚΡΑΜΑΤΑ..... 185

- 13.1. Δομή των μετάλλων
- 13.2. Ιδιότητες των μετάλλων
 - 13.2.1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες
 - 13.2.2. Μηχανικές ιδιότητες
 - 13.2.2.1. Σκληρότητα
 - 13.2.2.2. Φορτίσεις
 - 13.2.2.3. Ελαστικότητα
 - 13.2.2.4. Ερπυσμός
 - 13.2.2.5. Κρούση
 - 13.2.2.6. Κόπωση
 - 13.2.3. Τεχνολογικές ιδιότητες
 - 13.2.3.1. Ελατότητα
 - 13.2.3.2. Ολκιμότητα
 - 13.2.3.3. Συγκολλητότητα
 - 13.2.3.4. Εύχυτον
- 13.3. Κράματα
 - 13.3.1. Ιδιότητες των κραμάτων
- 13.4. Σίδηρος
 - 13.4.1. Χυτοσίδηρος
 - 13.4.2. Χάλυβας
 - 13.4.2.1. Παραγωγή χάλυβα
 - 13.4.2.2. Δομικός χάλυβας
 - 13.4.2.3. Χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος

- 13.4.2.4. Χάλυβας προέντασης
- 13.4.2.5. Σήμανση
- 13.4.2.6. Ποιοτικός έλεγχος
- 13.4.2.7. Απαιτήσεις - δοκιμές
- 13.4.3. Ατσάλι
- 13.5. Συντήρηση σιδηρών κατασκευών
- 13.6. Μέταλλα (μη σιδηριούχα)
 - 13.6.1. Αλουμίνιο
 - 13.6.2. Δομικά υλικά από αλουμίνιο
 - 13.6.3. Συντήρηση
- 13.7. Χαλκός
 - 13.7.1. Συντήρηση του χαλκού
- 13.8. Ψευδάργυρος (τσίγκος)
- 13.9. Κασσίτερος
- 13.10. Νικέλιο - χρώμιο - κάδμιο - τιτάνιο
- 13.11. Μόλυβδος

14. ΚΕΡΑΜΙΚΑ..... 205

- 14.1. Παραγωγή κεραμικών
- 14.2. Οπτόπλινθοι
 - 14.2.1. Συμπαγείς
 - 14.2.2. Διάτρητοι
- 14.3. Ποιοτικός έλεγχος
- 14.4. Κεραμίδια
- 14.5. Κεραμικά πλακίδια
 - 14.5.1. Παρασκευή πλακιδίων
 - 14.5.2. Κατηγοριοποίηση
- 14.6. Ποιοτικός έλεγχος
 - 14.6.1. Συντήρηση
- 14.7. Σωλήνες
- 14.8. Είδη Υγιεινής
 - 14.8.1. Ποιοτικός έλεγχος

15. ΓΥΑΛΙ 215

- 15.1. Παρασκευή γυαλιού
 - 15.1.1. Η εμφύσηση
 - 15.1.2. Η χύτευση
 - 15.1.3. Η κυλίνδρωση
 - 15.1.4. Η έλξη
- 15.2. Κατηγορίες γυαλιών
- 15.3. Ιδιότητες του γυαλιού
- 15.4. Εφαρμογές του γυαλιού
- 15.5. Κοινοί υαλοπίνακες

- 15.6. Ειδικοί υαλοπίνακες
 - 15.6.1. Διακοσμητικοί υαλοπίνακες
 - 15.6.2. Υαλοπίνακες ασφαλείας
 - 15.6.3. Προεντεταμένοι υαλοπίνακες
- 15.7. Υαλότουβλα
- 15.8. Κεραμίδια από γυαλί
- 15.9. Ποιοτικός έλεγχος
- 15.10. Κρύσταλλα
- 15.11. Γυαλιά για ειδικούς σκοπούς

16. ΜΟΝΩΤΙΚΑ.....225

- 16.1. Θερμομονωτικά
 - 16.1.1. Θερμομόνωση
- 16.2. Ανόργανα
 - 16.2.1. Το αφρομπετόν
 - 16.2.2. Ινώδη μονωτικά ή ορυκτές ίνες
 - 16.2.3. Ο αμίαντος
 - 16.2.4. Η κίσηρη
 - 16.2.5. Ο περλίτης
 - 16.2.6. Η γύψος
- 16.3. Οργανικά
 - 16.3.1. Ινόπλακες
 - 16.3.2. Hraklith
 - 16.3.3. Φελλός
 - 16.3.4. Νέα οικολογικά υλικά
- 16.4. Συνθετικά
- 16.5. Ηχομονωτικά
- 16.6. Στεγανωτικά
- 16.7. Ποιοτικός έλεγχος στα μονωτικά υλικά

17. ΠΛΑΣΤΙΚΑ - ΠΟΛΥΜΕΡΗ235

- 17.1. Χαρακτηριστικά
- 17.2. Παραγωγή
- 17.3. Κατηγορίες πλαστικών
- 17.4. Ιδιότητες των πλαστικών
- 17.5. Χρήσεις
- 17.6. Συνθετικές ρητίνες
- 17.7. Πλαστικά προστασίας από το νερό (υδατομονωτικά)
- 17.8. Ποιοτικός έλεγχος

18. ΧΡΩΜΑΤΑ - ΒΕΡΝΙΚΙΑ.....245

- 18.1. Σύσταση των χρωμάτων - βερνικιών

- 18.1.1. Χρώματα
- 18.2. Διαλυτικά - Μέσα πλήρωσης - Στεγνωτικά
 - 18.2.1. Διαλυτικά
 - 18.2.2. Μέσα πλήρωσης
 - 18.2.3. Στεγνωτικά
 - 18.2.4. Είδη χρωμάτων και βερνικιών
- 18.3. Ιδιότητες των χρωμάτων
- 18.4. Εφαρμογή χρώματος
- 18.5. Επιλογή χρώματος - βερνικιών
- 18.6. Βλάβες επίχρωσης
- 18.7. Πυροπροστασία και ο ρόλος των χρωμάτων
- 18.8. Ποιοτικός έλεγχος
- 18.9. Προδιαγραφές - πρότυπα ΕΛΟΤ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 259

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Οι μονάδες μέτρησης βασίζονται στο διεθνές σύστημα μονάδων S.I. και είναι οι εξής:

Μήκος	- μέτρο, (m)
Μάζα	- χιλιόγραμμα, (Kg)
Χρόνος	- δευτερόλεπτο, (sec)

Η δύναμη είναι παράγωγο μέγεθος με μονάδα μέτρησης το Newton (N), $1\text{N}=1\text{Kg}/\text{sec}^2$.

Για την τάση, η μονάδα μέτρησης είναι το Pascal (Pa), $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$.

Συνήθως χρησιμοποιούνται οι παρακάτω μονάδες:

Για συγκεντρωμένα φορτία, δυνάμεις	KN
Για κατανεμημένα φορτία, δυνάμεις	KN/m
Για φορτία	KN/m ²
Για ροπή	KNm
Για τάση	MPa = 10 ⁶ Pa = 10 ³ KPa
Για πυκνότητα	Kg/m ³
Συχνότητα	Hz
Ταχύτητα	m/sec
Θερμότητα	Kcal
Θερμοκρασία	°C

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο τομέας των Τεχνικών Έργων στη χώρα μας απασχολεί ποσοστό 15% των εργαζομένων στη χώρα και το παραγωγικό του αποτέλεσμα είναι ποσοστό 13% του Α.Ε.Π. (Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος). Επιπλέον, οι τεχνολογικές εξελίξεις ως αποτέλεσμα της χρήσης των Νέων Δομικών Υλικών και της ανάγκης για εφαρμογή των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, απαιτούν προσαρμογή της εκπαίδευσης στα νέα δεδομένα.

Το Βιβλίο «Τεχνολογία Δομικών Υλικών» αναφέρεται στα βασικά υλικά των Τεχνικών Έργων. Όμως, στην περιορισμένη έκτασή του είναι αδύνατο να αναλυθεί το πλήθος των χρησιμοποιούμενων και διαθέσιμων υλικών.

Το βιβλίο έχει ως στόχο να δώσει πληροφορίες για τα περισσότερα και σημαντικότερα δομικά υλικά ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν την εξέλιξη της χρήσης τους και τους τεχνικοοικονομικούς παράγοντες που επηρέασαν την εξέλιξη αυτή. Περιλαμβάνει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά για να χρησιμοποιηθούν στις κατασκευές ανάλογα και με τις εξωτερικές δυνάμεις και τις επιδράσεις που υφίστανται τα τεχνικά αυτά έργα.

Επίσης περιγράφονται οι διαδικασίες παραγωγής και ελέγχου της καταλληλότητας των υλικών, σύμφωνα με τις προδιαγραφές και τα πρότυπα, που έχουν καθορισθεί, ώστε να αξιολογούνται πριν από τη χρήση τους στα τεχνικά έργα. Ο έλεγχος και η διασφάλιση της ποιότητας των παραγομένων υλικών από τους παραγωγούς μειώνει το συνολικό κόστος των έργων, επειδή αποφεύγονται κακοτεχνίες, και ελαττώνει το χρόνο κατασκευής τους. Παράλληλα αυξάνει το χρόνο ζωής των κατασκευών, που συνεπάγεται μείωση του κόστους συντήρησης και των επισκευών τους.

Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, λόγω της έντονης σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής, η καταλληλότητα των δομικών υλικών που ενσωματώνονται στα τεχνικά έργα είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφαλή κατασκευή τους.

Στην εισαγωγή του βιβλίου αναπτύσσονται οι βασικές έννοιες των προτύπων του ποιοτικού ελέγχου, των ιδιοτήτων των δομικών υλικών και των παραγόντων που επιδρούν στα δομικά υλικά. Στη συνέχεια κατατάσσονται τα δομικά υλικά και αναλύονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 1. ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ | 9. ΞΥΛΟ |
| 2. ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ | 10. ΜΕΤΑΛΛΑ |
| 3. ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ | 11. ΚΕΡΑΜΙΚΑ |
| 4. ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ - ΚΟΝΙΕΣ | 12. ΓΥΑΛΙ |
| 5. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ | 13. ΜΟΝΩΤΙΚΑ |
| 6. ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ | 14. ΠΛΑΣΤΙΚΑ |
| 7. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 15. ΒΕΡΝΙΚΙΑ - ΧΡΩΜΑΤΑ |
| 8. ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ | |

Το βιβλίο προσπαθεί να καλύψει τις ανάγκες των μαθητών της ΤΕΕ στον τομέα των κατασκευών ώστε να ενταχθούν αποτελεσματικά στην αγορά εργασίας.

Οι Συγγραφείς

ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Για την κατασκευή ενός τεχνικού έργου απαιτείται η συνεργασία όλων των εμπλεκομένων σε αυτό, δηλαδή του κυρίου του έργου (ιδιοκτήτη), του μηχανικού, του κατασκευαστή και του παραγωγού των δομικών υλικών.

Στο βιβλίο αυτό αναλύονται τα βασικότερα υλικά, που χρησιμοποιούνται στα τεχνικά έργα. Ο τρόπος της χρήσης τους έχει αναλυθεί σε άλλα βιβλία, που έχουν ως αντικείμενο την εκτέλεση των δομικών έργων.

Ο σημαντικότερος παράγοντας, όπως τονίζεται στο βιβλίο αυτό, για την επιλογή των υλικών είναι η ασφάλεια του έργου στο οποίο αυτά ενσωματώνονται. Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι το κόστος κατασκευής του έργου που τις περισσότερες φορές αποτελεί το κύριο κριτήριο του ιδιοκτήτη του έργου, για την επιλογή του κατασκευαστή και των υλικών που χρησιμοποιεί (προσφορές και ανάθεση στον μειοδότη).

Οι δύο παραπάνω παράγοντες (ποιότητα - κόστος) από πρώτη άποψη φαίνεται να αλληλοσυγκρούονται μεταξύ τους και είναι πολύ δύσκολο στον ιδιοκτήτη, να αποφασίσει, καθώς δεν γνωρίζει την καταλληλότητα των υλικών για την κατασκευή ενός έργου χωρίς τη βοήθεια των ειδικών (τεχνικοί).

Σκοπός αυτού του βιβλίου είναι οι υποψήφιοι τεχνικοί και τεχνίτες μέσα από την κατανόηση των χαρακτηριστικών, των ιδιοτήτων και των απαιτήσεων που υπάρχουν από τις προδιαγραφές των δομικών υλικών και από τους απαραίτητους ελέγχους πριν την ενσωμάτωσή τους στα δομικά έργα, να εξασφαλίζουν στους ιδιοκτήτες των έργων την ποιότητα των κατασκευών, δηλαδή την ασφάλεια και τη διάρκειά τους, όπως προβλέπεται στη μελέτη αυτών.

Στην ανατολή της νέας χιλιετίας, που το παιχνίδι του διεθνούς ανταγωνισμού θα επιβάλει τη γνώση μέσα από την εκπαίδευση και τη συνεχή κατάρτιση των πτυχιούχων (το πτυχίο θα επιβληθεί από πλευράς Ευρωπαϊκής Ένωσης για όλα τα επαγγέλματα), η καλή γνώση των νέων τεχνολογιών και υλικών θα αποτελέσει απαραίτητο εφόδιο για τους εργαζόμενους στη δομική βιομηχανία στη νέα ανταγωνιστική κοινωνία του αύριο.

Θα είμαστε ευτυχείς αν με το βιβλίο αυτό συμβάλουμε στη «δόμηση» της γνώσης των υλικών.

Οι Συγγραφείς

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Η ιστορική εξέλιξη των δομικών υλικών
ακολουθεί μια πορεία 10,000 χρόνων.

Ανάλογα με την εποχή,
κυριαρχούν διαφορετικά υλικά
και υπάρχουν εμπειρικές προδιαγραφές
ως προς την ποιότητά τους.

Τρανή απόδειξη αποτελούν τα μνημεία που σώζονται
χάρη στην καλή ποιότητα των υλικών
που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά
και στους σωστούς κανόνες δόμησης
που χρησιμοποιούσαν οι τεχνίτες.

Σήμερα υπάρχουν, σε Εθνικό και Ευρωπαϊκό επίπεδο,
κανονισμοί και πρότυπα για τα δομικά υλικά
με γνώμονα την ασφάλεια των τεχνικών έργων
στα οποία θα ενσωματωθούν.

1. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1.1. Εισαγωγή

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή, συντήρηση και απόδοση αισθητικών και μορφολογικών επιλογών πάσης φύσεως τεχνικών έργων ονομάζονται **δομικά υλικά**. **Τεχνικό έργο** ονομάζουμε οποιαδήποτε κατασκευή που εκπληρώνει το σκοπό για τον οποίο έγινε και συνδέεται με τη γη, μεταβιβάζοντας σ' αυτήν τις δυνάμεις που ενεργούν πάνω σ' αυτό. Το τεχνικό έργο αποτελείται από πολλά μέρη που συνεργάζονται μεταξύ τους. Τα μέρη αυτά ονομάζονται **δομικά στοιχεία**.

Στην ομάδα των δομικών υλικών περιλαμβάνονται υλικά που χρησιμοποιούνται από αρχαιοτάτων χρόνων, όπως η πέτρα, ο πηλός και το ξύλο και νέα υλικά όπως τα μέταλλα, το τσιμέντο και τα πλαστικά.

1.2. Ιστορική εξέλιξη των χρησιμοποιούμενων δομικών υλικών στις κατασκευές

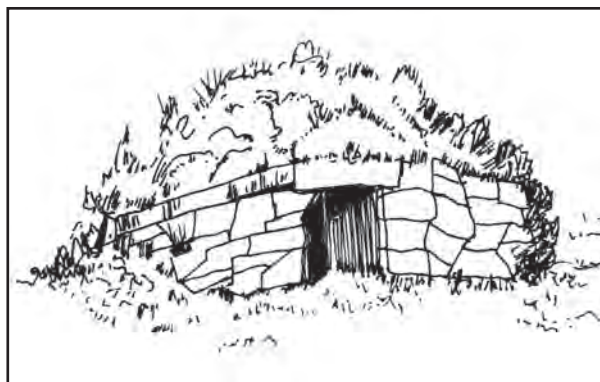
Οι πρώτοι άνθρωποι που οργανώθηκαν στις αρχικές μορφές κοινωνικών ομάδων άρχισαν, πριν 10.000 περίπου χρόνια, να χρησιμοποιούν διάφορα υλικά με τα οποία κατασκεύαζαν καταφύγια για να προστατευθούν από τα φυσικά φαινόμενα, τα άγρια ζώα και τους εχθρούς τους. Τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οστά και δέρματα ζώων καθώς επίσης ξύλα και φυτικά



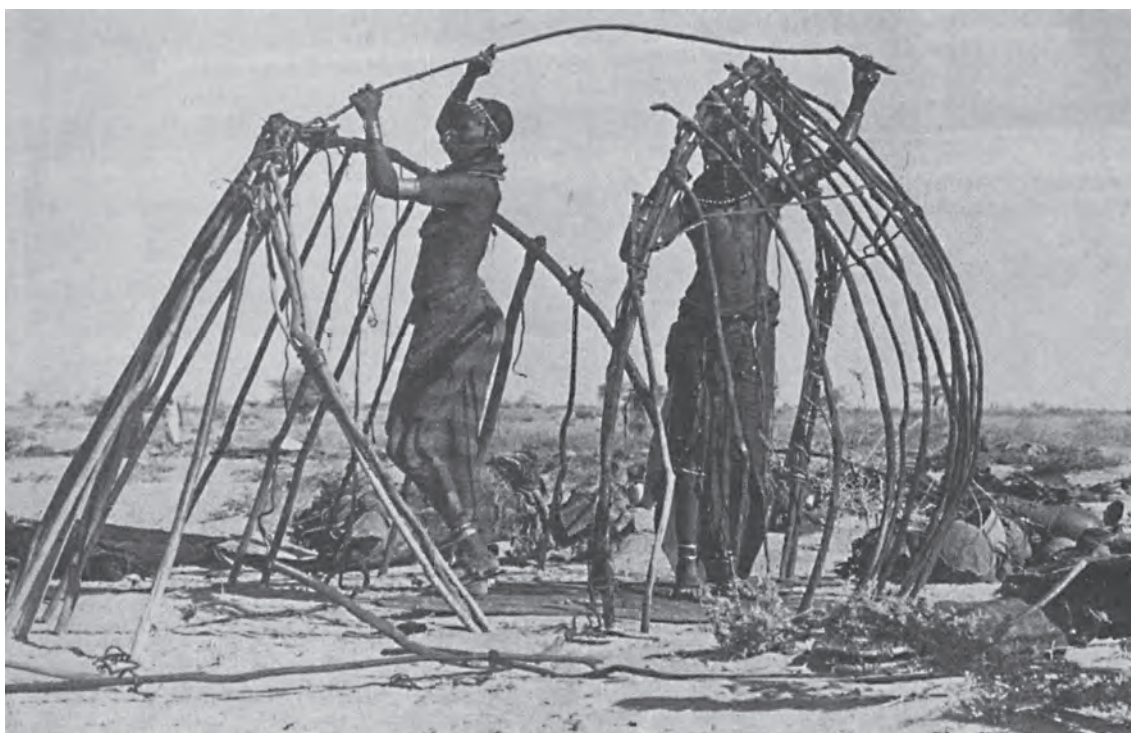
Σχήμα 1.1 Σπηλιά



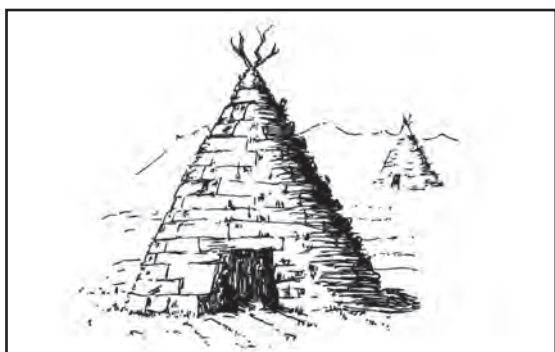
Σχήμα 1.2 Ντόλμεν (Σαβόια)



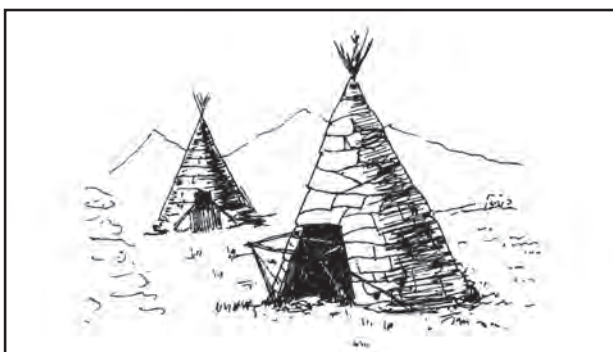
Σχήμα 1.3 Πετρόκτιστο κατάλυμα



Σχήμα 1.4 Σκελετός καλύβας



Σχήμα 1.5 Καλύβα από κλαδιά και λάσπη



Σχήμα 1.6 Καλύβα από κλαδιά και δέρματα



Σχήμα 1.7 Καλύβα από κλαδιά και φυτικά υλικά
στα νησιά Fiji

προϊόντα (σχήματα 1.5, 1.6, 1.7). Κατόπιν, ακολούθησε η χρήση των φυσικών λίθων όπως βρίσκονταν στην φύση (σχήμα 1.2, 1.3). Με την κατασκευή εργαλείων από μέταλλο άρχισε η επεξεργασία των υλικών με αποτέλεσμα την κατασκευή καλύτερων τεχνικών και κτιριακών έργων. Το κυριότερο υλικό για χιλιάδες χρόνια ήταν ο λίθος (σχήμα 1.9). Μέχρι σήμερα σώζονται έργα από λίθους όπως γέφυρες, πύργοι, ναοί, τείχη φρουρίων κ.ά. ηλικίας χιλιάδων ετών (σχήματα 1.10, 1.11, 1.12, 1.13). Πολλά από αυτά προκαλούν τον θαυμασμό στον σύγχρονο κόσμο για την τελειότητά τους (σχήμα 1.16).

Το ξύλο ήταν από τα πρώτα υλικά που χρησιμοποι-



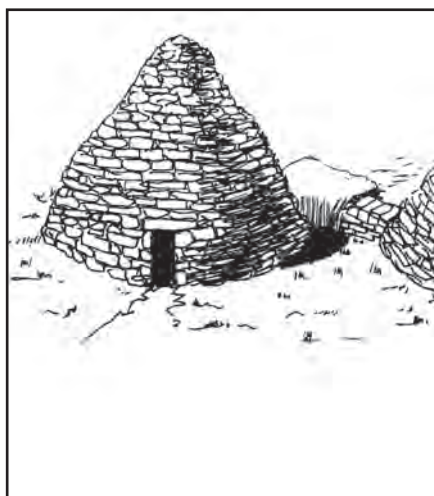
Σχήμα 1.8 Πλινθόκτιστη καλύβα

ήθηκαν για την κατασκευή κατοικιών και στεγών και χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα (σχήματα 1.14, 1.15). Λόγω της μικρής διάρκειας ζωής του υλικού αυτού ελάχιστα έργα του παρελθόντος από ξύλο, σώζονται μέχρι σήμερα.

Η άργιλος (πηλός) ως δομικό υλικό χρησιμοποιήθηκε είτε ως συνδετικό υλικό είτε υπό μορφή πρίσματος (πλίνθρα) όπου



Σχήμα 1.9 Κυκλικός πύργος (Τριχωνίδα 4^{ος} π.Χ. αιώνας)



Σχήμα 1.10 Λιθόκτιστες καλύβες σε μορφή κυψέλης



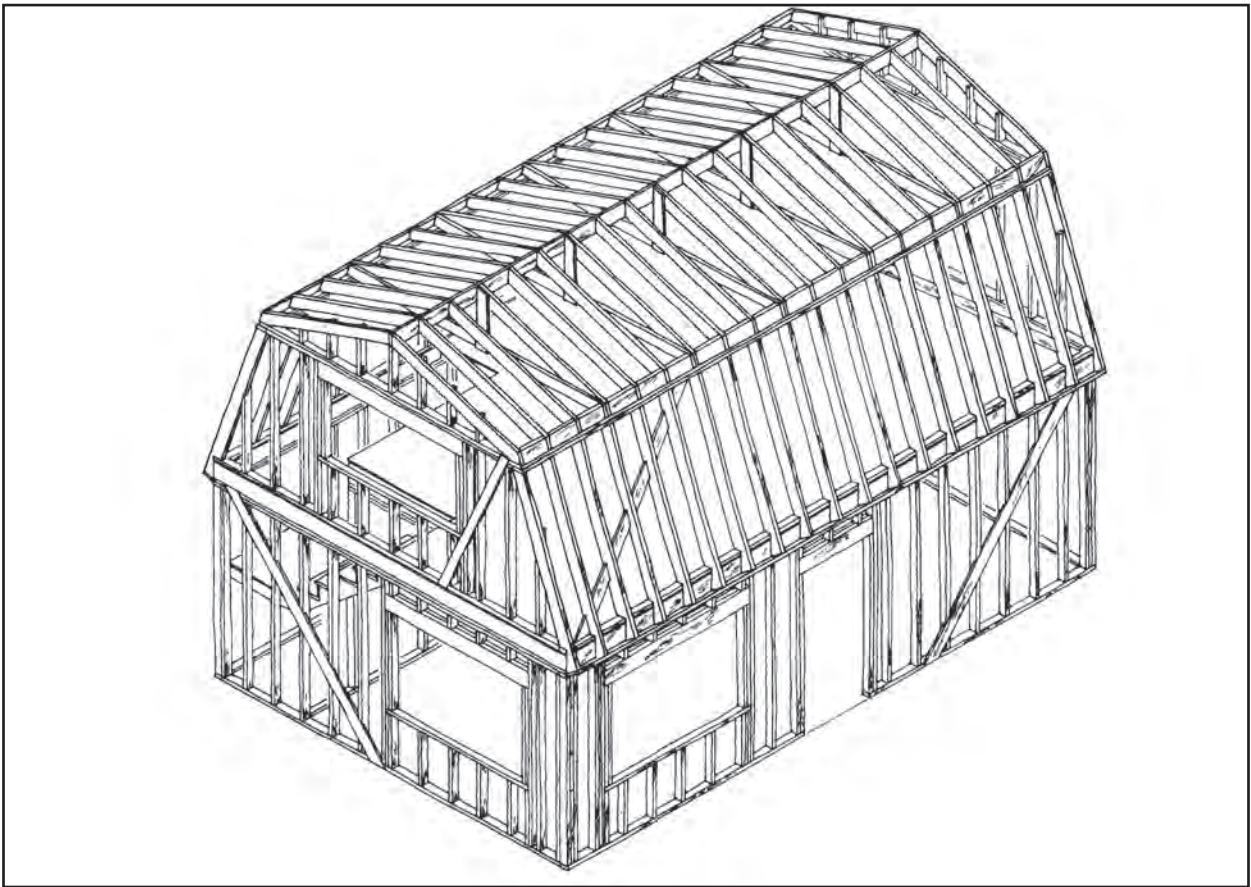
Σχήμα 1.11 Η Κρυπτή στην Αρχαία Ολυμπία

σπάνιζαν οι λίθοι (σχήμα 1.8). Με το ψήσιμο του πηλού έγινε δυνατή η παρασκευή υλικών με υψηλές αντοχές και απεριόριστες εφαρμογές. Τέτοια υλικά είναι οι οπτόπλινθοι (τούβλα), τα κεραμίδια και οι κεραμικές πλάκες.

Οι λίθοι, το ξύλο και τα κεραμικά υλικά ήταν μέχρι τα μέσα του περασμένου αιώνα τα βασικά δομικά υλικά. Με την ανακάλυψη νέων πηγών



Σχήματα 1.12, 1.13 Πέτρινα σπίτια στο Πήλιο



Σχήμα 1.14 Ξύλινος σκελετός οικίας στις ΗΠΑ



Σχήμα 1.15 Ξύλινο σπίτι στις ΗΠΑ



Σχήμα 1.16 Ο Παρθενώνας

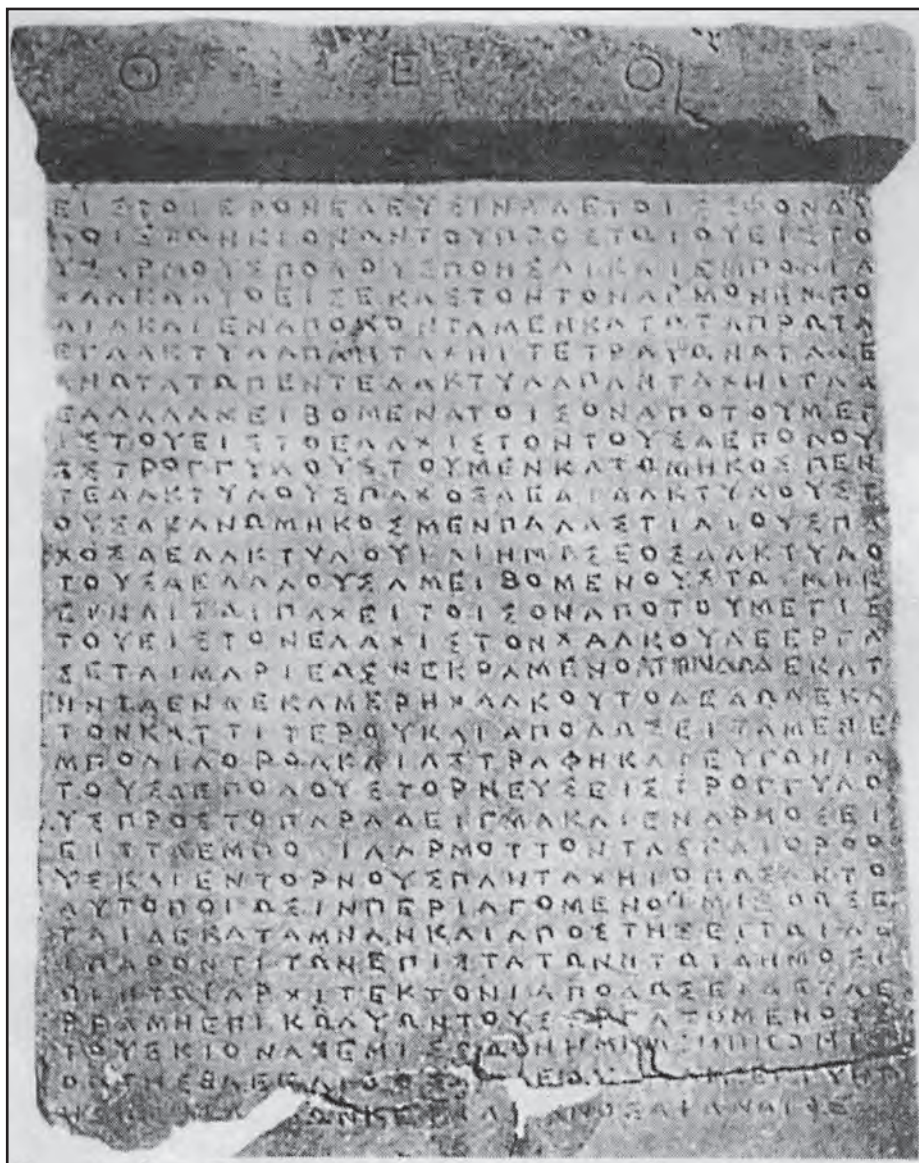
ενέργειας εμφανίσθηκαν νέα υλικά, όπως είναι ο ασβέστης, ο σίδηρος, το τσιμέντο και τα πλαστικά με απεριόριστες εφαρμογές στα τεχνικά έργα.

1.3. Προδιαγραφές - πρότυπα

Η **προδιαγραφή** ενός υλικού ορίζει τις απαιτήσεις του μελετητή ή του κατασκευαστή ενός έργου από τον παραγωγό του υλικού.

Η προδιαγραφή μπορεί να είναι προσαρμοσμένη στις τοπικές δυνατότητες των παραγωγών δομικών υλικών (τοπική προδιαγραφή) ή να έχει καθολική εφαρμογή σε ένα ή περισσότερα κράτη (πρότυπη προδιαγραφή). Τέτοιες προδιαγραφές υπάρχουν για την Μεγάλη Βρετανία τα BS, για την Γερμανία τα DIN και για τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής τα ASTM.

Οι προδιαγραφές που υιοθετούνται από τα κράτη μέλη της Ε.Ε. έχουν τον χαρακτηρισμό Ε.Ν. (European Normalization). Στον Ελλαδικό χώρο την αρμοδιότητα για την σύνταξη των προδιαγραφών των υλικών έχει ο (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης) ΕΛΟΤ (τυποποίηση δομικών υλικών). Αρμόδιο για τις πρότυπες προδιαγραφές των τεχνικών έργων είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ).



Σχήμα 1.17 Επιγραφή της Ελευσίνας του 4ου αιώνα π.Χ. Αυστηρές τεχνικές προδιαγραφές για κατασκευή μπουτζίνων συνδέσμων.

1.4. Ποιότητα - ποιοτικός έλεγχος - διασφάλιση ποιότητας

Οι διαδικασίες παραγωγής και ελέγχου των περισσότερων υλικών περιγράφονται στα πρότυπα.

Ποιότητα ενός Τεχνικού Έργου είναι η ικανότητά του να παρέχει για ένα επιθυμητό χρονικό διάστημα και με ένα επιθυμητό κόστος κατασκευής και συντήρησης ένα σύνολο λειτουργιών που



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Αριθμ.02.16.03/406

Ο ΕΛΟΤ πιστοποιεί ότι το Σύστημα Ποιότητας της Επιχείρησης:

αναφορικά με τις παρακάτω δραστηριότητες :

Σχεδιασμός, παραγωγή και διάθεση ετοιμou σκυροδέματος

οι οποίες εφαρμόζονται στην(τις) ακόλουθη(ες) θέση(εις):

Μον. Παραγωγής 1 :

Μον. Παραγωγής 2 :

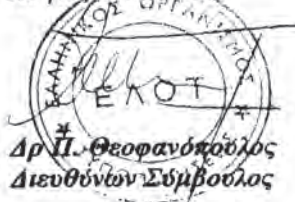
Μον. Παραγωγής 3 :

αξιολογήθηκε και είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις του Προτύπου:

ΕΛΟΤ EN ISO 9001

Το παρόν Πιστοποιητικό χορηγείται σύμφωνα με το Γενικό Κανονισμό Αξιολόγησης και Πιστοποίησης Συστημάτων Ποιότητας του ΕΛΟΤ, διέπεται από τους όρους της αντίστοιχης σύμβασης μεταξύ του ΕΛΟΤ και της Επιχείρησης και ισχύει ως : **2001-04-06**

Αθήνα, 1998-04-07


Δρ Π. Θεοφανόπουλος
Διευθύνων Σύμβουλος

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ Α.Ε.
Αχαρνών 313, 111 45 Αθήνα

SIN CERT
Registration no 038A

MEMBER OF
IONet
THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

ικανοποιούν συγκεκριμένες ανάγκες των χρηστών, όπως αυτές ορίζονται κατά τον σχεδιασμό του έργου με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις (για παράδειγμα ασφάλεια, αντοχή, λειτουργικότητα, οικονομία χρήσης και συντήρησης, αισθητική και αποφυγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου). Η ποιότητα του έργου εξαρτάται από την ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του.

Ποιοτικός Έλεγχος των δομικών υλικών είναι ο έλεγχος της συμμόρφωσης αυτών στα πρότυπα και τις προδιαγραφές, με δοκιμές με κατάλληλα όργανα και συνθήκες στα εργαστήρια. Μέχρι τη δεκαετία του '50 ο ποιοτικός έλεγχος απαιτούσε αύξηση των ελέγχων στην παραγωγή για εξάλειψη των ελαττωματικών προϊόντων. Σήμερα ο ποιοτικός έλεγχος αποτελεί ένα τμήμα των συστημάτων ποιότητας, που έχουν αναπτυχθεί και διασφαλίζουν την ποιότητα των παραγομένων προϊόντων (συστήματα ποιότητας κατά ISO 9000). Τα συστήματα αυτά ποιότητας ακολουθούν παγκοσμίως πάνω από 120,000 επιχειρήσεις μεταξύ των οποίων αρκετές παράγουν δομικά υλικά.

Στόχος αυτών των συστημάτων είναι μέσα από την οργάνωση μιας επιχείρησης, να διασφαλισθεί σταθερή ποιότητα των παραγομένων προϊόντων της.

1.5. Κανονισμοί

Οι **κανονισμοί** είναι προδιαγραφές και πρότυπα που με βάση το νόμο είναι υποχρεωτικό να τηρούνται από τους εμπλεκόμενους παραγωγούς δομικών υλικών και τους κατασκευαστές τεχνικών έργων.

Οι κανονισμοί που ισχύουν στην Ελλάδα, είναι:

- Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.)
- Κανονισμός Τσιμέντων για έργα από σκυρόδεμα
- Νέος Κανονισμός για τη μελέτη και κατασκευή έργων από οπλισμένο σκυρόδεμα (Ν.Κ.Ο.Σ)
- Κανονισμοί φορτίσεων δομικών έργων και γεφυρών
- Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ν.Ε.Α.Κ.)
- Κανονισμός πυροπροστασίας
- Κανονισμός θερμομόνωσης

(Ελληνικοί κανονισμοί που αφορούν άλλα δομικά υλικά, όπως μέταλλα, ξύλο, οπτοπλινθοδομές κ.ά. βρίσκονται σήμερα σε παρασκευαστικό στάδιο, προκειμένου να προσαρμοσθούν με τους αντίστοιχους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς).

1.6. Επιλογή των δομικών υλικών

Η επιλογή των δομικών υλικών από τους μηχανικούς γίνεται αφού ορισθούν οι απαιτήσεις του τεχνικού έργου. Τα τεχνικά έργα χωρίζονται σε έργα **υποδομής** (όπως φράγματα, δρόμοι, λιμάνια, γέφυρες) και σε **κτηριακά** (όπως κατοικίες, γραφεία, εργοστάσια, σχολεία).

Η κατασκευή ενός τεχνικού έργου έχει στόχο την κάλυψη των αναγκών του ανθρώπου. Ο δρόμος και ο σιδηρόδρομος συνδέει κατοικημένες περιοχές και συντελεί στην ανάπτυξη και την επικοινωνία των κατοίκων των περιοχών. Οι κατοικίες προστατεύουν τον άνθρωπο από τις καιρικές μεταβολές και τον διατηρούν στη ζωή.

Ο σκοπός κατασκευής ενός έργου ολοκληρώνεται με τη σωστή λειτουργία του. Κατά συνέπεια η επιτυχία εξαρτάται από τη σωστή μελέτη, την καταλληλότητα των υλικών και τη σωστή χρήση τους. Ανάμεσα στις απαιτήσεις του τεχνικού έργου είναι και η εξασφάλιση κάποιων ιδιοτήτων των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν. Σύμφωνα με την οδηγία 89/106 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) τα υλικά θα πρέπει να εξασφαλίζουν:

- (α) Μηχανική αντοχή και ευστάθεια
- (β) Πυρασφάλεια
- (γ) Προστασία της υγείας και του περιβάλλοντος
- (δ) Ασφάλεια χρήσης
- (ε) Προστασία από τον θόρυβο
- (στ) Οικονομία ενέργειας
- (η) Οικονομικότητα

Η επιλογή των υλικών προϋποθέτει γνώση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς των στις εξωτερικές επιδράσεις του φυσικού περιβάλλοντος (ηλιακή ακτινοβολία, άνεμος, υγρασία, παγετός, ατμοσφαιρική ρύπανση) καθώς και της χρήσης των, για την αντιμετώπιση μηχανικών καταπονήσεων και την εξασφάλιση πυροπροστασίας και ηχομόνωσης.

Πολλές φορές τα διαθέσιμα υλικά δεν ικανοποιούν απόλυτα τις απαιτήσεις του έργου, έτσι ώστε ο μηχανικός να βρίσκεται στην ανάγκη να συνεκτιμήσει, μαζί με τις ιδιότητες του υλικού, τον οικονομικό παράγοντα και την εύκολη μορφοποίηση του υλικού στο υπό κατασκευή έργο. Ο κύριος συντελεστής με καθοριστική βαρύτητα στην επιλογή είναι πάντα η **ασφάλεια**.

Όπως είναι φυσικό, τα δομικά υλικά, με την μεγάλη εξέλιξη της τεχνολογίας, εξελίσσονται προσαρμοζόμενα στις σύγχρονες απαιτήσεις. Σήμερα, στη διάθεση του μηχανικού ή του κατασκευαστή βρίσκεται μια τεράστια ποικιλία υλικών και προστίθενται συνεχώς και νέα υλικά στον κατάλογο. Αυτό οφείλεται αφ' ενός μεν στις αυξανόμενες απαιτήσεις για υλικά με βελτιωμένες και εξειδικευμένες ιδιότητες, αφ' ετέρου δε στη σταδιακή ανακάλυψη παραγόντων που καθορίζουν τις ιδιότητες ενός υλικού και των μεθόδων και κατεργασιών που τις τροποποιούν. Δεν είναι, λοιπόν, δυνατή η ανάλυση των πολυαρίθμων διαθέσιμων υλικών παρά μόνο αυτών με την μεγαλύτερη χρήση.

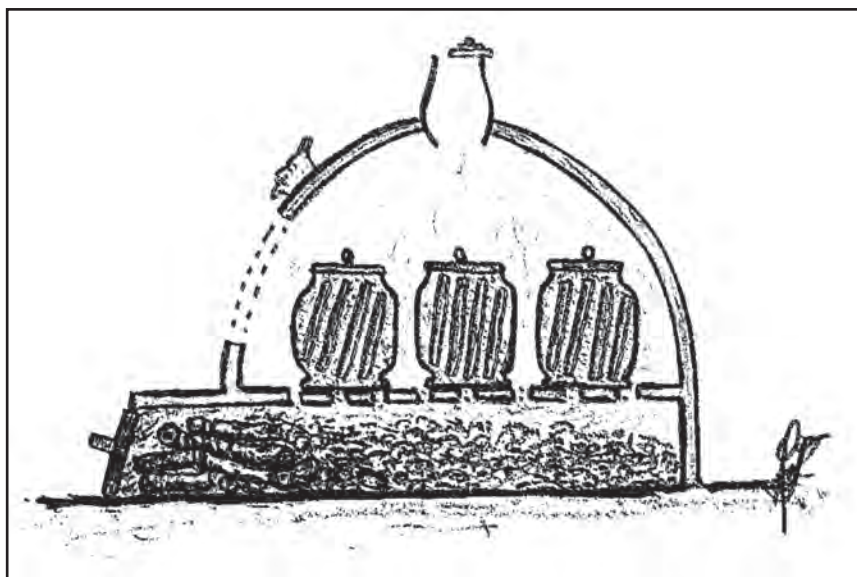


Σχήμα 1.18 Αρχισιδηρουργός με το βοηθό του, μπροστά σε μεταλλουργικό κλίβανο (Βρετανικό Μουσείο)

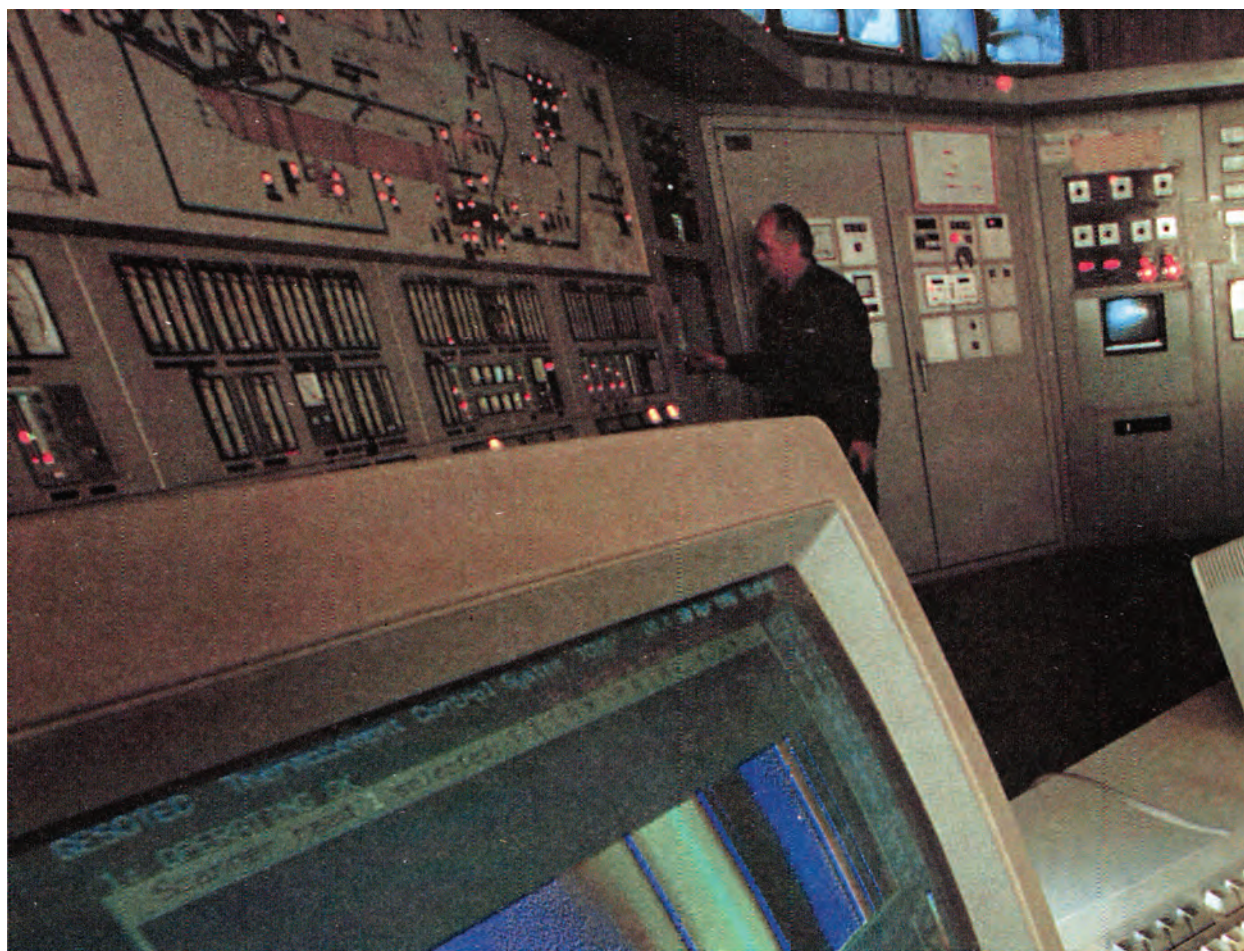
1.7. Η εξέλιξη της παραγωγής των δομικών υλικών

Στις πρώτες κοινωνίες οι άνθρωποι παρήγαγαν τα δομικά υλικά με απλοϊκές μηχανές και μεθόδους, με αποτέλεσμα να τα παράγουν σε μικρή ποσότητα αλλά ταυτόχρονα να έχουν δυνατότητα για έλεγχο της ποιότητάς τους. Ο έλεγχος ποιότητας των δομικών υλικών γινόταν την περίοδο αυτή με εμπειρικούς κανόνες.

Σήμερα η παραγωγική διαδικασία, για την παραγωγή των περισσότερων δομικών υλικών, γίνεται σε εργοστάσια με αυτοματισμούς (σχήμα 1.20). Με τους αυτοματισμούς εξασφαλίζεται ο πλήρης έλεγχος της ποιότητας των παραγομένων δομικών υλικών και ειδικότερα ο βαθμός στον οποίο ικανοποιούν τις προβλεπόμενες προδιαγραφές.



Σχήμα 1.19 Ενανθράκωση σιδήρου



Σχήμα 1.20 Χρήση αυτοματισμού στην παραγωγή δομικών υλικών

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι ορίζουμε προδιαγραφή ενός υλικού; Ποιοι φορείς στην Ελλάδα έχουν την αρμοδιότητα για τη σύνταξη των προδιαγραφών;
2. Τι ορίζουμε ποιότητα ενός τεχνικού έργου και από τι εξαρτάται αυτή;
3. Τι ονομάζουμε ποιοτικό έλεγχο των δομικών υλικών; Ποια συστήματα εφαρμόζουν σήμερα οι βιομηχανίες παραγωγής τους και πώς εξασφαλίζεται ο ποιοτικός έλεγχος τους κατά τη διάρκεια της παραγωγής;
4. Τι ονομάζουμε κανονισμούς;
5. Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται τα τεχνικά έργα και τι πρέπει αυτά να εξασφαλίζουν σύμφωνα με την οδηγία 89/106 της Ευρωπαϊκής Ένωσης;

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΥΤΩΝ

Οι κύριοι εξωτερικοί παράγοντες, που επιδρούν στα τεχνικά έργα, είναι Φυσικοί, Χημικοί, Μηχανικοί και Οργανικοί.

Όλοι αυτοί μειώνουν το χρόνο ζωής των έργων.

Οι εξωτερικές ή εσωτερικές δυνάμεις όταν υπερβούν κάποιο όριο προκαλούν καταστροφές στα έργα στα οποία ενεργούν.

Η επιλογή ενός υλικού για το συγκεκριμένο έργο, γίνεται ανάλογα με τις ιδιότητές του (Φυσικές, Μηχανικές και Τεχνικές).

Οι σπουδαιότερες απ' αυτές είναι:

- A. Η πυκνότητα, το ειδικό βάρος και το πορώδες. Αυτές σχετίζονται με το πόσο ελαφρύ είναι ένα υλικό.
- B. Η υδατοαπορροφητικότητα, υδατοπερατότητα και η αντοχή στον πάγο, που σχετίζονται με την αντίδραση του υλικού σε συνθήκες υγρασίας ή μέσα στο νερό.
- Γ. Η συστολή, η διαστολή, η αντίσταση στη διέλευση της θερμότητας, η αντοχή στη φωτιά και η αντίσταση σε διάβρωση, που σχετίζονται με την αντίδραση του υλικού στις θερμοκρασιακές μεταβολές και στους εξωγενείς παράγοντες που το διαβρώνουν με την πάροδο του χρόνου.
- Δ. Οι Μηχανικές ιδιότητες που δηλώνουν την αντοχή του υλικού σε διάφορες καταπονήσεις (θλίψη, εφελκυσμός, κάμψη, διάτμηση, κρούση και τριβή).
- Ε. Οι τεχνικές ιδιότητες των υλικών αναφέρονται στην ευκολία με την οποία τα διάφορα υλικά κατεργάζονται ώσπου να πάρουν την τελική μορφή με την οποία θα χρησιμοποιηθούν στις κατασκευές. (εργάσιμο, ελατότητα, ολκιμότητα, εύχρηστο, συγκολλητότητα).

2. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Οι εξωτερικοί / περιβαλλοντικοί παράγοντες που επιδρούν πάνω σε κάθε έργο αποτελούν τις κύριες αιτίες φθορών, καθώς και του περιορισμού του χρόνου ζωής του.

Οι εξωτερικοί αυτοί παράγοντες διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

1. Φυσικοί
2. Χημικοί
3. Μηχανικοί
4. Οργανικοί

2.1. Φυσικοί παράγοντες

2.1.1. Θερμότητα

Η μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί διαστολές και συστολές σε όλα τα στοιχεία ενός τεχνικού έργου, λόγω της κίνησης των μορίων των διαφόρων δομικών υλικών που το αποτελούν και της έλλειψης συνεργασίας των υλικών, τα οποία έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής.

Υψηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται σε βιομηχανικά έργα και σε περίπτωση πυρκαϊάς, ενώ πολύ χαμηλές θερμοκρασίες εμφανίζονται σε θαλάμους κατάψυξης και σε ψυχρά κλίματα. Σημαντικός παράγοντας φθοράς είναι η διαφορά θερμοκρασίας που υπάρχει μεταξύ της έξω και έσω επιφανείας ενός δομικού στοιχείου γιατί προκαλεί τάσεις στην κατασκευή που μπορεί να είναι ιδιαίτερα κρίσιμες για μεγάλα έργα.

2.2. Χημικοί Παράγοντες

Είναι άμεσοι και έμμεσοι ανάλογα με την επαφή τους με τα δομικά στοιχεία.

2.2.1. Αέρας (άμεση επίδραση)

Λόγω του οξυγόνου που περιέχει οξειδώνει τις μεταλλικές κατασκευές από σίδηρο ή τους λίθους που περιέχουν σίδηρο (ως χημικό στοιχείο). Επίσης στις βιομηχανικές πόλεις, περιέχει διάφορες ουσίες που μετατρέπονται με την υγρασία του περιβάλλοντος σε οξέα και προκαλούν διαβρώσεις στα τεχνικά στοιχεία των έργων.

Για την προστασία των παραπάνω στοιχείων απαιτείται η χρήση καταλλήλων υλικών (για παράδειγμα inhibitors (αναστολείς) ή αντισκωριακά υλικά για το σιδηρό οπλισμό) για τον περιορισμό της διάβρωσης (σχήμα 2.1).

2.2.2. Νερό - Έδαφος

Το νερό θεωρείται ο μεγαλύτερος εχθρός των δομικών υλικών (σχήματα 2.2, 2.3), είτε δρα μηχανικά (βροχή), είτε διεισδύει στα



Σχήμα 2.1 Χρήση αντισκωριακών υλικών σε χάλυβα



Σχήμα 2.2 Λεκέδες από άλατα κάτω από γέφυρα από σκυρόδεμα



Σχήμα 2.3 Λεκέδες από άλατα σε σήραγγα αρχαίας πηγής "Βουρίνας" στην Κω (Αρχείο Κ. Χατζηαντωνίου)

πορώδη υλικά. Η ψύξη του νερού σε χαμηλή θερμοκρασία το μετατρέπει σε πάγο, (διαστέλλεται) με αποτέλεσμα την διάρρηξη του υλικού. Με την επαναλαμβανόμενη ψύξη και απόψυξη του νερού, ειδικά στο σκυρόδεμα σε ψυχρά κλίματα, απολεπίζεται η εξωτερική επιφάνεια του υλικού.

Η επίδραση του νερού ιδιαίτερα στα μέταλλα, είναι ηλεκτροχημική (οξυγόνο + άλατα ή οξέα + χημικές ενώσεις), επιταχύνει τη διάβρωση και προκαλεί καταστροφές.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτούν οι κατασκευές που έρχονται σε επαφή με θαλασσινό νερό (ισχυρά διαβρωτικό), ή παραθαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης το έδαφος με τις χημικές ουσίες που περιέχει ιδιαίτερα όταν περιέχουν νερό ή αναερόβια βακτήρια είναι πολύ διαβρωτικό.

Επιπλέον, το νερό δρα ως διαλύτης σε διάφορα σύνθετα υλικά και δημιουργεί λεκέδες από διάφορα άλατα, που έχουν ως αποτέλεσμα διάφορες χημικές δράσεις.

Για την προστασία των στοιχείων αυτών, υπάρχουν κατάλληλες ουσίες για την κάλυψη των επιφανειών τους από τη δράση των παραπάνω.

2.2.3. Άμεση επαφή με χημικές ουσίες

Αυτό συμβαίνει στις βιομηχανίες όπου τα τεχνικά έργα εξυπηρετούν την παραγωγή ορισμένων προϊόντων και έρχονται σε επαφή με πρώτες ύλες ή με απόβλητα που έχουν υψηλή διαβρωτική ικανότητα.

2.3. Μηχανικοί παράγοντες

2.3.1. Άνεμος

Η ταχύτητά του, που μετράται σε Μποφόρ, ασκεί πίεση στην επιφάνεια των τεχνικών έργων (ιδιαίτερα στα υψηλά κτήρια). Η δύναμη που ασκείται συνολικά στο έργο από τον άνεμο ονομάζεται ανεμοπίεση.

2.3.2. Ήχος

Οι θόρυβοι δημιουργούν προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου, ιδιαίτερα όταν είναι ιδιαίτερα δυνατοί στους χώρους εργασίας του. Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούμε για την προστασία από τον θόρυβο ονομάζονται ηχομονωτικά. Τα ηχομονωτικά υλικά εξασφαλίζουν ένα χαμηλό επίπεδο έντασης ήχου σε κλειστούς χώρους, ανεξάρτητα από τους εξωτερικούς θορύβους.

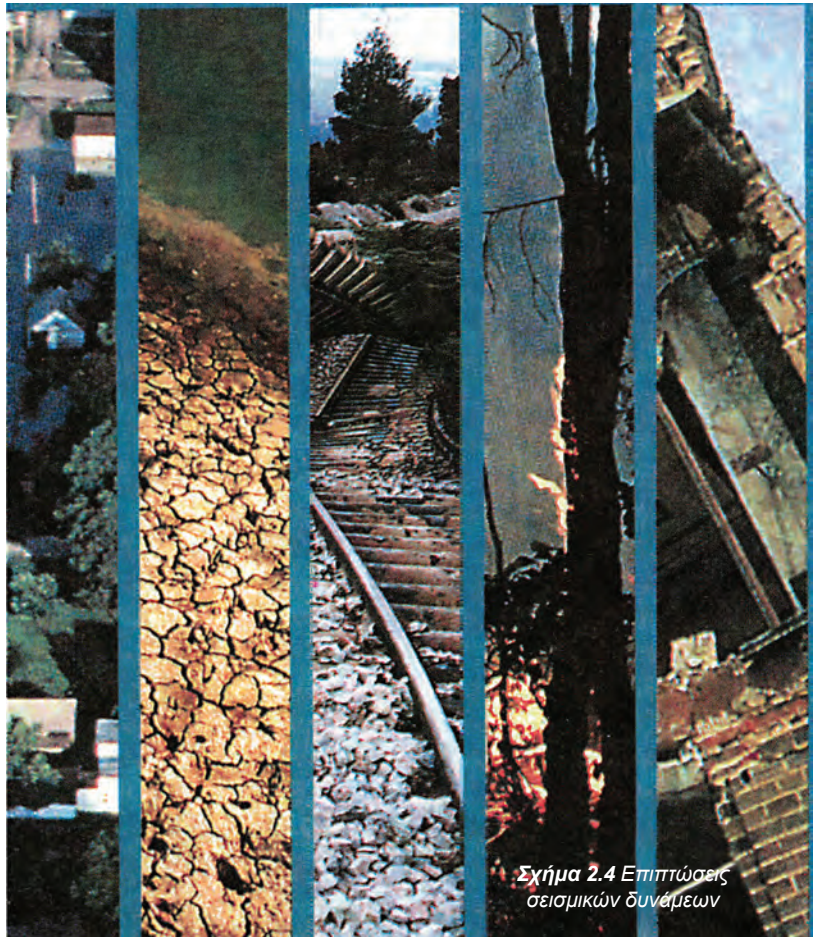
2.3.3. Ραδιενέργεια

Λόγω της εξάπλωσης της χρήσης ραδιενέργειας σε εργοστάσια παραγωγής Ενέργειας, στα Νοσοκομεία και στην ανάπτυξη οπλικών συστημάτων (έρευνες), απαιτείται προστασία των ανθρώπων από τις επιδράσεις της ραδιενεργού ακτινοβολίας με χρήση κατάλληλων δομικών υλικών (σκυρόδεμα, μόλυβδο κ.ά.).

2.3.4. Εξωτερικές δυνάμεις

Οι εξωτερικές δυνάμεις διακρίνονται σε **μόνιμες** ή **μεταβαλλόμενες** (σχήμα 2.4). Οι μόνιμες δυνάμεις (φορτίσεις) περιλαμβάνουν το ίδιο βάρος των δομικών υλικών, καθώς και το βάρος των μόνιμων φορτίων, τα οποία επιβάλλονται πάνω σε οποιοδήποτε τεχνικό έργο και το επηρεάζουν άμεσα ή έμμεσα.

Οι μεταβαλλόμενες δυνάμεις δεν δρουν μόνιμα πάνω στο έργο αλλά είναι παροδικές, για παράδειγμα η ανεμοπίεση, η πίεση του νερού σε δεξαμενές, ο σεισμός, τα κινητά φορτία από οχήματα, έπιπλα, κ.ά. Οι δυνάμεις αυτές διακρίνονται σε στατικές και δυναμικές.



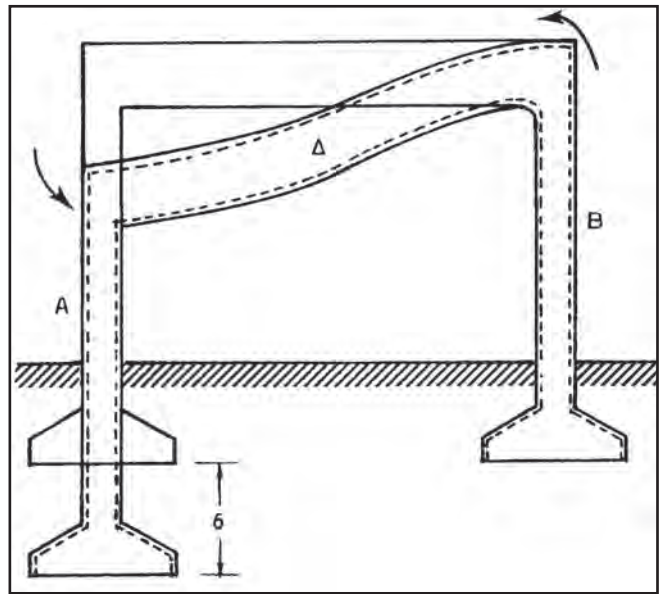
Σχήμα 2.4 Επιπτώσεις σεισμικών δυνάμεων

2.3.5. Εσωτερικές δυνάμεις

Όταν αναπτύσσονται τάσεις σε ένα στοιχείο μιας κατασκευής, χωρίς να του έχουν επιβληθεί εξωτερικές δυνάμεις, τότε δημιουργούνται δυνάμεις που ονομάζονται **ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ** (σχήμα 2.5). Για παράδειγμα η καθίζηση του εδάφους δημιουργεί εσωτερικές τάσεις στον φέροντα οργανισμό της οικοδομής. Επίσης αναπτύσσονται τάσεις κατά την πήξη του σκυροδέματος.

2.4. Οργανικοί Παράγοντες

Κυρίως βακτήρια ή μύκητες, φυτά ή έντομα, προκαλούν καταστροφές στα δομικά υλικά.



Σχήμα 2.5 Υποχώρηση στύλου Α σε σχέση με στύλο Β, που προκαλεί εσωτερικές δυνάμεις στην δοκό Δ

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Αναφέρατε χημικούς εξωτερικούς παράγοντες που επιδρούν στα τεχνικά έργα. Ποιος είναι ο βλαπτικότερος και πώς δρα αυτός;
2. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνουμε τις εξωτερικές δυνάμεις; Τι γνωρίζετε γι' αυτές;
3. Αναφέρατε παραδείγματα ανάπτυξης εσωτερικών δυνάμεων στα τεχνικά έργα.

3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Κάθε δομικό υλικό χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες ιδιότητες. Οι ιδιότητες αυτές συνδέονται με την καταλληλότητα του υλικού για ένα συγκεκριμένο έργο και προσδιορίζουν αριθμητικά την συμπεριφορά του στις εξωτερικές επιδράσεις.

Οι ιδιότητες γενικά χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. Φυσικές
2. Μηχανικές
3. Τεχνικές ή τεχνολογικές ιδιότητες

Απ' αυτές οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες έχουν ιδιαίτερη σημασία για τον μηχανικό, γιατί είναι καθοριστικές για την ποιότητα, την ασφάλεια και τη διάρκεια των τεχνικών έργων, ενώ οι τεχνικές αναφέρονται στην ικανότητα των υλικών να δεχθούν διάφορες κατεργασίες.

3.1. Φυσικές Ιδιότητες

Φυσικές ιδιότητες είναι εκείνες που περιγράφουν την συμπεριφορά του υλικού στις εξωτερικές επιδράσεις χωρίς να αλλοιώνουν την σύσταση του σώματος του υλικού και αναφέρονται στο χρώμα, την πυκνότητα, το πορώδες, την υδατοπερατότητα κ.ά.

3.1.1. Πυκνότητα

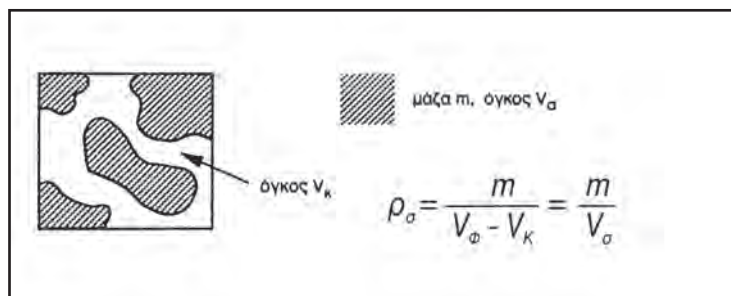
Πυκνότητα (ρ) είναι ο λόγος της μάζας (m) ενός υλικού προς τον όγκο (V) που καταλαμβάνει.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Επειδή τα υλικά είναι περισσότερο ή λιγότερο πορώδη, το ίδιο ποσό μάζας είναι δυνατόν να καταλαμβάνει μικρότερο ή μεγαλύτερο όγκο, ανάλογα με την έκταση του πορώδους. Στην περίπτωση χαλαρών υλικών, όπως η άμμος, τα χαλίκια, ο όγκος αυτός εξαρτάται από το σχήμα των κόκκων. Με αυτές τις παρατηρήσεις έχουμε δύο έννοιες που βοηθούν στον υπολογισμό της πυκνότητας, το φαινόμενο όγκο (V_ϕ , ή απλώς όγκος V) και τον όγκο των κενών V_K .

Στη μελέτη των δομικών υλικών ενδιαφέρει η πραγματική πυκνότητα του στερεού.

Συχνά γίνεται και χρήση του πορώδους (α) του υλικού (πίνακας 3.1), που είναι ο βαθμός στον οποίο ο όγκος (φαινόμενος) περιέχει πόρους ή άλλα κενά.



Σχήμα 3.1 Πυκνότητα και πορώδες

$$\alpha = \frac{V_K}{V}$$

3.1.2. Ειδικό βάρος

Διακρίνεται σε **απόλυτο**, **μικτό** και **φαινόμενο**, ανάλογα με το πορώδες και την απορροφητικότητα.

3.1.3. Απορροφητικότητα, διαπερατότητα, υδατοπερατότητα

Οι ιδιότητες αυτές εμφανίζονται κυρίως στα πορώδη υλικά (αδρανή, σκυρόδεμα) και εξαρτώνται από την πυκνότητα ρ των υλικών, από τη μορφή, το πορώδες και το είδος των πόρων.

Απορροφητικότητα είναι η ιδιότητα που έχουν τα δομικά υλικά να απορροφούν, χωρίς την εφαρμογή εξωτερικών πιέσεων, κάποια ρευστά (κατά κανόνα νερό), οπότε και η αντίστοιχη ιδιότητα ονομάζεται υδατοαπορροφητικότητα, και μετράται με την μάζα επί τοις % που απορροφά η μονάδα μάζας του υλικού μετά το βάπτισμά του σε νερό για 24 hrs και θερμοκρασία 23°C.

$$Y = 100 \frac{m_u - m_u}{m_\xi}$$

όπου: m_u - μάζα σώματος μετά την εμβάπτιση σε υγρό.
 m_ξ - ξηρά μάζα, που προσδιορίζεται σε 100°C.

Η υδατοαπορροφητικότητα ενός υλικού δεν εξαρτάται μόνο από το πορώδες, αλλά από το είδος και το μέγεθος των πόρων. Κλειστοί και δαιδαλώδεις πόροι είναι απρόσιτοι ή δυσπρόσιτοι στο νερό. Γι' αυτό η υδατοαπορροφητικότητα είναι πάντοτε μικρότερη από το πορώδες.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ελαφρόπετρα (κίσσηρη), η οποία, αν και έχει πολύ μικρή πυκνότητα, εμφανίζει μικρότερη υδατοαπορροφητικότητα από συμπαγέστερα υλικά, λόγω της ιδιομορφίας των πόρων της.

Διαπερατότητα είναι η ιδιότητα που χαρακτηρίζει την αντίσταση που προβάλλει ένα υλικό στην δίοδο ενός ρευστού, όταν βρίσκεται σε επαφή μ' αυτό υπό ορισμένη πίεση.

Στην περίπτωση του νερού η ιδιότητα ονομάζεται **υδατοπερατότητα**. Μετράται συνήθως με το ποσό του νερού που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου σε ατμοσφαιρική πίεση στη μοναδιαία επιφάνεια μιας πλάκας με μοναδιαίο πάχος του εξεταζομένου υλικού. Η υδατοπερατότητα εξαρτάται από το πορώδες, το μέγεθος και το είδος των πόρων καθώς και τον βαθμό επικοινωνίας μεταξύ των.

$$\frac{dq}{dt} = K \frac{\Delta h A}{L \mu}$$

όπου: dq/dt - ρυθμός ροής του ρευστού (ποσότητα ρευστού στη μονάδα του χρόνου)
 k - συντελεστής διαπερατότητας
 L - πάχος στοιχείου
 μ - ιξώδες
 Δh - διαφορά πίεσης
 A - επιφάνεια

3.1.4. Αντοχή στον παγετό

Αντοχή στον παγετό είναι η ικανότητα του κορεσμένου με νερό υλικού, να υποστεί επανειλημμένους κύκλους θήξης και πήξης του νερού χωρίς να υποστεί σημεία καταστροφής και να μειωθεί σημαντικά η μηχανική του αντοχή.

Η αντοχή ενός υλικού μειώνεται ή χάνεται εξαιτίας της αύξησης του όγκου του. Η αύξηση αυτή οφείλεται στις ισχυρότατες δυνάμεις που αναπτύσσονται στη μάζα του υλικού και προκαλούν μερικές φορές ακόμη και τη διάρρηξή του.

Ο προσδιορισμός της αντοχής στον παγετό γίνεται με έναν καθορισμένο αριθμό κύκλων κατάψυξης στους -15°C έως -17°C και επαναθέρμανσης στην συνηθισμένη θερμοκρασία ενός δείγματος του υλικού (θερμοκρασία περιβάλλοντος).

Ένα υλικό θεωρείται ανθεκτικό, όταν μετά την δοκιμασία, η απώλεια της αντοχής του δεν ξεπερνά το 25% της αρχικής και η απώλεια του βάρους του λόγω έκθριψης δεν ξεπερνά το 5% του αρχικού βάρους.

Γενικά ένας κύκλος ψύξης και απόψυξης σε εργαστηριακές συνθήκες, ισοδυναμεί με φυσική καταπόνηση 3-5 ετών. Έχει εξακριβωθεί ότι υλικά με μεγάλους και ευθύγραμμους πόρους, ή με κενά μεμονωμένα μεταξύ τους και γεμάτα αέρα, αντέχουν στον παγετό περισσότερο από αυτά με μικρούς δαιδαλώδεις πόρους. Σε περιοχές όπου εμφανίζονται χαμηλές θερμοκρασίες, χρησιμοποιούνται ειδικά σκυροδέματα που καλούνται αεριοσκυροδέματα, για την πρόληψη καταστροφής των δομικών στοιχείων από σκυρόδεμα, των οδοστρωμάτων και των πεζοδρομίων.

3.1.5. Διαστολή ή συστολή

Σε όλα τα υλικά μια αύξηση ή μείωση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα αντίστοιχα την διαστολή ή τη συστολή τους. Η αύξηση ή μείωση των διαστάσεων ενός στοιχείου μήκους l , συμβολίζεται με Δl και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta l = \alpha_t \times \Delta T \times l$$

όπου: α_t - συντελεστής θερμικής διαστολής (πίνακας 3.2)

l - αρχικό μήκος στοιχείου

ΔT - διαφορά θερμοκρασίας

Όταν παρεμποδίζεται η μεταβολή των διαστάσεων ενός στοιχείου λόγω θερμοκρασιακής μεταβολής αναπτύσσονται εσωτερικές τάσεις που σε μεγάλα στοιχεία είναι σημαντικές.

3.1.6. Θερμική αγωγιμότητα

Θερμική αγωγιμότητα ενός υλικού είναι η ιδιότητα να επιτρέπει τη διάδοση της θερμότητας μέσα από τη μάζα του και χαρακτηρίζεται από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ (W/mK) (Πίνακες 3.1, 3.2), που είναι το ποσό της θερμότητας (Q) σε Kcal που διέρχεται σε μία ώρα από τη μάζα ενός κυβικού δοκιμίου ακμής 1μ, όταν η διαφορά θερμοκρασίας των απέναντι πλευρών είναι 1°C.

$$Q = \lambda \frac{\Delta t}{d} A t$$

όπου: d - πάχος υλικού

A - εμβαδόν επιφάνειας

Δt - χρονική μεταβολή

λ - συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (πίνακες 3.1, 3.2)

t - χρόνος

Ο συντελεστής λ μειώνεται με την αύξηση του πορώδους, ενώ αυξάνεται με το ποσοστό υγρασίας που περιέχει ένα υλικό, με την αύξηση της θερμοκρασίας και την αύξηση των διαστάσεων.

Η ιδιότητα της θερμικής αγωγιμότητας και αντίστοιχα της θερμομονωτικής ικανότητας των υλικών έχει αποκτήσει τα τελευταία χρόνια μια ιδιαίτερη σημασία. Αυτό οφείλεται σε μια επιτακτική ανάγκη μείωσης των θερμικών απωλειών στα κτήρια λόγω του υπερβολικού κόστους για ψύξη και θέρμανση των κτηρίων. Η χρήση των θερμομονωτικών υλικών έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Η κατασκευή υλικών με αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα, αποτελεί σήμερα αντικείμενο εκτεταμένων ερευνών.

3.1.7. Θερμική αντοχή

Θερμική αντοχή ονομάζεται η αντοχή των υλικών σε υψηλές θερμοκρασίες, που επιδρούν δυσμενώς στα υλικά. Σε θερμοκρασίες αρκετά χαμηλότερες από το σημείο ανάφλεξής τους (ξύλο, πλαστικά) ή από το σημείο τήξεώς τους (μέταλλα, πλαστικά, γυαλί) τα υλικά αχρηστεύονται λόγω ελάττωσης των μηχανικών αντοχών τους.

Τα υλικά παρουσιάζουν διαφορετικές θερμικές αντοχές, που οφείλονται στην φύση της ύλης, στη δομή του ιστού του, στην πυκνότητα του υλικού και σε άλλους παράγοντες.

Τα ανθεκτικότερα κατά σειρά υλικά είναι: το γυαλί, τα κεραμικά, οι λίθοι, το σκυρόδεμα, τα μέταλλα και τέλος ακολουθούν το ξύλο και τα περισσότερα πλαστικά.

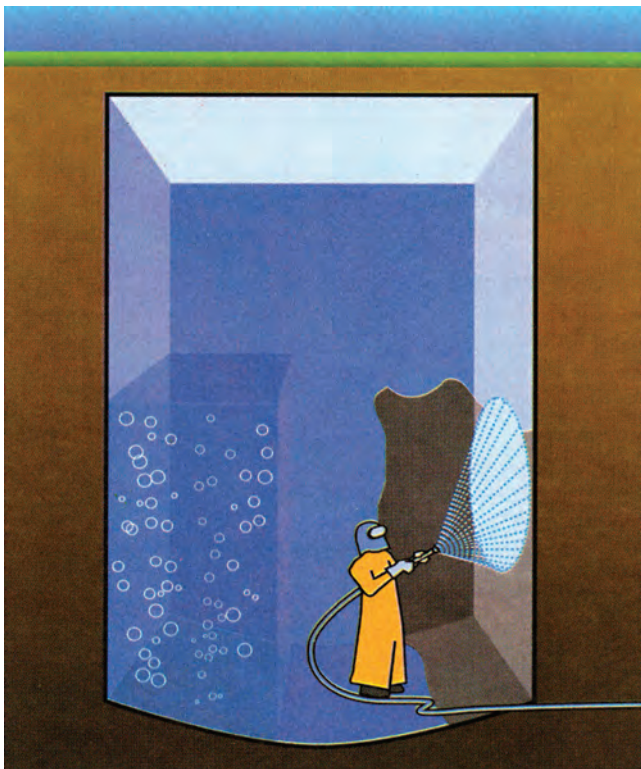
3.1.8. Αντοχή στη φωτιά

Με τον όρο αυτό αποδίδεται η ικανότητα ενός υλικού να διατηρεί τις ιδιότητές του μετά την υποβολή του σε υψηλές θερμοκρασίες, που συναντώνται στις πυρκαγιές.

Ορισμένα υλικά χρησιμοποιούνται σε κατασκευές για να εμποδίζουν τη μετάδοση της φωτιάς έξω από το χώρο που δημιουργείται. Τα υλικά αυτά έχουν την ικανότητα να ανθίστανται στην επίδραση της φωτιάς και στην πτώση της θερμοκρασίας, όταν προσβληθούν από το νερό των πυροσβεστικών αντλιών, (λέγονται πυρίμαχα, σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2 Εστία τζακιού επενδεδυμένη με πυρίμαχα τούβλα



Σχήμα 3.3 Δεξαμενή νερού κατασκευασμένη από σκυρόδεμα, προστατευμένη με αντιδιαβρωτικά υλικά

3.1.9. Αντοχή σε διάβρωση

Η διάβρωση προκαλείται από εξωγενείς παράγοντες, όπως ο ατμοσφαιρικός αέρας, η θερμότητα, η υγρασία, τα οξέα της ατμόσφαιρας, τα άλατα του νερού, τα άλατα της θάλασσας, οι μύκητες και άλλα.

Η αντιδιαβρωτική ικανότητα των υλικών λαμβάνεται σοβαρά υπόψη και σε μερικές περιπτώσεις αποτελεί το αποκλειστικό κριτήριο, όπως στην κατασκευή δεξαμενών διαφόρων υγρών και σε σωληνώσεις μεταφοράς υγρών και αερίων (σχήμα 3.3).

3.2. Μηχανικές ιδιότητες

Οι **μηχανικές ιδιότητες** είναι αυτές που προσδιορίζουν τη συμπεριφορά των υλικών κάτω από την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων. Η συμπεριφορά αυτή εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο δρουν οι καταπονήσεις και από τη φύση των υλικών.

Αποτέλεσμα της επίδρασης των δυνάμεων αυτών είναι η ανάπτυξη εσωτερικών δυνάμεων στα υλικά που ονομάζονται τάσεις και προκαλούν την μετακίνηση των μορίων. Η μετακίνηση αυτή οδηγεί στη μεταβολή του αρχικού σχήματος αλλά και των διαστάσεων του σώματος ενός υλικού ονομάζεται **παραμόρφωση**. Αυτή η μεταβολή ανάλογα με τη διεύθυνση και τη φορά τους, οι εσωτερικές δυνάμεις διακρίνονται σε ορθές σ (θλιπτικές ή εφελκυστικές) και σε διατμητικές τ (σχήμα 3.4).

Όπως αναφέρθηκε, η φόρτιση ενός υλικού έχει ως αποτέλεσμα την παραμόρφωσή του (ε) (σχήμα 3.5). Στην περίπτωση που ενεργούν δυνάμεις θλίψης ή εφελκυσμού, η παραμόρφωση υπολογίζεται από τη συνολική αντοχή ενός μήκους του υλικού παράλληλα προς τη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης και εκφράζεται από τη σχέση

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

όπου : l - αρχικό μήκος σώματος

Δl - μεταβολή μήκους σώματος

Όταν η παραμόρφωση εξαφανίζεται μετά την απομάκρυνση του φορτίου που προκάλεσε την παραμόρφωση, ονομάζεται **ελαστική**. Όταν όλη ή μέρος από την παραμόρφωση παραμένει μετά την απομάκρυνση του φορτίου, τότε η συμπεριφορά του υλικού είναι ανελαστική και η παραμόρφωση ονομάζεται **πλαστική ή μόνιμη**.

Όταν βρισκόμαστε στην περιοχή των ελαστικών παραμορφώσεων έχουμε:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

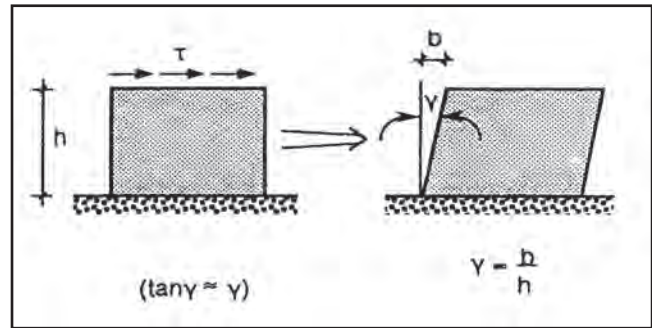
όπου: E - το μέτρο ελαστικότητας.

Το όριο καταπόνησης μέχρι την οποία υλικό έχει ελαστική συμπεριφορά ονομάζεται **όριο ελαστικότητας**.

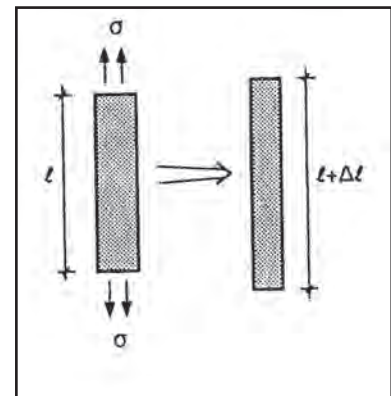
Η τάση μέχρι την οποία το υλικό συμπεριφέρεται σύμφωνα με το Νόμο του Hooke ονομάζεται **όριο αναλογίας** και ταυτίζεται με το όριο ελαστικότητας.

Νόμος του Hooke: Η επιμήκυνση Δl , ράβδου μήκους l , η οποία εφελκύεται από φορτίο P , είναι ανάλογη του φορτίου P και του αρχικού μήκους l και αντιστρόφως ανάλογη του εμβαδού A της επιφάνειάς της.

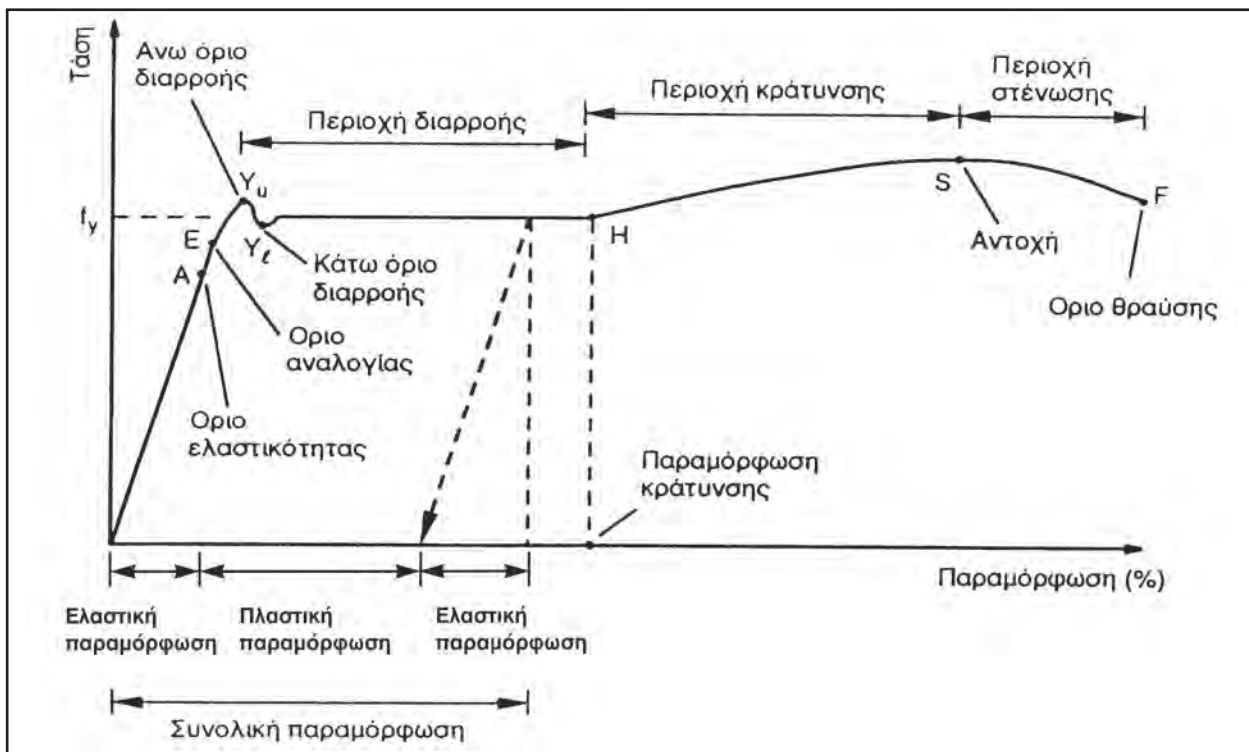
$$\Delta l = \frac{Pl}{EA}$$



Σχήμα 3.4 Παραμόρφωση στερεού σώματος που υφίσταται διάτμηση από εξωτερικές δυνάμεις.



Σχήμα 3.5 Επιμήκυνση σώματος



Σχήμα 3.6 Διάγραμμα τάσεων - παραμορφώσεων

Ορισμένες κατηγορίες υλικών, όπως τα κεραμικά, οι λίθοι και το σκυρόδεμα, δεν παρουσιάζουν περιοχή ανελαστικών παραμορφώσεων. Στα υλικά αυτά όταν υπερβεί η τάση το όριο ελαστικότητας το υλικό θραύεται. Αυτά τα υλικά ονομάζονται ψαθυρά.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, τα μεταλλικά και τα πλαστικά υλικά παθαίνουν μόνιμη παραμόρφωση όταν η τάση υπερβεί το όριο ελαστικότητας. Τα υλικά αυτά ονομάζονται **πλαστικά** ή **συνεκτικά** ή **όλκιμα**.

Η συμπεριφορά του υλικού περιγράφεται στο διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης. Ένα τυπικό διάγραμμα αυτού του τύπου για τον χάλυβα είναι το σχήμα 3.6.

Το αρχικό ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης αντιπροσωπεύει την περιοχή της ελαστικής συμπεριφοράς.

Η αύξηση πέραν του σημείου A έχει ως αποτέλεσμα σχετικά μεγάλες παραμορφώσεις, που είναι μόνιμες. Η τάση παίρνει τη μέγιστη τιμή της στο σημείο S, από όπου και ελαττώνεται μέχρι το σημείο F, όριο θραύσεως του υλικού (πίνακας 3.3).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι τάσεις στο σχήμα 3.6 τάσεων - παραμορφώσεων υπολογίζονται με βάση την αρχική διατομή του υλικού, η οποία όμως μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της δοκιμασίας, ανάλογα με τον τρόπο που το σώμα παραμορφώνεται.

Οι δυνάμεις που προκαλούν τις παραπάνω τάσεις ονομάζονται **θλιπτικές**, **εφελκυστικές** και **διατμητικές** δυνάμεις. Συνδυασμός των δυνάμεων αυτών προκαλεί περίπλοκα αποτελέσματα, όπως είναι η στρέψη.

Το σώμα αντιστέκεται στην παραμόρφωση που προκαλούν οι τάσεις, με τις εσωτερικές δυνάμεις συνοχής, που συγκρατούν τα μόρια ενωμένα μεταξύ τους.

Όταν οι τάσεις που αναπτύσσονται στο σώμα υπερβούν αυτές των δυνάμεων συνοχής τότε το σώμα θραύεται.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η αντοχή του υλικού σε θραύση διακρίνεται, ανάλογα με τον

τρόπο που αυτό παραμορφώνεται σε α) αντοχή σε θλίψη, β) αντοχή σε εφελκυσμό, γ) αντοχή σε κάμψη, δ) αντοχή σε διάτμηση και ε) αντοχή σε στρέψη.

3.2.1. Αντοχή σε θλίψη

Ένα σώμα έχει γενικά πρισματική ή κυλινδρική μορφή. Εδράζεται με την επίπεδη επιφάνειά του σε σταθερό υποστήριγμα (έδαφος ή άλλη κατασκευή). Τα εξωτερικά φορτία δρουν κατακόρυφα στην άνω επιφάνεια του σώματος. Ως άνω επιφάνεια μπορεί να ληφθεί και μία ενδιάμεση επιφάνεια παράλληλη προς τη βάση, ούτως ώστε να συμπεριληφθεί και το ίδιο βάρος του σώματος στην διατομή στην οποία εφαρμόζεται το εξωτερικό φορτίο.

Οι τάσεις που μεταφέρονται μέσα από τη μάζα του σώματος, θεωρείται ότι κατανέμονται ομοιόμορφα σε όλα τα μέρη των διατομών.

Το σύνολο των τάσεων (σ) θλίψεως, που ενεργούν σε κάθε διατομή είναι ίσο με τις εξωτερικές δυνάμεις που τις προκάλεσαν, και επειδή οι τάσεις κατανέμονται ομοιόμορφα έχουμε:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

όπου: P - αξονική εξωτερική δύναμη

A - εμβαδόν επιφάνειας όπου υπολογίζουμε την τάση

Ο έλεγχος της αντοχής των υλικών δεν γίνεται σε όλα τα υλικά παρά μόνο σε αυτά που πρόκειται να υποστούν θλιπτικές δυνάμεις μετά την ενσωμάτωσή τους στο τεχνικό έργο.

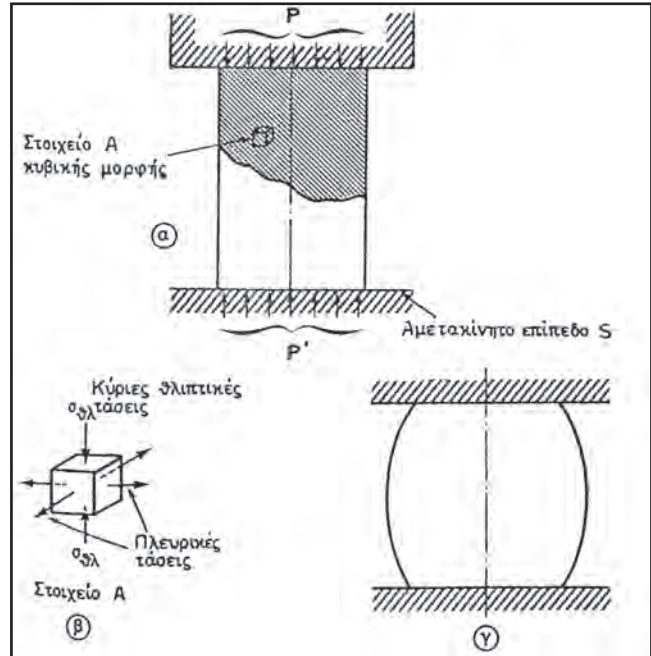
Τα πιο συνηθισμένα υλικά στα οποία γίνεται έλεγχος αντοχής είναι το σκυρόδεμα, οι οπτόπλινθοι, οι λίθοι, το ξύλο και ο χυτοσίδηρος.

Ο προσδιορισμός της ιδιότητας αυτής γίνεται σε εργαστήρια αντοχής υλικών, με την χρησιμοποίηση ειδικών μηχανών (πρέσσες, σχήμα 3.8).

Το μέγεθος των εξωτερικών φορτίων που προκαλούν την καταστροφή ενός υλικού από θλίψη, καλείται **φορτίο θραύσης** και εκφράζεται σε **KN**.

3.2.2. Αντοχή σε εφελκυσμό

Εάν οι εξωτερικές δυνάμεις που ενεργούν πάνω σε ένα σώμα το επιμηκύνουν, τότε λέμε ότι έχουμε εφελκυσμό. Όπως στη θλίψη, έτσι και στον εφελκυσμό ισχύουν όλα όσα αναφέρθηκαν με τη διαφορά ότι τόσο οι εξωτερικές



Σχήμα 3.7 Παραμόρφωση στερεού σώματος που υφίσταται θλίψη από τις δυνάμεις P και P'



Σχήμα 3.8 Πρέσσα

δυνάμεις όσο και οι τάσεις που αναπτύσσονται έχουν αντίθετη φορά.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα υλικά, εκτός του χάλυβα, παρουσιάζουν διαφορετική αντοχή σε θλίψη και σε εφελκυσμό.

Έτσι σε τεχνικά έργα, όπου εφαρμόζονται εφελκυστικές δυνάμεις, χρησιμοποιούμε υλικά που έχουν υψηλές αντοχές στις δυνάμεις αυτές. Χαρακτηριστικά πρέπει να σημειωθεί ότι οι λίθοι και το σκυρόδεμα έχουν εφελκυστική αντοχή το 1/10 της αντοχής σε θλίψη.

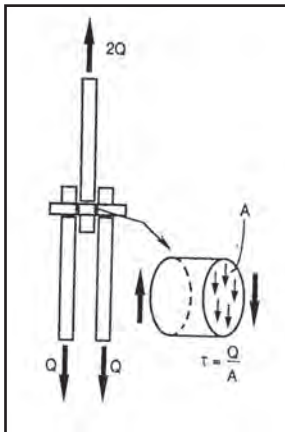
3.2.3. Αντοχή σε κάμψη

Όταν ένα σώμα, σε σχήμα δοκού ή πλάκας, στηρίζεται σε δύο ή περισσότερα σημεία και τα εξωτερικά φορτία δρουν κάθετα στον άξονα του σώματος, τότε το σώμα παραμορφώνεται, υφιστάμενο **κάμψη**.

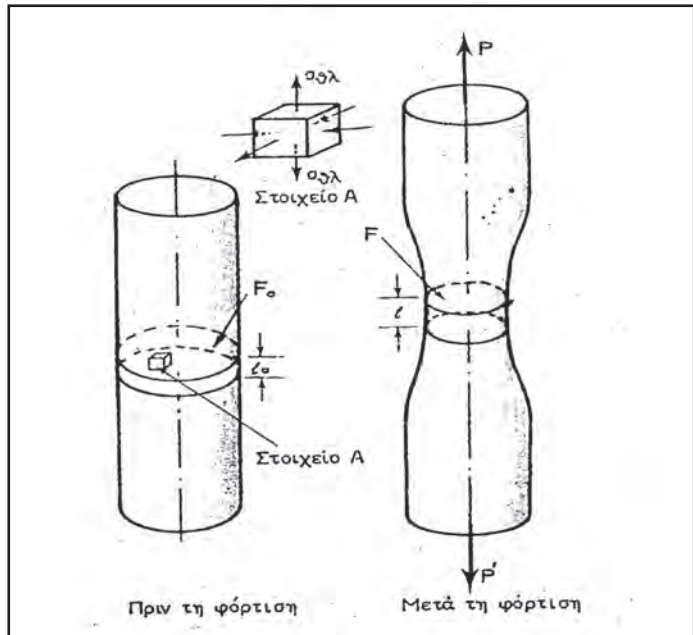
Στην περίπτωση της καθαρής κάμψης το άνω τμήμα θλίβεται και το κάτω τμήμα εφελκύεται. Γι' αυτό γίνεται επιλογή υλικών που έχουν περίπου ίσες αντοχές σε θλίψη και εφελκυσμό (ξύλο, χάλυβας, οπλισμένο σκυρόδεμα).

3.2.4. Αντοχή σε διάτμηση

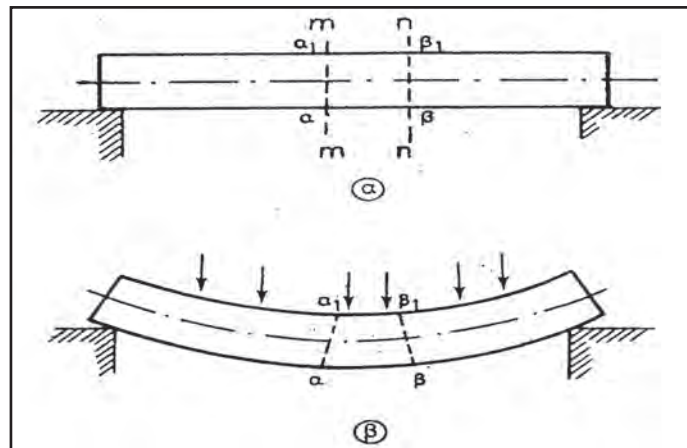
Όταν τα μέρη ενός σώματος ολισθαίνουν μεταξύ τους, επειδή επηρεάζονται από τάσεις κάθετες στην ευθεία που τα συνδέει, το σώμα παραμορφώνεται με μετάθεση των διατομών κάθετα στον άξονα του σώματος. Τότε το σώμα υφίσταται **διάτμηση**.



Σχήμα 3.11 Ανάπτυξη διατμητικών δυνάμεων



Σχήμα 3.9 Παραμόρφωση στερεού σώματος που υφίσταται εφελκυσμό από τις δυνάμεις P και P'



Σχήμα 3.10 Παραμόρφωση στερεού σώματος που υφίσταται κάμψη από εξωτερικές δυνάμεις.

Σε πολλά υλικά αναπτύσσονται κατά την κάμψη μεγάλες διατμητικές τάσεις, ώστε η θραύση προέρχεται από αυτές και όχι από τις κύριες εφελκυστικές ή θλιπτικές τάσεις. Καθαρή διάτμηση παρουσιάζεται στην περίπτωση των ηλώσεων (καρφιά, βίδες).

3.2.5. Αντοχή σε κρούση (ευθραυστότα)

Η αντίσταση που προβάλλει ένα υλικό λόγω της επίδρασης μιας δυναμικής φόρτισης (κρούση σφαίρας) ονομάζεται αντοχή σε **κρούση**. Η ιδιότητα αυτή χαρακτηρίζεται από την αντίσταση που προβάλλει το υλικό στο να μη θραυστεί από μια τοπική κρούση.

3.2.6. Αντοχή σε τριβή (σκληρότητα)

Η **σκληρότητα** των υλικών, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν σε δομικά στοιχεία που θα υποστούν τριβή (οδοστρώματα, δάπεδα εργοστασίων) ή επίδραση του ανέμου, του νερού κ.ά., θα πρέπει να ελεγχθεί για την επιλογή του κατάλληλου κατά περίπτωση δομικού υλικού.

Η σκληρότητα των υλικών δεν έχει σχέση με τις άλλες μηχανικές ιδιότητες (για παράδειγμα ο αδάμας είναι το πιο σκληρό υλικό αλλά με μικρή μηχανική αντοχή).

Η σκληρότητα καθορίζεται με την κλίμακα Mohs (10 βαθμίδες).

Ακολουθεί πίνακας σκληρότητας των υλικών με βαθμό σκληρότητας.

- | | |
|---------------|--------------|
| 1. Στεατίτης | 6. Άστροι |
| 2. Γύψος | 7. Χαλαζίας |
| 3. Ασβεστίτης | 8. Τοπάζιο |
| 4. Φθορίτης | 9. Κορούνδιο |
| 5. Απατίτης | 10. Αδάμας |

Για τα μέταλλα υπάρχουν αντίστοιχα οι κλίμακες Vicker, Brinell και Rockwell

3.2.7. Συντελεστής ασφαλείας - επιτρεπόμενες τάσεις

Οι διαστάσεις της διατομής ενός δομικού στοιχείου δεν προσδιορίζονται με βάση την αντοχή του σε θραύση αλλά με μια χαμηλότερη τιμή του. Η επιτρεπόμενη, ή ανεκτή τάση, ανάλογα με το είδος του υλικού και το είδος της καταπόνησης που υφίσταται αυτό, προσδιορίζεται από έναν **συντελεστή ασφαλείας ν** που εκφράζει τον λόγο

$$\nu = \frac{\sigma_{\theta\rho}}{\sigma_{\epsilon\pi\iota\tau}}$$

Οι λόγοι που απαιτούν την ύπαρξη συντελεστή ασφαλείας είναι κυρίως ότι η αντοχή ενός υλικού προσδιορίζεται πειραματικά στο εργαστήριο (αβεβαιότητα των μετρήσεων), ότι τα υλικά έχουν διάφορα ελαττώματα, ότι τα φορτία εκτιμώνται με απόκλιση ως προς τα πραγματικά και ότι οι διατομές που κατασκευάζονται έχουν αποκλίσεις ως προς τις διαστάσεις τους, όπως αυτές καθορίζονται από τους μελετητές μηχανικούς.

3.3. Τεχνικές ιδιότητες

Τεχνικές ιδιότητες είναι οι φυσικές, χημικές, και μηχανικές ιδιότητες των υλικών, οι οποίες δεν μεταβάλλονται κατά την επεξεργασία τους.

Ο χάλυβας, το αλουμίνιο, μετατρέπονται σε φύλλα ή σύρματα χωρίς να ελαττωθεί η αντοχή τους ή οι άλλες ιδιότητές τους.

Οι λίθοι διακρίνονται σε λίθους που λαξεύονται και σε λίθους που δεν επιδέχονται καμία λάξευση.

Οι σπουδαιότερες τεχνολογικές ιδιότητες είναι:

- το εργάσιμο
- η ελατότητα
- η ολκιμότητα
- το εύχυτο
- η συγκολλητικότητα.

3.3.1. Το εργάσιμο

Το **εργάσιμο** είναι η ιδιότητα που καθιστά ικανό ένα υλικό να υποστεί εύκολα διάφορες κατεργασίες πριν χρησιμοποιηθεί στο έργο. Τα λεπτά κονιάματα έχουν ικανοποιητικό εργάσιμο. Τα ισχυρά κονιάματα έχουν δύσκολο εργάσιμο.

3.3.2. Η ελατότητα, η ολκιμότητα, το εύχυτο, η συγκολλητικότητα.

Οι ιδιότητες αυτές αναφέρονται στα μέταλλα. Η **ελατότητα** είναι η ικανότητα ενός μετάλλου να αλλάζει σχήμα χωρίς την μεταβολή των ιδιοτήτων του. Τέτοιο μέταλλο είναι ο μόλυβδος.

Η **ολκιμότητα** είναι η ικανότητα ενός μετάλλου να παίρνει μορφή σύρματος. Το πιο όλκιμο μέταλλο είναι ο χρυσός.

Εύχυτα είναι τα μέταλλα που μπορούν να πάρουν οποιοδήποτε σχήμα, μέσα σε κατάλληλο καλούπι, μετά από τήξη σε υψηλές θερμοκρασίες.

Τέλος, η **συγκολλητικότητα** είναι η ιδιότητα που έχουν δύο κομμάτια μέταλλο να κολλούν μεταξύ τους και να αποτελούν ένα σύνολο χωρίς τη μείωση των ιδιοτήτων τους στην περιοχή της συγκόλλησης.

Πίνακας 3.1. Φαινόμενα βάρη και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών υλικών και δομικών στοιχείων

ΥΛΙΚΟ	Φαινόμενο βάρος Kg/m ³	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) Kcal/mh°C
Έδαφος συνεκτικό, υγρό		1.80
Αργίλιο	2700	180.0
Φυσικοί λίθοι συμπαγείς		3.00
Φυσικοί λίθοι πορώδεις		2.00
Χαλκός σφυρήλατος ή ελατός	8900	330.0
Ορείχαλκος	8500	90.0
Μπρούντζος	8500	
Χάλυβας	7850	50.0
Χυτοσίδηρος	7250	45.0
Αλουμίνιο	2700	175.0
Μόλυβδος	11400	
Ασβεστόλιθος	2700	2.80
Σχιστόλιθος (ασβεστολιθικός, μαρμαρυγιακός)	2650 - 2700	
Σχιστόλιθος αργιλικός	2700 - 3500	
Ψαμμίτες	2200 - 2700	2.00
Μάρμαρο	2700	0.90
Πράσινο μάρμαρο (οφείτης)	2700	0.90
Γρανίτης	2700	2.40
Κίσσηρη σε κόκκους		0.16
Χαλίκια, ψηφίδες, γαρμπίλι		0.70
Δολομίτης	2700 - 2900	
Άμμος (ασβεστολιθική)	1600	0.40
Άμμος στεγνή λεπτόκοκκος	1400 - 1650	0.50
Υγρή λεπτόκοκκος		
ή χονδρόκοκκος	1850 - 2050	1.20
Σκωρίες άνθρακα	700 - 1000	
Πηλός συμπαγής		0.80
Πηλός με άχυρα		0.60
Ελαφρός πηλός		0.40
Σκύρα στεγνά	1500 - 1900	
Σκύρα υγρά	1900 - 2100	
Κίσσηρις (σκύρα)	300 - 550	0.10
Περλίτης (διογκωμένος)	50 - 300	0.055
Άσβεστος σβησμένη	1300 - 1400	
Άσβεστος σε σκόνη		
(συσκευασία σε σάκους), μέσος όρος	1000	

Πίνακας 3.1. Φαινόμενα βάρη και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών υλικών και δομικών στοιχείων

ΥΛΙΚΟ	Φαινόμενο βάρος Kg/m ³	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) Kcal/mh°C
Γύψος πλαστική	1250 - 1400	
Θηραϊκή γη στοιβαγμένη (σε σάκους)	1170 - 1250	0.10
Τσιμέντο χύμα	970 - 1260	
Ασβεστοκονίαμα (ξηρό)	1700	0.75
Ασβεστοτσιμεντοκονίαμα	1900	0.75
Τσιμεντοκονίαμα (ξηρό)	2100	1.20
Γυψοκονίαμα (ξηρό)	1200	
Τσιμεντοθηραϊκονίαμα	2100	
Ξηρολιθοδομές συμπαγών ασβεστολίθων	2600	
Πλίνθοι από αεριομπετόν ή αφρομπετόν φυσικής σκλήρυνσης		0.36 - 0.48
Πλίνθοι από αεριομπετόν ή αφρομπετόν σκλήρυνσης ατμού		0.30 - 0.40
Με πλήρεις οπτοπλίνθους	1800	0.40
Με διάτρητες πλίνθους (έξι οπών)	1400	0.40
Διάτρητες μπατικές	360	0.45
Τσιμεντόλιθων διαιρετών	2000	0.95
Κισσηρόλιθων με 2 κενά	1000	0.48
Αμιαντοτσιμέντο	1800	0.30
Πλάκες δομικές από λάβα, κεραμικά θραύσματα ελαφροσκυροδέματα		0.50
Σκυρόδεμα άοπλο	2200	1.35
Σκυρόδεμα οπλισμένο	2400	2.80
Κισσηρόδεμα	1400	0.25
Αεριομπετόν και αφρομπετόν (κυψελωτό σκυρόδεμα)	400	0.12
Γυψοσανίδες (πάχους 1 cm)	10 (Kg/m ²)	0.50
Δρυς	850	0.18
Έλατο	550	0.12
Οξιά	750	0.15
Πεύκο Αμερικής (Πιτς-πάιν, Όρεγκον - πάιν)	750	
Πεύκο	600	0.12
Φελλός	180	1.00
Κεραμικά πλακίδια		0.90

Πίνακας 3.1. Φαινόμενα βάρη και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας δομικών υλικών και δομικών στοιχείων

ΥΛΙΚΟ	Φαινόμενο βάρος Kg/m ³	Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας (λ) Kcal/mh°C
Κόντρα πλακέ		0.12
Γυαλί (κοινό)	2600	0.70
Πίσσα		0.16
Ασφαλτικό σκυρόδεμα	2100	0.60
Άσφαλτος	1050	0.15
Ασφαλτόχαρτο	1100	0.16
Ινώδη μονωτικά υλικά		
φυτικής προέλευσης		0.04
Διογκωμένα συνθετικά υλικά		0.035
Υαλοβάμβακας	100 - 400	0.040

Πίνακας 3.2. Φυσικές ιδιότητες των κυριότερων δομικών μετάλλων και κραμάτων

Μέταλλο ή κράμα	Πυκνότητα (Kg/m ³)	Σημείο τήξης (°C)	Συντ. Θερμ. Διαστολής (α) (10 ⁻⁶ /°C)	Συντ. Θερμ. Αγωγιμότητας (λ) (Kcal/mh°C)
Σίδηρος	7860	1530	12	75
Χυτοσίδηρος	7220 - 7720	1250 - 1500	10 - 12	35 - 45
Χάλυβας	7850	1500	11 - 13	50
Ανοξ. Χάλυβας	7910	1460	18	15
Αλουμίνιο	2700	650	25	220
Μόλυβδος	11350	330	29	35
Χαλκός	8920	1080	17	380
Κασσίτερος	7300	230	22	65
Ψευδάργυρος	7150	420	29	110
Νικέλιο	8700	1450	13	85
Γυαλί			9	
Ξύλο κατά μήκος				
των ινών			9	
Σκυρόδεμα			12	

Πίνακας 3.3. Τιμές του μέτρου ελαστικότητας E, της τάσης θραύσεως $\sigma_{\theta\rho}$ και της επιμήκυνσης θραύσεως δ για μεταλλικά υλικά

ΥΛΙΚΟ	Μέτρο ελαστικότητας E (Kg/cm ²)	Τάση θραύσης σε εφελκυσμό (Mpa)	Επιμήκυνση θραύσεως $\delta\%$
Σίδηρος και χάλυβας κάθε είδους	2100000		
Σίδηρος με 10% άνθρακα	2100000	300	44
Σφυρήλατος σίδηρος	2100000	340	35
Χάλυβας με 1% άνθρακα	2100000	1000	8
Χρωμινικελιούχος χάλυβας ανάλογα με την σύνθεση	2100000	600 - 1400	20 - 7
Χάλυβας ελατηρίων βαμμένος	2100000	1700	
Αργίλιο (αλουμίνιο) και κράματά του			
Με βάση το αργίλιο	720000		
Αργίλιο για χυτά κομμάτια			
α. Αμερικάνικο μίγμα		140	1 - 2
β. Γερμανικό μίγμα		160	1 - 5
Αλπακά (13%Si)		180	2 - 3
Ντουραλουμίνιο		400 - 480	20 - 12
Μαγνήσιο και κράματα			
του κάθε είδους	440000		
Ελεκτρών (κράμα μαγνησίου)	440000	160 - 240	16 - 8
Χαλκός	1150000		
α. Μαλακός	1150000	210 - 240	40
β.συρματοποιημένος	1150000	350 - 450	4
Ορείχαλκος κασσιτέρου (κόκκινος)	900000		
Ορείχαλκος κασσιτέρου 6%			
α. Αναπτημένος		400	50
β. Σκληρός		600	10
γ. Σύρματα, ελάσματα ελατηρίων		900	2
Ορείχαλκος ψευδαργύρου (κίτρινος)		300	30
α. Αναπτημένος	800000		15
β. Σκληρός		400 - 450	10
γ. Σύρματα, ελάσματα ελατηρίων		500	
Ψευδάργυρος, με ελάσματα			
Παράλληλα προς τις ίνες		190	18
Ψευδάργυρος, με ελάσματα			
Κάθετα προς τις ίνες		250	15
Χυτοσίδηρος κοινός μηχανοποιίας		120 - 240	
Χυτοχάλυβας μηχανοποιίας		350 - 700	
Φωσφορούχος ορείχαλκος	1210000	200	12

* 1N/mm²=10.2Kg/cm²

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες από τις ιδιότητες των δομικών υλικών αφορούν το Μηχανικό του έργου και ποιες τον παραγωγό των υλικών;
2. Τι ονομάζουμε πορώδες ενός υλικού; Ποια η σχέση πορώδους και υδατοαπορροφητικότητας;
3. Σε ποιο υλικό συμπίπτει το φαινόμενο ειδικό βάρος με το απόλυτο; Πόσο είναι το πορώδες αυτού του υλικού;
4. Προσδιορίστε την απορροφητικότητα ενός υλικού μάζας 600g, εάν γνωρίζετε ότι, μετά από 24 ώρες και σε θερμοκρασία 23°C, αυτό έχει βάρος 1 Kg.
5. Η ελαφρόπετρα επιπλέει στο νερό; Εάν με κάποιο βάρος τη βυθίσουμε για 24 ώρες στο νερό και στη συνέχεια την αφήσουμε, να περιγράψετε πώς θα συμπεριφερθεί. Δικαιολογήστε το.
6. Τι ονομάζουμε υδατοπερατότητα ενός υλικού και πώς τη μετράμε;
7. Πώς προσδιορίζουμε εργαστηριακά την αντοχή σε παγετό ενός υλικού; Με πόσα χρόνια πραγματικής καταπόνησης του έργου ισοδυναμεί η δοκιμή αυτή;
8. Δίνεται μεταλλική ράβδος μήκους 14m εκτεθειμένη σε θερμοκρασία -10°C το βράδυ και 45°C το μεσημέρι. Να προσδιοριστεί ο συντελεστής θερμικής διαστολής του μετάλλου εάν μετρήθηκε το μεσημέρι διαφορά επιμήκυνσης της ράβδου κατά 5 mm.
9. Τι ορίζουμε συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ; Πόσο αυτός επηρεάζεται από το πορώδες και την υγρασία ενός υλικού;
10. Πώς ονομάζουμε τα υλικά που εμποδίζουν τη διάδοση της φωτιάς; Αναφέρετε μερικά από αυτά.
11. Περιγράψτε το νόμο του Hooke. Τι ονομάζουμε όριο ελαστικότητας; Εκφράστε την παραμόρφωση μιας ράβδου (Δε) σε συνάρτηση με το εξωτερικό φορτίο (P) και με την επιφάνειά της (A). Σχεδιάστε τυπικό διάγραμμα (τάσης - παραμόρφωσης) για το χάλυβα.
12. Δοκίμιο σκυροδέματος διαστάσεων (15x15x15) cm θραύεται σε πρέσα με φορτία $P = 600 \text{ KN}$. Να βρεθεί η αντοχή του σε θλίψη.
13. Ξύλινη δοκός 3 m εδράζεται σε δύο παράλληλους τοίχους μιας οικοδομής. Ποια θα είναι η κρίσιμη αντοχή της εάν στο μέσο της βρεθεί εργάτης βάρους 80 kg. (αντοχή σε θλίψη, σε εφελκυσμό ή σε κάμψη);
14. Τι ονομάζουμε αντοχή σε διάτμηση ενός υλικού; Να αναφέρετε στοιχεία των κατασκευών που καταπονούνται σε αυτή.
15. Τι ονομάζουμε συντελεστή ασφαλείας; Σε ποια δομικά στοιχεία είναι κρίσιμη η αντοχή σε σκληρότητα; Ποιο από τα δύο υλικά
α) το γυαλί ή
β) η ασβεστολιθική πέτρα είναι σκληρότερο;
16. Τι ονομάζουμε ελατότητα και τι ολκιμότητα ενός υλικού; Ποια υλικά κυρίως διαθέτουν αυτές τις ιδιότητες;

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Το υπέδαφος αποτελείται από πετρώματα.
Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους χωρίζονται σε
πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωσιγενή.
Από τα πετρώματα προέρχονται οι φυσικοί λίθοι και τα αδρανή υλικά,
που χρησιμοποιούνται στη δόμηση.
Ο αριθμός των ορυκτών πετρωμάτων είναι μεγάλος.
Τα σπουδαιότερα είναι ο χαλαζίας,
οι άστριοι,
ο ασβεστίτης,
η γύψος
και ορυκτά του σιδήρου.

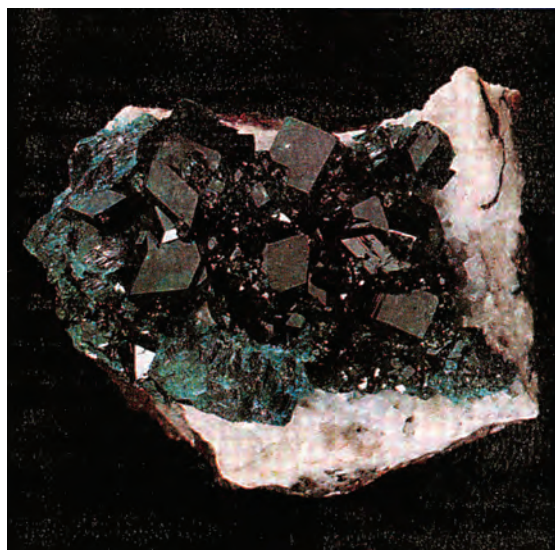
4. ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Ο φλοιός της γης αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή δομικών υλικών ή υλών για την παραγωγή τους. Ο φλοιός αποτελείται από **πετρώματα**. Τα υλικά αυτά είναι ανομοιογενή και αποτελούνται από περισσότερα από ένα υλικά, τα ορυκτά. Τα ορυκτά έχουν καθορισμένη σύσταση και ενιαίες ιδιότητες.

Τα πετρώματα χαρακτηρίζονται με βάση την γεωλογική δημιουργία τους, την εσωτερική μορφολογία τους, τη μικροσκοπική εμφάνισή τους, τον τρόπο διάταξής τους στον φλοιό της γης, και τη χημική τους σύσταση.

Με βάση την εσωτερική τους μορφολογία τα πετρώματα διαιρούνται σε 2 κατηγορίες:

1. Τα κρυσταλλικά (πίνακας 4.1)
2. Τα άμορφα



Σχήμα 4.1 Κρύσταλλοι πετρωμάτων

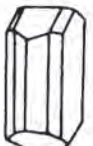
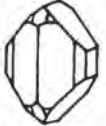
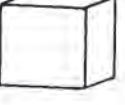
Ο μεγαλύτερος αριθμός των πετρωμάτων κατατάσσεται στην κατηγορία των κρυσταλλικών πετρωμάτων.

Παρ' όλα αυτά, η διαίρεση αυτή δεν καλύπτει όλα τα πετρώματα, δεδομένου ότι ένας μεγάλος αριθμός αυτών δεν έχει πλήρως κρυσταλλικό ιστό, ή αποτελείται από περισσότερα από ένα ορυκτά με διαφορετική εσωτερική μορφολογία.

Με βάση τη σύνθεση και τη γεωλογική τους προέλευση τα πετρώματα χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. Πυριγενή (εκρηξιγενή)
2. Ιζηματογενή (στρωσιγενή)
3. Μεταμορφωσιγενή (κρυσταλλοσχιστώδη)

Πίνακας 4.1. Χαρακτηριστικές μορφές ορυκτών

Κρυσταλλικό Σύστημα	Μερικές χαρακτηριστικές μορφές ορυκτών		
Τρικλινές	 αλβίτης	 δισθενής	 ροδονίτης
Μονοκλινές	 γύψος	 αυγίτης	 ορθόκλαστο
Ορθορομβικό	 θείο	 ολιβίτης	 βαρύτης
Τετραγωνικό	 ρουτίλιο	 χαλκοπυρίτης	 αποφυλλίτης
Εξαγωνικό	 βήρυλλος	 απατίτης	 νεφελίνης
Τριγωνικό	 αβεστίτης	 καλαζίας	 αραγώνιτης
Κυβικό	 γαλνήνης	 μαγνητίτης	 σιδηροπυρίτης

Πίνακας 4.2. Κατάταξη πετρωμάτων

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΠΥΡΙΓΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΕΣ									
Φάσεις κρυσταλλώσεως	Τόπος σχηματισμού	Ιστός και χαρακτηριστικά ορυκτά *	Πετρώματα με περίσσεια πυριτίου σε μορφή χαλαζίου (όξινα)	Πετρώματα με πυρίτιο σε ισοζύγιο (ενδιάμεσα πετρώματα) ή έλλειμμα πυριτίου, δηλαδή χωρίς χαλαζία.					
Μία	Σε μεγάλο βάθος και έκταση: πλουτώνεια πετρώματα και λαγκόλιθοι. Σε διεισδύσεις: φλαβιώδη πετρώματα	Κοκκώδης	Επικρατούν άστριοι καλίου	Επικρατούν πλαγιόκλαστα	Επικρατούν οι άστριοι με Na και K	Επικρατούν πλαγιόκλαστα όξινα βασικά	Άστριοι και αστριοειδή		
			B	Γρανίτες					
			A		Γρανοδιορίτες	Συηνίτες	Διορίτες		Συηνίτης Νεφελινικός
			P					Γάβροι	
			O					Τροκτολίτης	
Δύο		Οφειτικός						Δολερίτες	
			B	Μικρογρανίτες					
			A		Μικρογρανοδιορίτες	Μικροσυηνίτες	Μικροδιορίτες		Μικρογάβροι
			P						
			O						
	Στην επιφάνεια : Ηφαιστίτες	Μικρολιθικός	B	Ρυόλιθοι					
			A		Δακίτες	Τραχείτες	Ανδεσίτες		Λαβραδορίτες
			P						Φωνόλιθοι
			O					Βασάλτες	
			Υαλώδης		Οψιδιάνος		Ταχύλιθοι		
Μία									

*) B: Βιοσίτης, A: Αμφιβολοι, P: Πυρόξενοι, O: Ολιβίνης

4.1. Πυριγενή πετρώματα

Πυριγενή ονομάζονται τα πετρώματα που σχηματίσθηκαν από την στερεοποίηση του διάπυρου μάγματος, της διάπυρης δηλαδή τηγμένης μάζας, που βρισκόταν στο εσωτερικό της γης. Οι ιδιότητες αυτών των πετρωμάτων έχουν σχέση με τις συνθήκες κάτω από τις οποίες έγινε η ψύξη και η στερεοποίησή τους (πίνακας 4.2).

Κατά κανόνα τα πυριγενή είναι πολύ σκληρά και ομοιογενή πετρώματα και αποτελούν το 95% του στερεού φλοιού της γης. Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους διακρίνονται σε: πλουτώνεια, φλεβώδη και ηφαιστειογενή.

4.1.1. Πλουτώνεια

Πλουτώνεια είναι τα πετρώματα που στερεοποιήθηκαν με αργή και ομοιόμορφη ψύξη σε μεγάλο βάθος στο εσωτερικό του φλοιού της γης, δημιουργώντας κρυστάλλους, σχετικά μεγάλου μεγέθους. Γι' αυτό το λόγο έχουν συμπαγή και κοκκώδη ιστό, μεγάλο φαινόμενο ειδικό βάρος, μεγάλη θλιπτική αντοχή, αντοχή στον παγετό και μικρή υδατοαπορροφητικότητα.

Αυτά είναι ο γρανίτης, ο συηνίτης, ο διορίτης κ.ά.

4.1.2. Φλεβώδη

Φλεβώδη είναι τα πετρώματα που στερεοποιήθηκαν γρήγορα και σε μικρό βάθος από την επιφάνεια της γης, δημιουργώντας μικρότερου μεγέθους κρυστάλλους.

Αυτά είναι ο πορφυρίτης, πηγματίτης κ.ά.

4.1.3. Ηφαιστειογενή

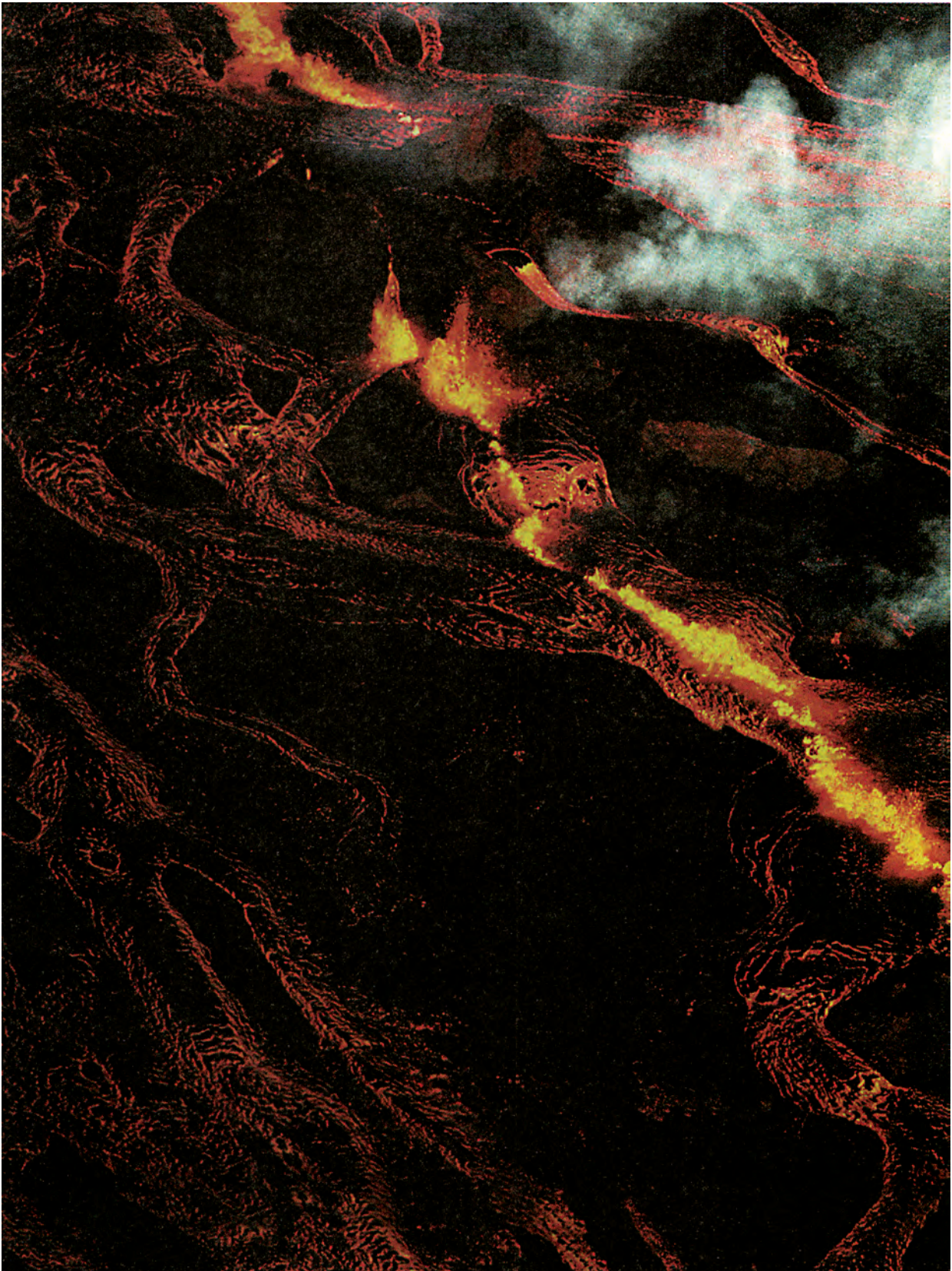
Ηφαιστειογενή είναι τα πετρώματα που στερεοποιήθηκαν γρήγορα στην επιφάνεια της γης, δημιουργώντας πολύ μικρούς κρυστάλλους, ή άμορφη μάζα συμπαγούς ή κυψελωτής μορφής (Σχήματα 4.2, 4.3, 4.4, 4.5). Αυτά είναι η κίσσηρη, ο βασάλτης, ο τραχείτης κ.ά. Ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε πυρίτιο (SiO_2), τα πυριγενή πετρώματα διακρίνονται σε όξινα ($\text{SiO}_2 > 65\%$), μέσα ($55\% < \text{SiO}_2 < 65\%$) και βασικά ($\text{SiO}_2 < 55\%$). Η κατάταξη των πυριγενών πετρωμάτων βάσει της κρυσταλλικής δομής και της περιεκτικότητας σε πυρίτιο (SiO_2) είναι πολύ χρήσιμη, διότι ο συνδυασμός όξινου χαρακτήρα και μικροκρυσταλλικής ή άμορφης δομής είναι αυτός που καθορίζει αν κατηγορίες λίθινων προϊόντων, όπως για παράδειγμα ορισμένα από τα αδρανή του σκυροδέματος, είναι τρωτά στην αλκαλικότητα του σκυροδέματος.

4.2. Ιζηματογενή πετρώματα

Ιζηματογενή πετρώματα ονομάζονται τα δευτερογενή πετρώματα που προέρχονται από τη διάλυση, διάβρωση, μεταφορά και επανασχηματισμό από προϋπάρχοντα πετρώματα.

Τα ιζηματογενή πετρώματα αποτελούν το 5% του στερεού φλοιού της γης, και παρουσιάζουν συνήθως διάταξη κατά στρώσεις (στρωσιγενή πετρώματα). Τα ιζηματογενή πετρώματα σχηματίσθηκαν:

- ως χημικά ιζήματα, με καθίζηση και απόθεση ασβεστούχων, πυριτικών και άλλων διαλυμάτων στον πυθμένα των θαλασσών και των λιμνών. Αυτά είναι ο γύψος, ο ανυδρίτης κ.ά.
- ως οργανογενή ή βιογενή ιζήματα, με καθίζηση και απόθεση προϊόντων της βιολογικής λειτουργίας του ζωικού και φυτικού κόσμου. Αυτά είναι ο ασβεστόλιθος, ο δολομίτης κ.ά.
- ως μηχανικά ιζήματα, με μεταφορά από τη διαβρωτική δράση του ανέμου, του νερού ή των παγετώνων και διαφόρων αποθέσεων.



Σχήμα 4.2 Ροή λάβας



Σχήμα 4.3 Ηφαιστειακά πετρώματα



Σχήμα 4.4 Διαβρωμένο πυριγενές πέτρωμα στη Μήλο

Ανάλογα με τη συγκολλητική ουσία (πυρίτια, οξείδιο του σιδήρου, άργιλος, ανθρακικό ασβέστιο) τα μηχανικά ιζημάτα διακρίνονται σε συμπαγή, θραυσματογενή (ψαμμίτης, αργιλικός σχιστόλιθος κ.ά.) και χαλαρά (άμμος, άργιλος, ηφαιστειακές γαίες κ.ά.).

4.3. Μεταμορφωσιγενή πετρώματα.

Τα **μεταμορφωσιγενή** πετρώματα είναι τα προϊόντα ολικής ή μερικής μεταμόρφωσης παλαιότερων πυριγενών ή ιζηματογενών πετρωμάτων κάτω από την επίδραση υψηλών πιέσεων, θερμοκρασίας, χημικής δράσης υγρών και αερίων, κ.ά.

Τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν σχιστότητα ανάλογη των ιζηματογενών πετρωμάτων (σχίστης, φυλλίτης) και κρυσταλλικό ιστό ανάλογο των πυριγενών πετρωμάτων (γνεύσιος, μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος κ.ά.).

Τα σημαντικότερα πετρώματα με τα βασικά χαρακτηριστικά τους δίνονται στον πίνακα 4.3.



Σχήμα 4.5 Σχηματισμός πετρώματος στη Μήλο

Πίνακας 4.3. Μέσες τιμές βασικών χαρακτηριστικών των κυριοτέρων πετρωμάτων

Πέτρωμα	Πυκνότητα (kg / m ³)	Υδαταπορρο- φητικότητα (% κ.β.)	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Ανθεκτικότητα σε διάρκεια
ΠΥΡΙΓΕΝΗ				
- Γρανίτης	2650	0.3	150	Καλή
- Πορφυρίτης	2700	0.5	250	Καλή
- Βασάλτης	3000	0.2	320	Καλή
ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗ				
- Ασβεστόλιθος	2650	0.9	100	Μέτρια
- Δολομίτης	2700	1.1	140	Μέτρια
- Αργιλικός Σχιστόλιθος	2750	0.5	150	Πτωχή
- Ψαμμίτης	2600	2.0	100	Μέτρια
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΙΓΕΝΗ				
- Σχιστής	2850	0.4	200	Καλή
- Χαλαζίτης	2700	0.3	210	Καλή
- Μάρμαρα	2650	0.2	120	Καλή
- Σερπεντίτης	2650	0.6	200	Μέτρια

4.4. Ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων.

Τα πετρώματα είναι ανομοιογενή υλικά, που αποτελούνται από ένα ή περισσότερα **ορυκτά**. Οι φυσικές, μηχανικές και χημικές ιδιότητες των ορυκτών προσδιορίζουν τις ιδιότητες των πετρωμάτων.

Ένας μικρός αριθμός ορυκτών είναι αυτός που συνθέτει το μεγαλύτερο μέρος των πετρωμάτων. Τα κυριότερα ορυκτά είναι:

ΧΑΛΑΖΙΑΣ: ο χαλαζίας από χημική άποψη είναι οξείδιο του πυριτίου (SiO₂) και είναι ευρύτατα διαδεδομένος στο στερεό φλοιό της γης είτε ως καθαρό ορυκτό είτε ως συστατικό πολυμερών πετρωμάτων. Έχει μεγάλη αντοχή σε θλίψη και στις συνηθισμένες θερμοκρασίες είναι αδρανής.

ΑΣΤΡΙΟΙ: οι άστριοι είναι αργιλοπυριτικά άλατα του νατρίου του καλίου ή του ασβεστίου. Οι άστριοι κατά την έκθεσή τους στις ατμοσφαιρικές συνθήκες (υγρασία, διοξείδιο του άνθρακα) αποσυντίθενται. Το κυριότερο προϊόν της αποσύνθεσης είναι ο καολινίτης, που αποτελεί και το βασικό συστατικό των αργίλων (πηλών).

ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΕΣ: οι μαρμαρυγίες είναι ένυδρα αργιλοπυριτικά άλατα με πολύπλοκη σύνθεση. Σχίζονται εύκολα σε λεπτά και ελαστικά φύλλα με μικρή σκληρότητα.

ΣΙΔΗΡΟΜΑΓΝΗΣΙΑΚΑ ΟΡΥΚΤΑ: στην ομάδα αυτή των ορυκτών ανήκουν πολύπλοκα πυριτικά άλατα του μαγνησίου και του σιδήρου, όπως οι πυρόξενοι, οι αμφίβολοι και ο ολιβίνης. Έχουν υψηλή αντοχή εκτός του ολιβίνη ο οποίος διαβρώνεται δημιουργώντας τον σερπενίτη, ποικιλία του οποίου είναι ο αμιάντος με τον χαρακτηριστικό ινώδη και ισχυρό ιστό.

ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ: ο ασβεστίτης είναι από τα κύρια συστατικά του στερεού φλοιού της γης. Διαλύεται ελαφρά στο νερό και προσβάλλεται από τα οξέα.

ΓΥΨΟΣ: Η γύψος είναι μαλακό λευκό ορυκτό. Το αλάβαστρο είναι μια μικροκρυσταλλική μορφή γύψου.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται τα πετρώματα
 - α) ανάλογα με την εσωτερική τους μορφολογία και
 - β) ανάλογα με τη γεωλογική τους προέλευση;
2. Για ποιους λόγους μπορεί να διαφοροποιηθούν οι ιδιότητες των πετρωμάτων;
3. Ποια είναι τα κυριότερα ορυκτά που συνθέτουν τα πετρώματα; Ποιο απ' αυτά έχει τη μεγαλύτερη αντοχή;
4. Ποια είναι τα νεότερα πετρώματα από πλευράς γεωλογικής δημιουργίας τους;
5. Από ποια πετρώματα προέρχονται οι φυσικοί λίθοι;

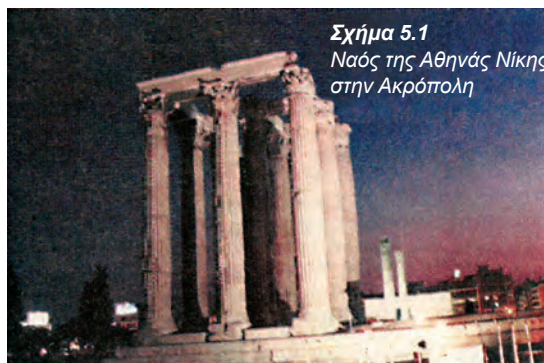
ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

Οι φυσικοί λίθοι προέρχονται κυρίως
από τα πυριγενή πετρώματα και έχουν ωραία αισθητική.
Αφού υποστούν διάφορες επεξεργασίες,
χρησιμοποιούνται στη μορφή
στην οποία τα βλέπουμε γύρω μας
(μάρμαρα, πέτρες, γρανίτες κ.ά.).
Έχουν συμβατότητα με τον ασβέστη
το τσιμέντο και τα προϊόντα του.
Λόγω των σταδίων επεξεργασίας που υφίστανται
έχουν σχετικά υψηλό κόστος.

5. ΦΥΣΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

Προϊόντα θραύσεως πετρωμάτων αποτελούν τους **φυσικούς λίθους**. Οι φυσικοί λίθοι είναι στερεά σώματα διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων. Το σχήμα τους μπορεί να είναι κανονικό ή ακανόνιστο. Είναι σώματα ανομοιογενή (δεν παρουσιάζουν την ίδια χημική ή ορυκτολογική σύνθεση) και δεν είναι συμπαγή όπως τα μέταλλα και το γυαλί. Βασικό χαρακτηριστικό των λίθων είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής τους, που οφείλεται στον τρόπο δημιουργίας τους.

Για να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα τεχνικά έργα είναι απαραίτητη η κατεργασία τους. Ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίον προορίζονται και ανάλογα με την κατεργασία τους, οι φυσικοί λίθοι διακρίνονται σε αργούς, ημιλαξευτούς, λαξευτούς, ογκόλιθους και πλάκες.



Σχήμα 5.1
Ναός της Αθηνάς Νίκης
στην Ακρόπολη



Σχήμα 5.2 Πύργος στη Μάνη



Σχήμα 5.3 Πέτρινο κτίριο στην περιοχή St. James Park του Λονδίνου

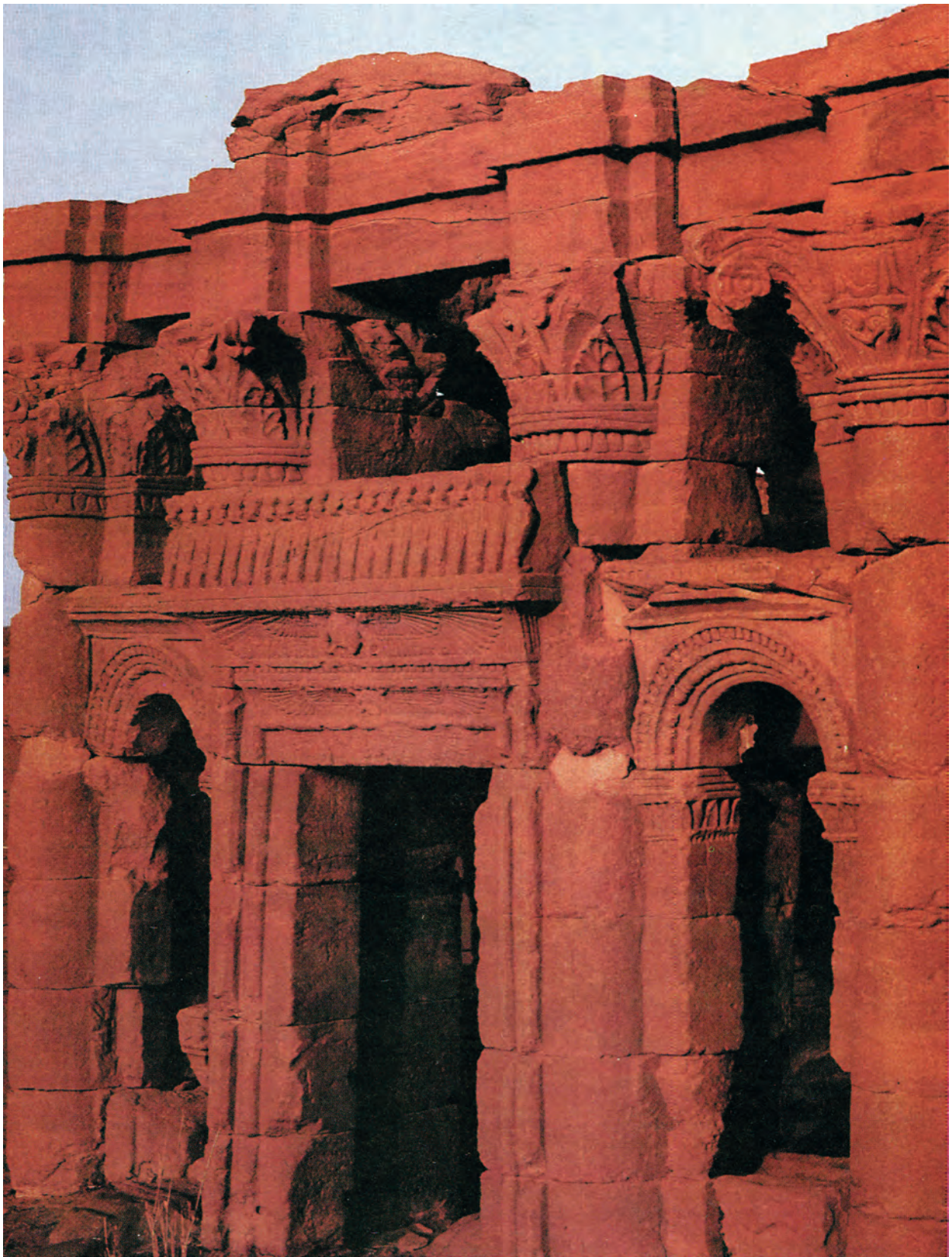
Οι φυσικοί λίθοι είναι από τα αρχαιότερα δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο σε πολλές περιόδους της ιστορίας του (στην προϊστορική περίοδο, στην περίοδο του πολιτισμού της αρχαίας Ελλάδας, της Ρώμης, της Αιγύπτου, στον Μεσαίωνα, στην Αναγέννηση μέχρι και στη Βιομηχανική μας εποχή). Στη σύγχρονη εποχή με την πρόοδο της τεχνολογίας και την εκτεταμένη χρήση του οπλισμένου σκυροδέματος, των μετάλλων και των οπτοπλίνθων, οι φυσικοί λίθοι αποτελούν χρησιμοποιούμενα δομικά υλικά για δόμηση μόνο σε περιοχές όπου αφθονούν, ή για λόγους αισθητικής στη διακόσμηση.

Σε αντίθεση με τη μείωση της χρήσης των φυσικών λίθων, τα λίθινα προϊόντα που είναι θραύσματα μικρότερων διαστάσεων, αποτελούν πολύτιμη και αναντικατάστατη πρώτη ύλη για την παρασκευή κονιαμάτων και σκυροδέματος.

Οι φυσικοί λίθοι προέρχονται με εξόρυξη από επιλεγ-



Σχήμα 5.4 Πέτρινο σπίτι στη Σύρο



Σχήμα 5.5 Ο Ναός του Λιονταριού στην Αίγυπτο

μένους κεκλιμένους χώρους, τα λατομεία. Η εργασία αυτή γίνεται με εκρηκτικές ύλες ή μηχανικά μέσα. Ανάλογα με τη χρήση του πετρώματος, είναι απαραίτητη σε μικρό ή μεγάλο βαθμό η επεξεργασία τους. Τα στάδια επεξεργασίας είναι η λάξευση, η λείανση και η στίλβωση της πέτρας.

5.1. Είδη λίθων

5.1.1. Αργοί λίθοι

Αργοί ονομάζονται οι λίθοι που χρησιμοποιούνται ακατέργαστοι, δηλαδή όπως παράγονται στα λατομεία, ή με μικρή μόνο κατεργασία κατά την τοποθέτησή τους για την καλύτερη προσαρμογή τους στις κατασκευές.

5.1.2. Ημιλαξευτοί λίθοι

Οι **ημιλαξευτοί** λίθοι έχουν υποστεί κατεργασία μόνο στις επιφάνειες που είναι ορατές μετά την ολοκλήρωση της δόμησής τους (όψεις λιθοδομών) (σχήμα 5.6).

5.1.3. Λαξευτοί λίθοι

Οι **λαξευτοί** λίθοι έχουν υποστεί επιμελημένη κατεργασία του σχήματος και των επιφανειών τους.

Έχουν χρησιμοποιηθεί ευρύτατα σε μνημειακές κατασκευές και σε κατασκευές όπου για λόγους αισθητικής οι λιθοδομές δεν καλύπτονται από επίχρισμα.

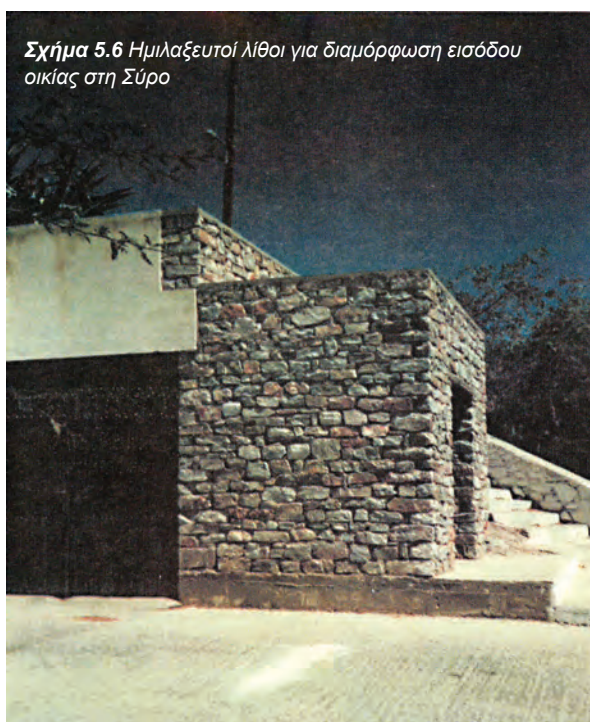
5.1.4. Ογκόλιθοι

Οι **ογκόλιθοι** είναι αρκετά μεγάλου μεγέθους με διαστάσεις μεγαλύτερες από 50 cm. Χρησιμοποιούνται κυρίως για λιθορριπές σε λιμενικά έργα και είναι τελείως ακατάλληλοι για δόμηση (σχήμα 5.7).

5.1.5. Πλάκες

Πλάκες χαρακτηρίζονται οι φυσικοί λίθοι των οποίων οι διαστάσεις είναι πολύ μεγαλύτερες από το πάχος τους (σχιστόλιθοι, μάρμαρα κ.ά.).

Τις πλάκες τις χρησιμοποιούσαν για στεγασείς κτηρίων, επιστρώσεις δρόμων κ.ά. Σήμερα η χρήση τους έχει διακοσμητικό χαρακτήρα. Χρησιμοποιούνται για επίστρωση δαπέδων, επενδύσεις τοίχων κ.ά.



Σχήμα 5.6 Ημιλαξευτοί λίθοι για διαμόρφωση εισόδου οικίας στη Σύρο



Σχήμα 5.7 Ογκόλιθοι

Η προέλευσή τους είναι από ιζηματογενή ή μεταμορφωσιγενή πετρώματα και ανάλογα με τη χρήση τους, υπόκεινται σε διάφορα στάδια κατεργασίας.

5.2. Κατηγορίες φυσικών λίθων

Οι κατηγορίες των φυσικών λίθων είναι αντίστοιχες με αυτές των πετρωμάτων. Από δομική άποψη χωρίζονται σε **στρωτούς** και **άστρωτους**.

Ο διαχωρισμός αυτός έγινε λόγω της μη απαραίτητης γνώσης για την προέλευσή τους. Αυτό όμως που μας ενδιαφέρει είναι η σύστασή τους, η διάταξη του ιστού και η μηχανική αντοχή τους.

Οι άστρωτοι λίθοι προέρχονται κυρίως από πυριγενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα και λιγότερο από ιζηματογενή ή στρωσιγενή πετρώματα.

Τα σπουδαιότερα πυριγενή πετρώματα απ' όπου παράγουμε κατάλληλα δομικά υλικά είναι: (α) ο γρανίτης, (β) ο οφίτης, (γ) η κίσσηρη και (δ) οι ασβεστόλιθοι.



Σχήμα 5.8 Πλάκες Καρύστου

5.2.1. Ο Γρανίτης



Σχήμα 5.9 Είδη γρανιτών

Ο **γρανίτης** αποτελείται από τρία ορυκτά: τον χαλαζία, το άστριο και τη μαρμαρυγία. Οι αναλογίες των ορυκτών ποικίλλουν στα διάφορα είδη γρανιτών με αποτέλεσμα να διαφέρει η ποιότητά τους.

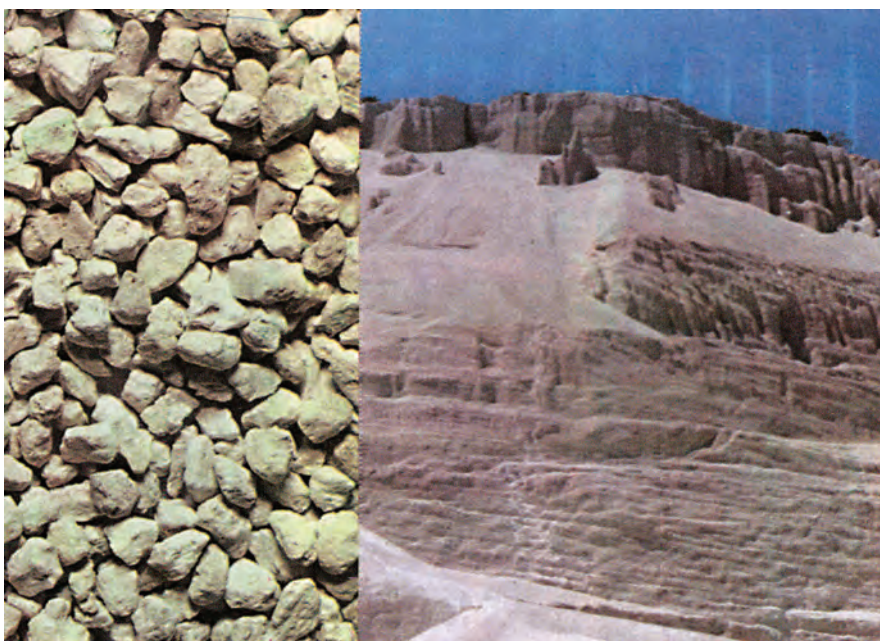
Η κατανομή των ορυκτών μέσα στη μάζα του είναι ομοιόμορφη και ο ιστός του παρουσιάζει μεγάλη ομοιογένεια. Είναι πέτρωμα σκληρό με μεγάλη μηχανική αντοχή και διάρκεια ζωής. Ο γρανίτης λειαίνεται και στιλβώνεται εύκολα παρουσιάζοντας στιλπνή επιφάνεια.

5.2.2. Ο οφίτης ή σερπαντίτης

Ο **οφίτης** αποτελείται από διάφορα ορυκτά. Ο ιστός του είναι συμπαγής και διασχίζεται από οφιοειδείς φλέβες από τις οποίες πήρε και το όνομά του. Έχει πράσινο χρώμα και ονομάζεται πράσινο μάρμαρο αν και δεν έχει σχέση με τα μάρμαρα ασβεστολιθικής προέλευσης. Η κατεργασία του είναι εύκολη. Το μοναδικό πρόβλημά του είναι η μικρή πρόσφυση με τα κονιάματα.

5.2.3. Η κίσσηρη

Η **κίσσηρη** (ελαφρόπετρα) προήλθε από την απότομη ψύξη και διαφυγή ατμών από τη μάζα λιωμένου τραχειτικού μάγματος, που είναι ένα πολύ σκληρό ηφαιστιογενές πέτρωμα. Έτσι δημιουργήθηκε ένα υλικό με αφρώδη ιστό, μικρό φαινόμενο βάρος (επιπλέει στο νερό) και μεγάλη σκληρότητα. Δεν απαιτεί καμιά κατεργασία και είναι ιδεώδες για κατασκευή κισσηρόλιθων ελαφρών σκυροδεμάτων και για τη θερμομόνωση ταρατσών.

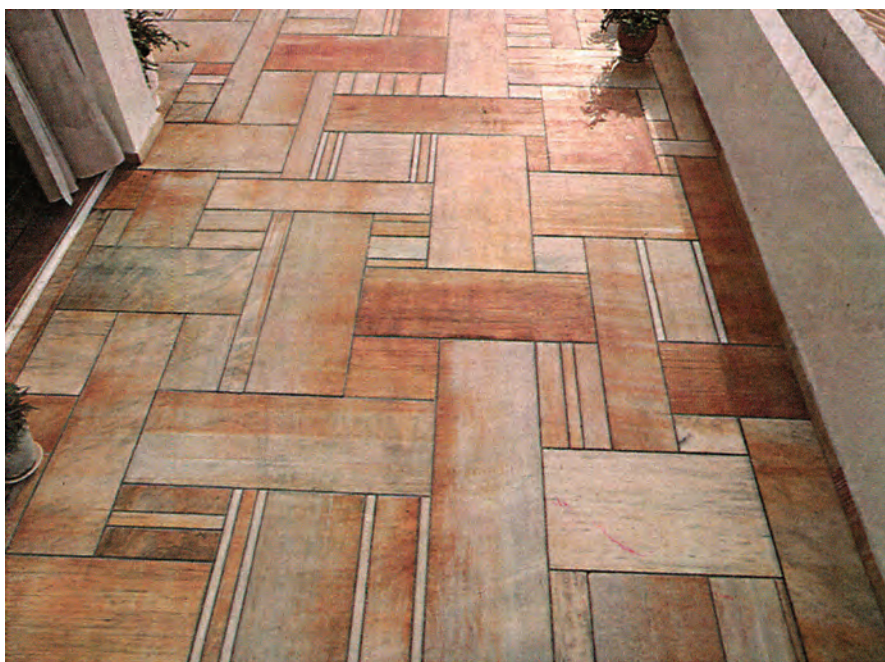


Σχήμα 5.10 Κίσσηρης

5.2.4. Οι ασβεστόλιθοι

Οι **ασβεστόλιθοι** είναι τα πιο διαδεδομένα πετρώματα στην Ελλάδα και συναντώνται σε τεράστιους όγκους. Τα κυριότερα συστατικά τους είναι το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) κατά 75% και το υπόλοιπο 25% αποτελείται από ανθρακικό μαγνήσιο (MgCO_3), οξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και οξείδιο του αργίλου (Al_2O_3).

Οι ασβεστόλιθοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανεξάρτητα από την προέλευσή τους και τον τρόπο δημιουργίας τους: α) τους πορώδεις και β) τους συμπαγείς.



Σχήμα 5.11 Επίστρωση δαπέδου με μάρμαρα

5.2.4.1. Πορώδεις ασβεστόλιθοι

Οι **πορώδεις** ασβεστόλιθοι έχουν κενά στη μάζα τους. Έχουν εύκολη κατεργασία, παρουσιάζοντας εξαιρετική επιφανειακή υφή. Κόβονται σε πλάκες 2-5cm και παρουσιάζουν σημαντική θερμομονωτική ικανότητα.

5.2.4.2. Συμπαγείς ασβεστόλιθοι

Οι **συμπαγείς** ασβεστόλιθοι έχουν λιγότερα κενά στη δομή τους και είναι αρκετά δυσκολότεροι στην επεξεργασία τους. Έχουν ποικίλους χρωματισμούς που οφείλονται στην ύπαρξη προσμίξεων από οξειδία. Οι καθαροί ασβεστόλιθοι είναι λευκοί. Οι υπόλοιποι έχουν διάφορους χρωματισμούς.

Χρησιμοποιούνται για διακοσμητικούς λόγους σε επενδύσεις τοίχων. Παραμένουν δε αναντικατάστατοι στην παρασκευή αδρανών υλικών, κονιαμάτων και σκυροδεμάτων.

Η άμμος και τα σκύρα αποτελούν το βασικό υλικό που, σε συνδυασμό με το τσιμέντο ή τα ασφαλικά, δημιουργούν διάφορα κονιάματα και σκυροδέματα.

Τέλος, οι συμπαγείς ασβεστόλιθοι έχουν μεγάλη χρήση στην παραγωγή ασβέστου και τσιμέντου.

5.2.4.3. Μάρμαρα

Τα **μάρμαρα** είναι μια κατηγορία ασβεστολίθων (πίνακας 5.1) που υπέστησαν μερική ή ολική κρυστάλλωση λόγω της επίδρασης εξωτερικών παραγόντων. Ορισμένοι γεωλόγοι τα κατατάσσουν στην κατηγορία των μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων, ωστόσο οι ιδιότητές τους είναι όμοιες με αυτές των ασβεστολίθων.

Η μάζα των μαρμάρων διασχίζεται συνήθως από φλέβες διαφόρων χρωμάτων και σχημάτων.

Το μάρμαρο παρουσιάζει επιφάνεια εξαιρετικά διακοσμητική και είναι ένα από τα πολυτιμότερα δομικά υλικά. Λαξεύεται εύκολα και είναι ένα εξαιρετικό υλικό για την δημιουργία έργων τέχνης.

Όσο λεπτότερους κόκκους και καθαρότερα συστατικά έχει, τόσο καλύτερης ποιότητας είναι.

Τα μάρμαρα δεν αντέχουν στη φωτιά και στη βιομηχανική ατμοσφαιρική ρύπανση του περιβάλλοντος, γιατί επηρεάζονται από τα οξέα και ασβεστοποιούνται επιφανειακά.

Δυσμενές παράδειγμα είναι η καταστροφή των μαρμάρων της Ακρόπολης λόγω της υπερβολικής αέριας ρύπανσης στην πόλη των Αθηνών.

Το μάρμαρο αντέχει στους εξωτερικούς παράγοντες (το ψύχος, τη θερμότητα, την υγρασία κ.ά.). Σε όλες τις περιοχές της Ελλάδος υπάρχουν μάρμαρα εξαιρετικής ποιότητας (πίνακας 5.1).

Πίνακας 5.1. Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες ελληνικών μαρμάρων

Τύπος μαρμάρου	Πυκνότητα (kg/m ³)	Υδατοαπορροφητικότητα (% κ.β.)	Θλιπτική αντοχή (MPa)	Εφελκυστική αντοχή από κάμψη (MPa)	Αντοχή σε απότριψη (mm)
Πεντέλης λευκό	2710	0.06	109	26	4.33
Θάσου χιονόλευκο	2880	0.68	99	19	5.66
Βέροιας λευκό	2720	0.02	99	21	6.94
Αγίας Μαρίνας ημίλευκο	2710	0.12	86	16	5.58
Καβάλας κρυστάλλινο	2730	0.05	73	13	6.96
Πάρου ημίλευκο	2770	0.14	91	18	6.14
Πράσινο Τήνου	2670	0.48	128	34	3.21
Ιωαννίνων μπεζ	2685	0.29	154	38	3.00
Μυκηνών	2710	0.12	96	14	4.25
Καρναζέικων	2710	0.26	98	14	3.22
Ερέτριας κόκκινο	2685	0.28	111	14	3.93
Rosso antico Μάνης	2710	0.13	128	32	7.47

Τα μάρμαρα διακρίνονται από τον τόπο προέλευσής τους, και τα γνωστότερα είναι τα εξής:

Λευκά: Διονύσου (Πεντελικό), Θάσου, Δράμας.

Ημίλευκα: Πάρου, Καβάλας, Βέροιας, Τήνου.

Γκρι: Αγ. Μαρίνας, Μαραθώνα, Αλιβερίου.

Μπεζ: Ιωαννίνων, Καρναζέικων, Δομβραίνης, Μεσολογγίου, Ναυπλίου.

Πράσινο: Τήνου, Ευβοίας, Νάουσας.

Κόκκινο: Μάνης, Ερμιόνης, Κοζάνης, Ερέτριας.

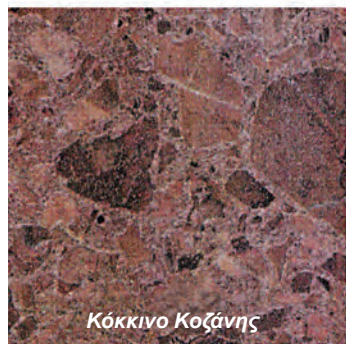
Ροζ: Χαλκιδικής, Βόλου, Μακεδονίας.

Καφέ: Αράχωβας, Αργολίδος, Δομβραίνης.

Μαύρο: Βυτίνας, Βόλου, Τριπόλεως, Λιβαδειάς.

Πεντελικό μάρμαρο: περίφημο και γνωστό από την αρχαιότητα. Είναι λευκό και διασχίζεται από πρασινίζουσες και γκριζες γραμμές λόγω των οξειδίων του σιδήρου που περιέχει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλο τον κόσμο.

Τα κυριότερα λατομεία βρίσκονται



στον Διόνυσο γι' αυτό αναφέρεται ως μάρμαρο Διονύσου.

Μάρμαρο της Πάρου: Ημίλευκο μάρμαρο αποκλειστικά από ανθρακικό ασβέστιο, ημιδιαφανές σε πάχος μέχρι λίγα εκατοστά. Χρησιμοποιήθηκε πολύ κατά την αρχαιότητα για αγάλματα όπως ο Ερμής του Πραξιτέλους.

Μάρμαρο Δομβραίνης: Το χρώμα του είναι μπεζ μέχρι καφέ με νερά ανοικτότερου χρώματος.

Μάρμαρο Μάνης: Πολύ καλής ποιότητας. Είναι βαθύ κόκκινο (Ταινάρου) και μαύρο της (Μάνης).

Το μάρμαρο της Τήνου, είναι οφιτικής προέλευσης αλλά στο εμπόριο φέρεται ως μάρμαρο.

Σχήμα 5.12 Είδη μαρμάρων από διάφορες περιοχές της Ελλάδας.

5.3. Στρωτοί λίθοι



Σχήμα 5.13 Πεταλόσχημος
ανεμόμυλος από στρωτούς
λίθους στη Σίφνο

Οι **στρωτοί λίθοι** ή σχιστόλιθοι προέρχονται είτε από πυριγενή είτε από υδατογενή πετρώματα. Διακρίνονται από τη σαφή στρωματική διάταξη των μορίων τους. Τα χαρακτηριστικά των σχιστόλιθων είναι η κατά στρώσεις διάταξή τους και η δημιουργία επιφανειών σχισμού. Αποσχίζονται εύκολα σε λεπτές πλάκες μέχρι 0.5cm. Συνήθως οι πλάκες έχουν πάχος από 3 - 5 cm. Το χρώμα τους είναι στις αποχρώσεις του γκρι, μαύρου και καστανοκόκκινου. Έχουν μεγάλη αντοχή σε θλίψη και σε υψηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα για την επίστρωση αυλών. Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν για τη στέγαση οικιών σε περιοχές όπου βρισκόντουσαν σε αφθονία. Ανάλογα με τη σύστασή τους διακρίνονται σε αργιλικούς, ασβεστομαρμαρυγιακούς και ασβεστολιθικούς. Οι πλέον διαδεδομένοι είναι οι αργιλικοί, οι οποίοι στην Ελλάδα συναντώνται στην Ήπειρο, Εύβοια, Αμοργό, Πάρο και στο Πήλιο.

5.4. Χρήσεις και προστασία των φυσικών λίθων

Ο βαθμός επεξεργασίας και οι ιδιότητες των πετρωμάτων καθορίζουν μια ευρεία κλίμακα εφαρμογών τους ως δομικών υλικών.

Η χρήση των πετρωμάτων γίνεται σε επενδύσεις εξωτερικών και εσωτερικών τοίχων και δαπέδων λόγω της μεγάλης αντοχής τους.

Η στερέωση των πλακών γίνεται με κατάλληλα κονιάματα. Στα υδατοαπορροφητικά πετρώματα χρησιμοποιούνται υδατοπερατά κονιάματα έτσι ώστε να αποβάλλεται το νερό που θα οδηγούσε σε αποσάθρωση. Στους συμπαγείς λίθους ενδείκνυται η χρήση ισχυρών τσιμεντοκονιαμάτων.

Η επιλογή των πετρωμάτων, των κονιαμάτων και των στηριγμάτων (ορθομαρμάρωση) πρέπει να γίνεται προσεκτικά ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση τους.

Μετά την τοποθέτησή τους οι φυσικοί λίθοι πρέπει να συντηρούνται περιοδικά. Η συντήρηση περιλαμβάνει τακτικό καθαρισμό, απομάκρυνση των λιμναζόντων νερών και επικάλυψη των λίθων με διάφορα βερνίκια και ρητίνες (βλέπε χρώματα - βερνίκια).

5.5. Ποιοτικός έλεγχος

5.5.1. Αντοχή λίθων στον παγετό

Για τον έλεγχο των λίθων χρησιμοποιούμε κυβικά δοκίμια που ξηραίνονται και ζυγίζονται. Μετά βυθίζονται στο νερό για 24 ώρες. Κατόπιν ψύχονται και αποψύχονται σε θερμοκρασίες -15 έως -17 °C και κατόπιν επαναθερμαίνονται στους 15 °C για 40 φορές.

Στη συνέχεια ξηραίνονται, αφαιρούνται τα σαθρά τμήματα και ζυγίζονται ξανά. Η απώλεια του βάρους διά του αρχικού βάρους δίνει το ποσοστό απώλειας.

5.5.2. Αντοχή σε θλίψη

Αποκόπτονται δοκίμια 7x7x7 cm³ ή Φ75 mm κυλινδρικά με ύψος 75mm από τον λίθο και τοποθετούνται σε μηχανή θλίψης. Το φορτίο θραύσης (*P*) διά της επιφανείας (*A*) προσδιορίζει την τάση θλίψης (πίνακας 5.2).

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Πίνακας 5.2. Στατική αντοχή φυσικών λίθων σε θλίψη

ΕΙΔΟΣ ΛΙΘΟΥ	σ_B (MPa)
Γρανίτης	80 - 270
Συηνίτης	150 - 200
Βασάλτης	100 - 580
Ψαμμόλιθος	15 - 270
Μάρμαρο	40 - 280
Ασβεστόλιθος	25 - 190

5.5.3. Αντοχή σε πύρωση

Η ικανότητα των λίθων να ανθίστανται στις υψηλές θερμοκρασίες προσδιορίζεται με βύθιση δοκιμίων σε νερό θερμοκρασίας 20 °C, που έχουν προθερμανθεί σε φούρνο στους 350 °C. Παρατηρούμε εάν στα δοκίμια εμφανίζονται ρηγματώσεις.

5.5.4. Αντοχή σε κάμψη

Πρακτικά οι λίθοι δεν καταπονούνται σε κάμψη.

5.5.5. Αντοχή σε κρούση

Συνήθως γίνεται με το εκκρεμές του Cherty. Παρασκευάζονται κυλινδρικά δοκίμια διαμέτρου 2.5cm και ύψους 25cm. Το μέτρο αντοχής των λίθων στην κρούση είναι το ύψος σε εκατοστά, από το οποίο εάν πέσει βάρος 2 Kg θα προκαλέσει θραύση του δοκιμίου (συνήθως το ύψος $h > 8.0$ cm).

5.5.6. Χρώμα (σταθερότητα)

Κυρίως ελέγχουμε τους έγχρωμους λίθους που προορίζονται για επενδύσεις. Τοποθετούνται δοκίμια σε αεροστεγώς κλεισμένα δοχεία με παρουσία αλάτων νιτρικού ή άλλου οξέος. Τα δοκίμια παραμένουν για 7 εβδομάδες μέσα στο δοχείο και αφού πλυθούν σημειώνονται οι μεταβολές στο χρώμα, που έγιναν από τη δοκιμή.

5.5.7. Εργάσιμο του λίθου

Οι πολύ σκληροί λίθοι είναι ακατέργαστοι και δεν χρησιμοποιούνται στα τεχνικά έργα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από ποια πετρώματα προέρχονται οι πλάκες και πού κυρίως χρησιμοποιούνται;
2. Ποια η διαφορά μεταξύ αργών, ημιλαξευτών και λαξευτών λίθων;
3. Ποια είναι τα σπουδαιότερα πετρώματα για την παραγωγή δομικών υλικών και ποια τα χαρακτηριστικά σχετικά με την επεξεργασία τους;
4. Ποιο είναι το πιο διαδεδομένο πέτρωμα για την παραγωγή λίθων στην Ελλάδα και σε ποιες μορφές το συναντάμε;
5. Αναφέρατε τα γνωστότερα ελληνικά μάρμαρα. Ποιοι είναι οι λόγοι της μεγάλης χρήσης τους.
6. Οι πολύ σκληροί λίθοι είναι κατάλληλοι για επενδύσεις κτηρίων; Δικαιολογήστε το.
7. Ποια από τις δύο, η αντοχή των λίθων σε θλίψη ή σε εφελκυσμό είναι μεγαλύτερη;

ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Τα λίθινα προϊόντα παράγονται
από τους φυσικούς λίθους
με συγκεκριμένες κατεργασίες (λατομεία).
Ονομάζονται αδρανή υλικά
και είναι φυσικά ή τεχνητά.

Διακρίνονται ανάλογα με το μέγεθός τους σε 2 κατηγορίες:
άμμος και σκύρα (γαρμπίλι, χαλίκι).

Είναι συμβατά με όλες τις κονίες
και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή κονιαμάτων
και σκυροδέματος.

Λόγω της αφθονίας των ασβεστολιθικών πετρωμάτων
στον Ελλαδικό χώρο, είναι φθηνά.

6. ΛΙΘΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Λίθινα προϊόντα ονομάζονται τα προϊόντα που προέρχονται από φυσικούς λίθους με φυσικό ή τεχνικό - μηχανικό τεμαχισμό.

Τα πιο συνηθισμένα λίθινα προϊόντα είναι η άμμος, το γαρμπίλι, το χαλίκι, τα σκύρα. Τα προϊόντα αυτά αποτελούν συστατικό των δομικών στοιχείων και δεν χρησιμοποιούνται αυτούσια για την κατασκευή ενός δομικού στοιχείου. Αναμιγνύονται με τον πολτό της συγκολλητικής ύλης όπως ο ασβέστης, το τσιμέντο, η άσφαλτος, για να προκύψουν υλικά κατάλληλα για δόμηση. Τα υλικά αυτά δεν λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση πήξης των κονιαμάτων και καλούνται συνήθως αδρανή υλικά και είναι φυσικής ή τεχνητής προέλευσης.

Τα λίθινα προϊόντα διατηρούν όλες τις ιδιότητες των λίθων, φυσικές και μηχανικές από τους οποίους προέρχονται. Το μέγεθος κυμαίνεται από την λεπτή σκόνη (παιπάλη) μέχρι τα σκύρα ή τις κροκάλες με διάσταση μέχρι 75 mm.

Ανεξάρτητα από το αν είναι φυσικής ή τεχνητής προέλευσης από άποψη μεγέθους κόκκων υποδιαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στα χονδρόκοκκα και στα λεπτόκοκκα αδρανή υλικά. Ως μέσο διαχωρισμού χρησιμοποιείται το πρότυπο κόσκινο τετραγωνικής οπής πλευράς 4mm (ή 4.75mm) για τα Γερμανικά ή τα Αμερικάνικα πρότυπα κόσκινα αντίστοιχα.

Επίσης ως ιλύς χαρακτηρίζεται το υλικό που διέρχεται από το κόσκινο 75μm και αποτελείται από κόκκους μεγαλύτερους των 5μm, ενώ άργιλος είναι το υλικό που αποτελείται από κόκκους μικρότερους από 5μm.

Τα πρώτα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος ήταν το χώμα. Αρκετά αργότερα άρχισε να συλλέγει λίθινα προϊόντα που βρισκόντουσαν στο περιβάλλον όπως άμμο, χαλίκια από τα ποτάμια, τις παραλίες κ.ά. Με τη βοήθεια φυσικών κονιών, όπως η **πηλοκονία**, και τεχνητών συγκολλητικών ουσιών, όπως ο **ασβέστης**, κατασκεύαζε δομικά υλικά κατάλληλα για σύνθετες κατασκευές. Σήμερα η χρήση συγκολλητικών ουσιών υψηλής ποιότητας, όπως το τσιμέντο, επιτρέπει την κατασκευή τεχνητών λίθων και ολόσωμων στοιχείων από σκυρόδεμα. Αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης ήταν η ανάπτυξη βιομηχανιών για την παραγωγή των αδρανών. Τα αδρανή προέρχονται από τα λατομεία των οποίων η λειτουργία αρχίζει από αρχαιότατων χρόνων (5,000 π.Χ.).

Η χρήση των λίθινων προϊόντων από λατομεία ξεκινά από τη Νεολιθική εποχή, όπου οι άνθρωποι αποσπούσαν στην αρχή πλάκες και στην συνέχεια (εποχή του χαλκού) λατόμευαν ογκόλιθους για την κατασκευή ανακτόρων και τάφων. Τον 7° π.Χ. αιώνα με χρήση πωρόλιθων και ασβεστόλιθων κατασκευάσθηκαν ο ναός του Δία στην Ολυμπία και τείχη πόλεων.

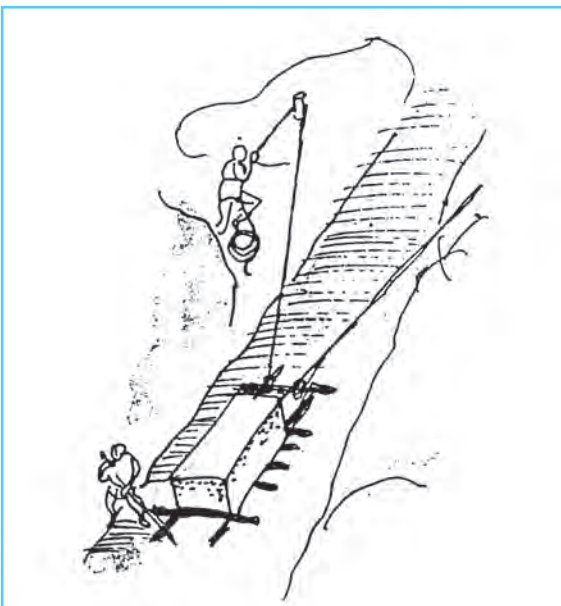
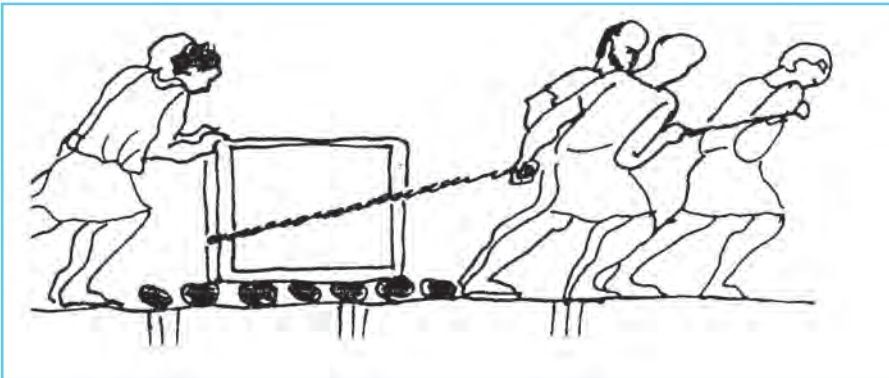
Οι τεχνικές που χρησι-



Σχήμα 6.1 Λατομείο



Σχήμα 6.2 Εξόρυξη αδρανών



Σχήματα 6.3, 6.4 Μεταφορά λίθων

μποιήθηκαν για την εξόρυξη και μεταφορά των λίθων και των μαρμάρων συνεχίσθηκαν μέχρι και τα Βυζαντινά χρόνια. Τα λατομεία [λας (=λίθος) + τέμνω], άνοιγαν για την εκτέλεση κάποιου έργου, ή για την προμήθεια πρώτης ύλης. Η επιλογή είχε σχέση με την ποιότητα και την απόσταση του έργου.

Η εργασία της εξόρυξης γινόταν από ειδικούς τεχνίτες, η δε μεταφορά των λίθων ήταν δύσκολη, κοπιώδης και χρονοβόρα διαδικασία. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι κάθε σπόνδυλος βάρους 5 τόνων των κίωνων από τη στοά του Τελεστηρίου της Ελευσίνας απαιτούσε χρόνο 2 - 3 ημερών, για να καλυφθούν τα 40Km της διαδρομής και δαπάνη 320 - 450 δραχμών, (υπ' όψιν ότι το ημερομίσθιο στην Αθήνα του 5^{ου} αιώνα π.Χ. ήταν 1 δραχμή).

Τα λίθινα προϊόντα ανάλογα με την προέλευσή τους κατατάσσονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες:

1. Τα φυσικά αδρανή
2. Τα τεχνητά αδρανή

6.1. Φυσικά αδρανή

Τα **φυσικά αδρανή**, που προέρχονται από τον φυσικό τεμαχισμό των πετρωμάτων, ονομάζονται **φυσικά** (σχήμα 6.6) και χρησιμοποιούνται χωρίς καμιά κατεργασία ενώ ονομάζονται **θραυστά**, (σχήματα 6.7, 6.8) όταν προέρχονται από τη θραύση πετρωμάτων (αναφέρονται λεπτομερώς στο Πρότυπο ΕΛΟΤ - 408).



Σχήμα 6.5 Η είσοδος των Λεόντων στις Μυκήνες

Τα φυσικά αδρανή κα-
τατάσσονται ανάλογα με
το μέγεθός τους σε 2 βα-
σικές κατηγορίες:

1. Άμμος
2. Σκύρα

6.1.1. Η άμμος

Το μέγεθος των κόκκων
της άμμου είναι μεγαλύ-
τερο από 0.25mm και
μικρότερο από 4.75mm.
Το αδρανές υλικό με μέ-
γεθος κόκκου μικρότερο
από 0.075mm ονομάζεται
παιπάλη.



Σχήμα 6.6 Φυσικά αδρανή

6.1.2. Τα σκύρα

Τα σκύρα έχουν μέγεθος
κόκκου από 4mm έως
75mm. Τα αδρανή υλικά
αυτής της κατηγορίας δια-
κρίνονται σε μικρότερες
υποδιαιρέσεις, ανάλογα
με το μέγεθος των κόκ-
κων τους. Έτσι διακρί-
νουμε τις παρακάτω υπο-
διαιρέσεις των οποίων οι
συνηθέστερες ονομασίες
είναι:



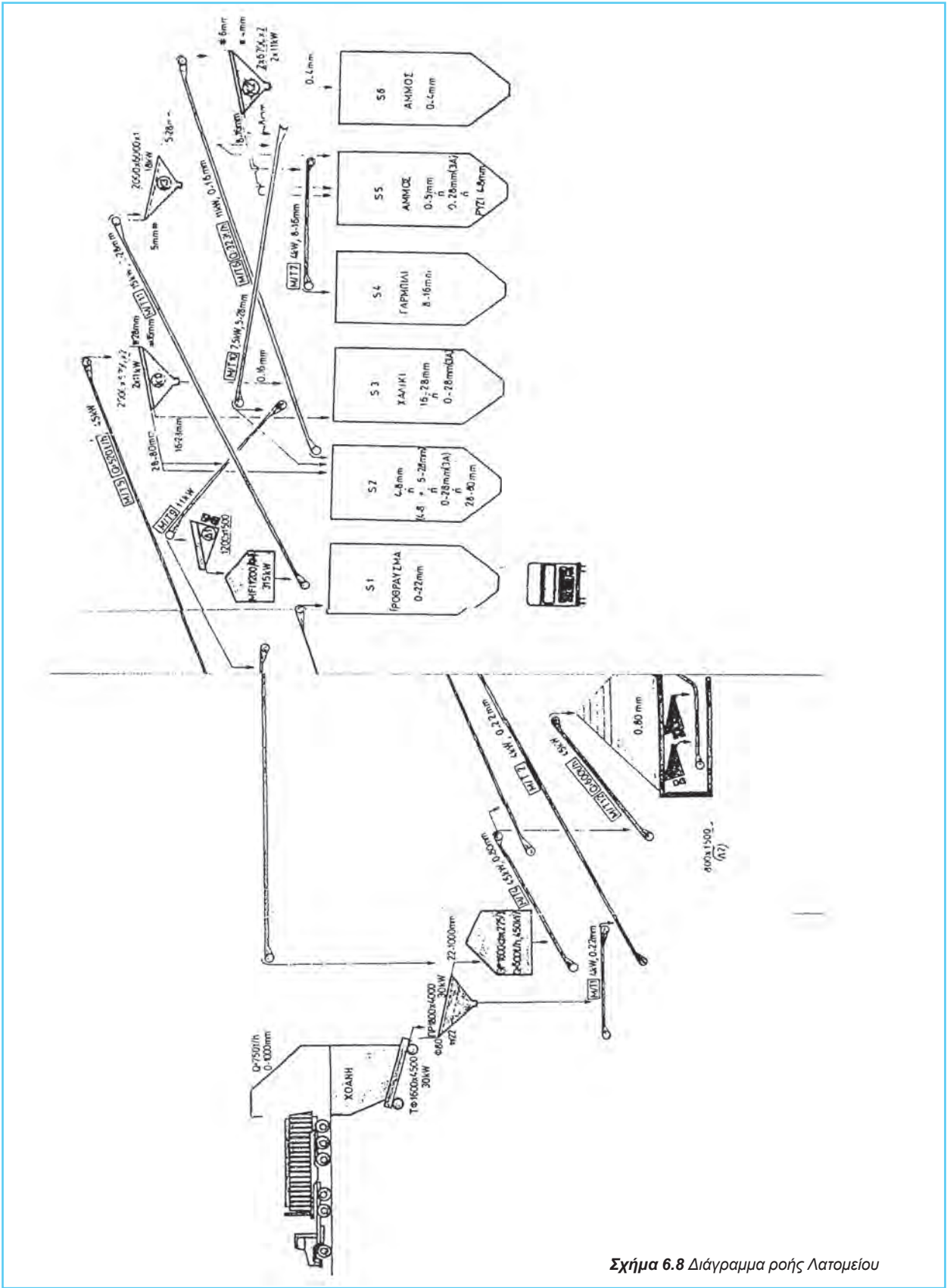
Σχήμα 6.7 Αποψη λατομείου παραγωγής αδρανών

- Γαρμπίλι
- Χαλίκι
- Σκύρα οδοστρώσας

Το μέγεθος των κόκκων προσδιορίζεται από μία σειρά από ειδικά κόσκινα, που έχουν καθορισθεί από τους κανονισμούς κάθε κράτους.

Τα **φυσικά** αδρανή συγκεντρώνονται σε ομαλές ακτές, κοίτες ποταμών κ.ά. Η χρήση τους έχει περιορισθεί σημαντικά, κυρίως λόγω της εξάντλησης των αποθεμάτων και για λόγους προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος.

Τα **θραυστά** αδρανή επιτυγχάνονται με μηχανικά μέσα (θραυστήρες και τριβεία) στα λατομεία.



Σχήμα 6.8 Διάγραμμα ροής Λατομείου



Σχήμα 6.9 Παρασκευή άμμου

6.2. Τεχνητά αδρανή

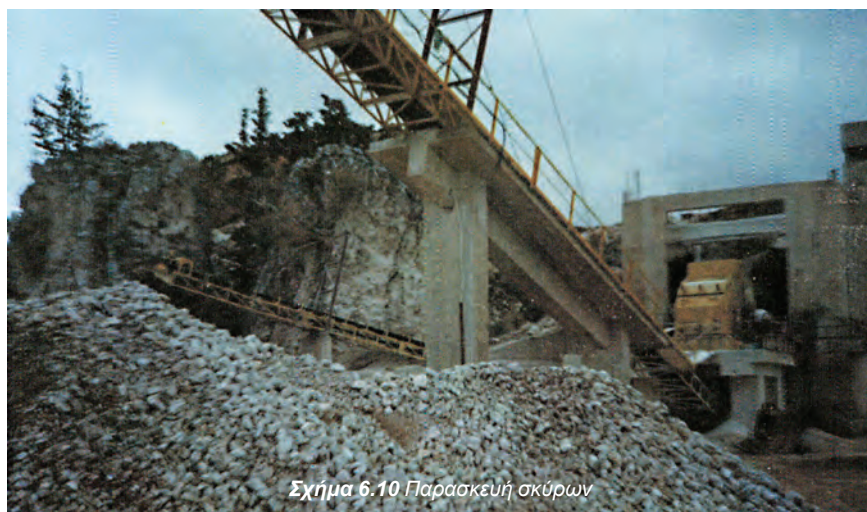
Τα **τεχνητά** αδρανή παρασκευάζονται μετά από ειδική επεξεργασία ορισμένων υλών από βιομηχανικά παραπροϊόντα ή ανακύκλωση.

6.3. Ποιότητα - ιδιότητες αδρανών

Η ποιότητα των αδρανών που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή σκυροδέματος, χαρακτηρίζεται εκτός της κοκκομετρικής σύνθεσης, από ορισμένες ιδιότητες:

6.3.1. Μηχανική αντοχή (αντοχή μητρικού πέτρωματος)

Η αντοχή των αδρανών πρέπει να είναι τόση ώστε να εξασφαλίζει την παρασκευή σκυροδεμάτων επιθυμητής αντοχής. Το μητρικό πέτρωμα βάσει του κανονισμού πρέπει να έχει θλιπτική αντοχή τουλάχιστον 65MPa. Επίσης, αδρανή με αντοχή μεταξύ 45 και 65MPa ή και μικρότερη των 45MPa μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όταν ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) και εφόσον από την μελέτη σύνθεσης αποδειχθεί ότι επιτυγχάνεται η απαιτούμενη αντοχή του σκυροδέματος, για το οποίο προορίζονται. Η αντοχή μετράται σε διαμορφωμένους κύβους από το πέτρωμα διαστάσεων 7x7x7 ή σε κυλίνδρους διαμέτρου 75 mm και ύψους 75mm.



Σχήμα 6.10 Παρασκευή σκύρων



Σχήμα 6.11 Παρασκευή χαλκού

6.3.2. Ειδικό βάρος

Γενικά ειδικό βάρος είναι ο λόγος του βάρους του αδρανούς υλικού προς το βάρος ίσου όγκου νερού. Λόγω των πόρων που έχουν όμως τα αδρανή και της δυνατότητας αυτών να περιέχουν νερό, καθώς επίσης και των αδιαπέραστων κενών που βρίσκονται στο εσωτερικό τους, τα ειδικά βάρη διακρίνονται σε:

- ειδικό βάρος (απόλυτο)
- φαινόμενο ειδικό βάρος
- μικτό ειδικό βάρος

6.3.3. Πορώδες

Είναι πολύ σημαντική ιδιότητα και είναι σε αντίστροφη αναλογία με την αντοχή και την ανθεκτικότητά τους (μεγαλύτερο πορώδες - μικρότερη αντοχή).

6.3.4. Φαινόμενο βάρος (πυκνότητα)

Είναι το βάρος της μονάδας όγκου αδρανούς υλικού (Kg/m^3). Από το Φαινόμενο Βάρος (Φ.Β.) μπορούν να υπολογισθούν τα κενά των αδρανών.

6.3.5. Μορφή κόκκων

Το σχήμα των αδρανών επηρεάζει τις ιδιότητες κυρίως του νωπού σκυροδέματος. Διακρίνονται ανάλογα με το σχήμα τους σε:

- σφαιρικούς
- γωνιώδεις
- πλακοειδείς
- επιμήκεις
- κυβικούς

Τα γωνιώδη αδρανή χρειάζονται αφ' ενός μεν μεγαλύτερη ποσότητα τσιμεντοπολτού από τα στρογγυλεμένα για την παρασκευή εργάσιμου σκυροδέματος, αφ' ετέρου δε βελτιώνουν τη στήριξη μεταξύ τους και την πρόσφυση με το κονίαμα.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ - 408 απαιτεί το ποσοστό των κόκκων με δυσμενή μορφή, δηλαδή με λόγο μεγαλύτερης διάστασης προς μικρότερη 3:1, να μην υπερβαίνει το 50%.

6.3.6. Περιεκτικότητα σε προσμίξεις (καθαρότητα)

Το είδος των προσμίξεων και τα επιτρεπόμενα όρια από τους Ελληνικούς Κανονισμούς αναγράφονται στον πίνακα (πίνακας 6.1). Εκτός των αναγραφόμενων στον πίνακα προσμίξεων, η παρουσία οργανικών προσμίξεων θεωρείται επίσης επιβλαβής λόγω της αντίδρασής τους με το τσιμέντο, που έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της αντοχής του σκυροδέματος. Ο έλεγχος παρουσίας τους γίνεται με κατεργασία μικρής ποσότητας αδρανών με διάλυμα καυστικού νατρίου 3%, το οποίο χρωματίζεται καφέ μετά χρόνο παραμονής 24 ωρών, εάν υπάρχουν σημαντικές ποσότητες οργανικών προσμίξεων.

6.3.7. Αντοχή σε επιφανειακή φθορά και κρούση

Τα αποτελέσματα της δοκιμής αυτής είναι ενδεικτικά της συμπεριφοράς των αδρανών υλικών στις κατασκευές και δίνουν έναν δείκτη καταλληλότητάς τους για χρησιμοποίησή τους στην οδοποιία. Για φυσικά αδρανή, στα οποία είναι αδύνατος ο προσδιορισμός αντοχής του μητρικού πετρώματος, η δοκιμή αυτή προσδιορίζει την καταλληλότητά τους και στο σκυρόδεμα.

Ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) προδιαγράφει ότι το αποτέλεσμα του ελέγχου σύμφωνα με την μέθοδο Los Angeles δεν πρέπει να υπερβαίνει το 40%. Ως ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα για τον έλεγχο Los Angeles ο κανονισμός ορίζει τα 30Kg γαρμπίλι και τα 40Kg για τα σκύρα.

6.3.8. Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση των αδρανών υλικών (υγεία)

Εκτός των παραπάνω μηχανικών ιδιοτήτων, τα αδρανή πρέπει να έχουν σταθερότητα όγκου και να μην αποσάθρονται κάτω από την επίδραση καιρικών συνθηκών, να μην παρουσιάζουν έντονες αυξομειώσεις όγκου και απώλεια υλικού λόγω

ύγρανσης, ξήρανσης, ψύξης - απόψυξης, γιατί τότε καταστρέφονται τα δομικά στοιχεία, στα οποία είναι ενσωματωμένα. Τα παραπάνω αδρανή ονομάζονται υγιή.

Η ανθεκτικότητα προσδιορίζεται με δύο μεθόδους:

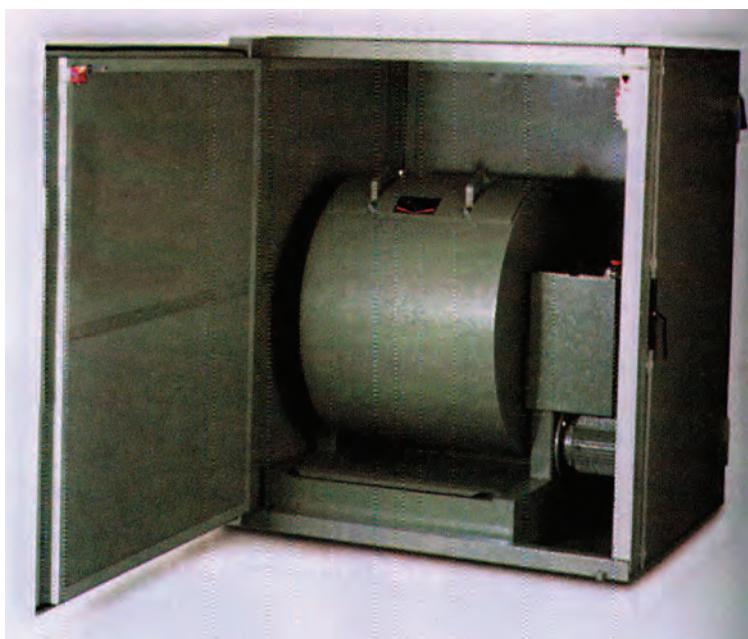
- με την επίδραση διαλυμάτων θειικών αλάτων
- με ψύξη - απόψυξη

Η υγεία των αδρανών προσδιορίζεται βάσει της Αμερικανικής Προδιαγραφής ASTM C88, κατά την οποία μετράται η απώλεια υλικού σε κύκλο πέντε εναλλαγών ύγρανσης - ξήρανσης παρουσία κορεσμένου διαλύματος θειικών. Η άμμος πρέπει να παρουσιάζει απώλεια μικρότερη του 10% και τα σκύρα μικρότερη του 12%. Εάν το υλικό δεν καλύπτει τις απαιτήσεις αυτές, τότε ελέγχεται το παρασκευαζόμενο σκυρόδεμα σε εναλλαγές ψύξης - απόψυξης, κατά την προδιαγραφή ASTM C290 και θα κριθεί ικανοποιητικό αν παρουσιάσει συντελεστή ανθεκτικότητας μεγαλύτερο του 80%. Η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα για την εξέταση της υγείας των αδρανών είναι 10, 20 και 30 Kg για άμμο, γαρμπίλι και σκύρα αντίστοιχα.

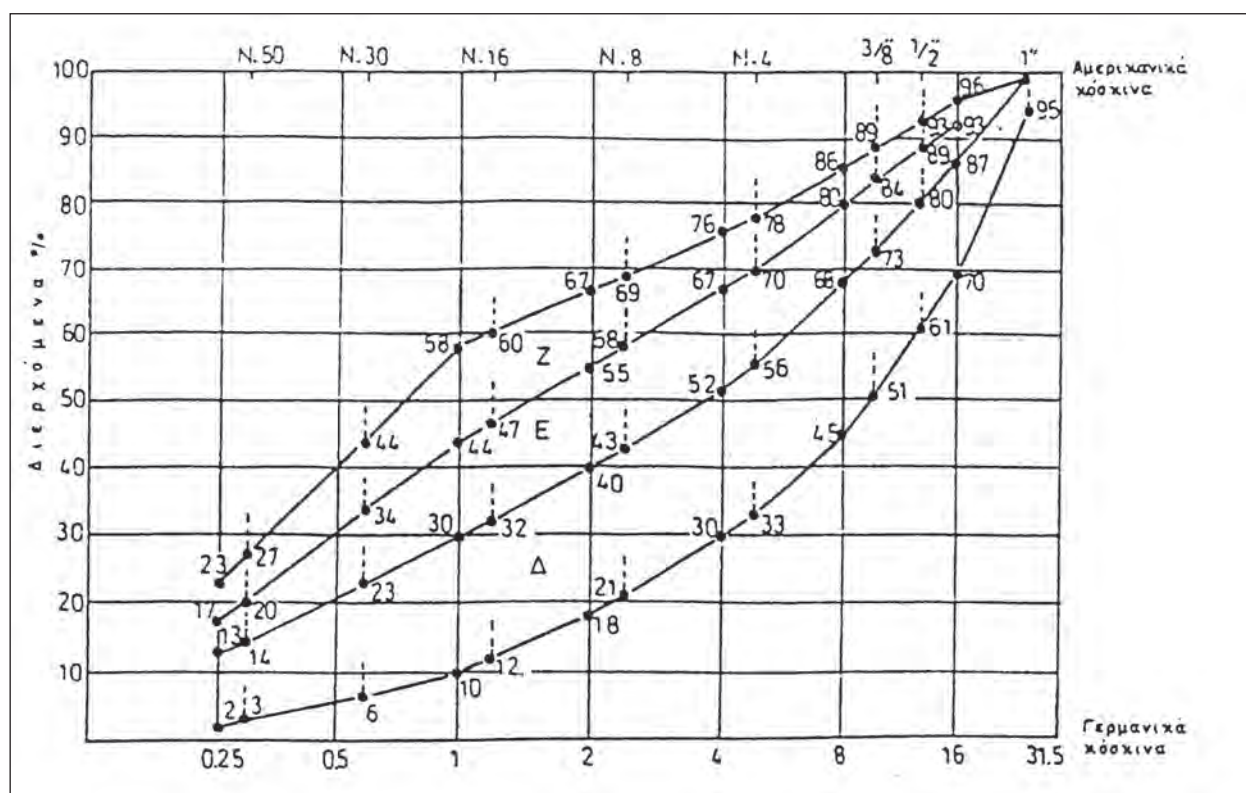
Τέλος, υπάρχουν ειδικά αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται ως αντιολισθηρά στην οδοποιία ή για σκύρα σε έργα σιδηροδρομικά. Ειδικές απαιτήσεις για αυτά τα αδρανή, όπως για παράδειγμα αντοχή σε κρούση, σκληρότητα, αντοχή σε συντριβή, αντοχή σε απότριψη και αντίσταση στη στίλβωση, προσδιορίζονται μέσα από αντίστοιχες δοκιμές.

6.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση

Με τον όρο **κοκκομετρική διαβάθμιση** του αδρανούς εννοούμε τα στοιχεία, που περιέχουν την % σύνθεση του αδρανούς σε κόκκους διαφόρων μεγεθών. Καλά διαβαθμισμένα αδρανή, με διαστάσεις κόκκων, που καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα παρουσιάζουν λίγα κενά μεταξύ τους και άρα απαιτούν μικρότερη ποσότητα συνδετικού πολτού (τσιμεντοπολτού ή ασφάλτου).



Σχήμα 6.12 Διάγραμμα ροής Λατομείου



Σχήμα 6.13 Ορια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών

Για μια δεδομένη ποσότητα νερού, το μίγμα του νωπού σκυροδέματος με καλή διαβάθμιση των αδρανών βελτιώνει την εργασιμότητα.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση καθορίζεται από μία ομάδα πρότυπων κόσκινων που κατά τον Κ.Τ.Σ. μπορεί να είναι Γερμανικής σειράς (DIN 4187 και 4188) ή Αμερικανικής σειράς (ASTM E11) (σχήμα 6.13).

Η κοκκομετρική διαβάθμιση προσδιορίζεται από το ποσοστό κατά βάρος (κ.β.) των αδρανών που συγκρατεί κάθε κόσκινο. Η κοκκομετρική καμπύλη σχεδιάζεται σε ημιλογαριθμικό χαρτί με τις διαμέτρους των κόσκινων στον οριζόντιο άξονα και το διερχόμενο ποσοστό στην κατακόρυφο. Τα όρια της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών εξαρτώνται από τις προδιαγραφές για τη χρήση τους. Για παράδειγμα για το σκυρόδεμα οι προδιαγραφές ορίζονται από τον Κ.Τ.Σ. Αντίστοιχα για υλικά οδοποιίας οι Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (Π.Τ.Π.) του ΥΠΕΧΩΔΕ προσδιορίζουν καμπύλες ανάλογα με τη χρήση τους.

Ο Κ.Τ.Σ. καθόρισε τις υποζώνες των διαγραμμάτων (σχήμα 6.13) ορίζοντας ότι για το σπλισμένο σκυρόδεμα η κοκκομετρική καμπύλη πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ. Η υποζώνη Ζ του σχήματος 6.12 αφορά μόνο άοπλο σκυρόδεμα.

Γενικά οι καμπύλες κάτω από την υποζώνη Δ αντιστοιχούν σε αρκετά χονδρόκοκα αδρανή με δύσκολη εργασιμότητα, ενώ οι καμπύλες πάνω από την υποζώνη Ε αντιστοιχούν σε αδρανή γενικά λεπτόκοκα που απαιτούν μεγάλη ποσότητα νερού και δίνουν σκυροδέματα με μεγάλη πιθανότητα ρηγμάτωσης.

Επιτρέπεται η κοκκομετρική καμπύλη να βρίσκεται στην υποζώνη Ε μόνο όταν κατασκευάζουμε σκυροδέματα ποιότητας C 30/37 ή μικρότερης.

6.4.1. Δειγματοληψία αδρανών

Ανάλογα με τη χρήση τους απαιτείται η λήψη υλικού για δειγματοληψία και για διαφόρους ελέγχους. Το δείγμα λαμβάνεται είτε στο χώρο παραγωγής του από μεταφορική ταινία (σταματημένη) είτε από

σωρούς. Προσοχή πρέπει να δίνεται στη λήψη δειγμάτων αντιπροσωπευτικών (για παράδειγμα από το μέσο των σκύρων και από 10 διαφορετικά σημεία γύρω - γύρω).

Η ποσότητα του δείγματος και η συχνότητα της δοκιμής καθορίζεται από την προδιαγραφή των έργων όπου θα χρησιμοποιηθούν.

Αν οι έλεγχοι δεν συμφωνούν με τις προδιαγραφές, λαμβάνονται άλλα δύο δείγματα, και εάν ο μέσος όρος των 3 δειγμάτων δεν ικανοποιεί τις προδιαγραφές, απορρίπτεται η «παρτίδα» των αδρανών υλικών.

6.5. Ποιοτικός έλεγχος

Χαρακτηριστικά αδρανών που πρέπει να ελεγχθούν.

A. Γεωμετρικά

- συνολική επιφάνεια αδρανών
- μέγεθος κόκκων
- σχήμα κόκκου

B. Φυσικά

- βάρος
- πορώδες, υγρασία, απορροφητικότητα
- αντοχή πετρώματος
- ανθεκτικότητα σε φθορά
- ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (υγεία πετρώματος)
- ανθεκτικότητα σε ψύξη - απόψυξη

Γ. Ορυκτολογικά

- ενώσεις θείου, σιδήρου
- νιτρικά άλατα, αλογόνα
- ενώσεις Pb, Zn
- χλωριούχες και φωσφορικές ενώσεις
- αντίδραση με αλκάλια τσιμέντου

Δ. Προσμίξεις

- οργανικές ουσίες
- αποσαθρώσιμοι κόκκοι
- διογκούμενοι κόκκοι

Οι παραγωγοί αδρανών οφείλουν να προσδιορίζουν την υγρασία τους και ανάλογα με τις απαιτήσεις για τη χρήση τους να ελέγχουν την καταλληλότητα των αδρανών. Για παράδειγμα για το σπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει η παιπάλη της άμμου να είναι <16%. Επίσης οφείλουν να παραδίδουν σε κάθε φορτίο την κοκκομετρική καμπύλη για κάθε είδους υλικό που παραδίδουν.

6.6. Ειδικές κατηγορίες αδρανών

Στην κατηγορία αυτή των αδρανών περιλαμβάνονται ορισμένα φυσικά ή τεχνητά αδρανή που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ειδικών κονιαμάτων ή άλλες εφαρμογές.

6.6.1. Ελαφρόπετρα (κίσσηρη)

Η **ελαφρόπετρα** δημιουργήθηκε από ηφαιστειακή ενέργεια. Τα σκύρα λαμβάνονται από τα φυσικά αποθέματα και το μέγεθός τους κυμαίνεται μεταξύ 1.0 - 2.5cm. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή ελαφρών σκυροδεμάτων, τεχνητών λίθων (κισσηρόλιθοι) και θερμομονωτικών στρώσεων σε δώματα.



Σχήμα 6.14 Λατομείο Κίσσηρης

6.6.2. Μπετονίτης

Ο **μπετονίτης** είναι κολλοειδής άργιλος με μεγάλη πλαστικότητα. Έχει την ικανότητα να απορροφά μεγάλες ποσότητες νερού και να διογκώνεται. Λόγω της διόγκωσης γίνεται υδατοστεγανός, με φράξιμο των πόρων και των τριχοειδών που περιέχει στη μάζα του. Χρησιμοποιείται για στεγανοποίηση εδαφών κυρίως σε υδραυλικά έργα άλλα και σε θεμελιώσεις τεχνικών έργων. Στον Ελλαδικό χώρο μπετονίτης υπάρχει στη Μήλο.

6.6.3. Σκωρία υψικαμίνων

Δημιουργείται κατά την παραγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινους. Τα κυριότερα συστατικά τους είναι οξείδια του πυριτίου (SiO_2) του αργίλου (Al_2O_3) και του ασβεστίου (CaO).

Οι κόκκοι σκωρίας με διάμετρο μικρότερη των 10μm συνεισφέρουν σημαντικά στην ανάπτυξη αντοχής σε σκυρόδεμα ηλικίας μέχρι 28 ημερών, οι κόκκοι διαμέτρου μεταξύ 10 και 45 μm συνεισφέρουν στην αντοχή σκυροδεμάτων σε μεγαλύτερες ηλικίες, ενώ οι μεγαλύτεροι κόκκοι ενυδατώνονται πολύ δύσκολα.

6.6.4. Κουρασάνι

Το **κουρασάνι** παράγεται από την κονιορτοποίηση υλικών ψημένης αργίλου (τούβλα, κεραμίδια). Το πολύ λεπτό υλικό με διάμετρο 1 mm χρησιμοποιείται για την παρασκευή λεπτοκονιαμάτων σε συνδυασμό με υδράσβεστο και παρουσιάζει περιορισμένες υδραυλικές ιδιότητες.

Σκύρα από την ίδια πρώτη ύλη χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σκυροδεμάτων και τεχνητών λίθων.

6.6.5. Περλίτης

Ο **περλίτης** είναι ηφαιστειογενές υαλώδες πέτρωμα, το οποίο με την κατάλληλη θερμική επεξεργασία από 900 - 1200°C διογκώνεται από 5 - 25 φορές. Ο διογκωμένος περλίτης θραύεται σε κόκκους (0.1 - 5.0mm). Έχει πολύ μικρό φαινόμενο βάρος (1.0 - 2.5KN/m³), μικρή θερμική αγωγιμότητα (0.045 - 0.060K- cal/mh°C) και αντοχή σε θερμοκρασία έως 800°C. Χρησιμοποιείται ως θερμομονωτικό και για την παρασκευή ελαφρών και θερμομονωτικών κονιαμάτων (σχήμα 16.3).

6.6.6. Διογκωμένη πολυστερίνη

Τεχνικά παραγόμενο υλικό που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για παραγωγή ελαφροσκυροδεμάτων (σχήμα 10.29).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι κατηγορίες αδρανών ανάλογα:
 - α) με την προέλευσή τους και
 - β) με το μέγεθός τους.
2. Ποιο από τα δύο
 - α) το απόλυτο φαινόμενο βάρους ή
 - β) το μικτό ειδικό βάρος ενός λίθου, είναι μεγαλύτερο;
Δικαιολογήστε το.
3. Ποια μορφή αδρανών χρειάζεται μικρότερη ποσότητα τσιμεντοπολτού για να παραχθεί σκυρόδεμα;
4. Πώς μετράμε την αντοχή σε φθορά των αδρανών και σε τι μας χρησιμεύει η μέτρησή της;
5. Πώς μετράμε την υγεία των αδρανών και σε τι μας χρησιμεύει η μέτρησή της;
6. Τι ονομάζουμε κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών, με ποιον τρόπο την προσδιορίζουμε και σε τι μας χρησιμεύει;
7. Τι γνωρίζετε για την ελαφρόπετρα και για τη σκωρία υψικαμίνων; Πού αυτές χρησιμοποιούνται;

ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ - ΚΟΝΙΕΣ

Οι κονίες είναι συνδετικές ύλες
οι οποίες με την παρουσία νερού
σχηματίζουν πολτό με συγκολλητικές ιδιότητες
(συνδέουν τα αδρανή μεταξύ τους),
ο οποίος μετά την πήξη του αποκτά υψηλή αντοχή.

Οι κυριότερες κονίες είναι το τσιμέντο,
η υδράσβεστος,
η γύψος,
η άργιλος κ.ά.

Οι κονίες είναι συμβατές με όλα τα αδρανή.
Ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για το κόστος
των τελικών προϊόντων στα οποία αυτές συμμετέχουν.

7. ΣΥΝΔΕΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ - ΚΟΝΙΕΣ

Κονίες είναι τα υλικά τα οποία όταν αναμιχθούν και υποστούν κατεργασία υπό ορισμένες αναλογίες με ένα ρευστό μέσο, (συνήθως νερό) μεταβάλλονται σε εύπλαστο πολτό με συγκολλητικές ιδιότητες. Ο πολτός αυτός αποτελεί το συνδετικό υλικό των κονιαμάτων (ασβεστοκονίαμα, τσιμεντοκονίαμα). Ο πολτός αυτός έχει συγκολλητικές ιδιότητες που επιτρέπει τη μορφοποίηση και την πρόσφυσή τους πάνω σε αδρανή υλικά.

Το πρώτο από τα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος και εύρισκε εύκολα στη φύση ήταν το αργιλικό χώμα. Η συγκολλητική ουσία που βρίσκεται στο χώμα ονομάζεται πηλοκονία και έχει ασθενείς συγκολλητικές ιδιότητες που χάνονται με τη διαβροχή της.

Με την εξέλιξη των υλικών ανακαλύφθηκαν νέες ισχυρές συνδετικές ύλες (ασβέστης, ασφαλικά υλικά, τσιμέντο και τελευταία συνθετικές ρητίνες) με εξαιρετικά αποτελέσματα.

Οι κονίες χρησιμοποιούνται κατά κανόνα με τη μορφή σκόνης. Ο πολτός, που δημιουργείται με την ανάμειξή τους με το νερό, πήζει. Η πήξη είναι το φαινόμενο, κατά το οποίο ο πολτός από εύπλαστη μάζα μετατρέπεται σε υλικό με κάποια στερεότητα και μηχανική αντοχή. Κατά την αρχική πήξη ο πολτός χάνει το μεγαλύτερο μέρος της πλαστικότητάς του και μέρος των συγκολλητικών ιδιοτήτων του, λόγω των φυσικών και χημικών μεταβολών, ενώ κατά την τελική πήξη ο πολτός αρχίζει να εμφανίζει μηχανική αντοχή. Με τον όρο σκλήρυνση εννοούμε το φαινόμενο που ακολουθεί την πήξη και κατά τη διάρκεια του οποίου ο πολτός μεταβάλλεται σε στερεό σώμα αποκτώντας την τελική του αντοχή.

Ανάλογα με τη συμπεριφορά του προς το νερό μετά τη σκλήρυνση οι κονίες κατατάσσονται σε:

Αερικές (άργιλος, πηλός, υδράσβεστος, γύψος, κ.ά.) οι οποίες πήζουν και σκληραίνουν στον ατμοσφαιρικό αέρα και συντηρούνται σε αυτό το περιβάλλον.

Υδραυλικές (υδραυλική άσβεστος, ποζολανικές κονίες, τσιμέντα κ.ά.) οι οποίες μετά την σκλήρυνσή τους συντηρούνται σε νερό ή υγραινόμοιο περιβάλλον. Η υδραυλικότητα οφείλεται στα οξείδια του πυριτίου (SiO_2), του αργίλου (Al_2O_3) και του σιδήρου (Fe_2O_3).

Τέλος ανάλογα με την προέλευσή τους οι κονίες διακρίνονται σε φυσικές (πηλός, ποζολανικές κονίες) και σε τεχνητές (τσιμέντο, άσβεστος, γύψος).

7.1. Αερικές κονίες

7.1.1. Άργιλος - πηλός

Η **άργιλος** αποτελεί το κύριο συστατικό όλων των πρώτων υλών για την παρασκευή προϊόντων όπτησης και όλων των πυρίμαχων επιχρισμάτων.

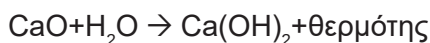
Το μίγμα αργίλου με λεπτή άμμο ονομάζεται **πηλός** και όταν αναμιχθεί με κατάλληλη ποσότητα νερού σχηματίζει πολτό μεγάλης πλαστικότητας. Το υλικό αυτό αποτελεί την πρώτη ύλη για την κατασκευή πλίνθων και προϊόντων κεραμικής.

7.1.2. Άσβεστος

Άσβεστος ονομάζεται το οξείδιο του ασβεστίου (CaO) που προέρχεται από την διάσπαση του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Το ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 κύριο συστατικό των ασβεστολίθων που περιέχουν προσμίξεις MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .



Η άσβεστος στη συνέχεια αναμιγνύεται με το νερό δημιουργώντας το υδροξείδιο του ασβεστίου (υδράσβεστος).



Η αντίδραση της ενυδάτωσης ονομάζεται σβέση. Η σβέση της ασβέστου μπορεί να είναι υγρή ή ξερή, οπότε η υδράσβεστος που προκύπτει είναι πολτός ή ξηρά σκόνη.

Το πρώτο στάδιο της παρασκευής της κονιάς γίνεται με την πύρωση του ανθρακικού ασβεστίου σε ειδικά καμίνια. Μετά την πύρωση και την ψύξη ο ασβέστης διανέμεται στο εμπόριο σε τεμάχια. Λόγω της ισχυρής τάσης που έχει να ενώνεται με το νερό πρέπει να παίρνονται ιδιαίτερες προφυλάξεις κατά την αποθήκευσή του σε στεγνούς και καλά στεγασμένους χώρους. Γενικά είναι προτιμότερο αμέσως μετά την ψύξη να παράγεται υδράσβεστος, προς αποφυγή τυχόν αχρήστευσης της ασβέστου από απορρόφηση ατμοσφαιρικής υγρασίας.

7.1.3. Ιδιότητες της υδρασβέστου

Η κύρια ιδιότητα είναι η πήξη. Η υδράσβεστος απορροφά εύκολα ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα CO_2 και μετατρέπεται σε ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 . Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η ικανότητα της κονιάς να πήζει και να συγκρατεί τους κόκκους της άμμου καθώς και να συγκολλά τις πέτρες ή τα τούβλα, όταν παρεμβληθεί ασβεστοκονίαμα μεταξύ τους.

7.1.4. Χρήσεις

Η υδράσβεστος χρησιμοποιείται για την παρασκευή διαφόρων ασβεστοκονιαμάτων, για τη βελτίωση ιδιοτήτων των τσιμεντοκονιαμάτων. Οι σημαντικότερες βελτιώσεις είναι οι εξής:

- Αυξάνει το εργάσιμο
- Διατηρεί για αρκετό χρόνο σχετική υγρασία
- Αυξάνει την ικανότητα πρόσφυσης του τσιμεντοκονιάματος στους λίθους και τους οπτόπλινθους, τροφοδοτώντας με νερό τα υλικά αυτά

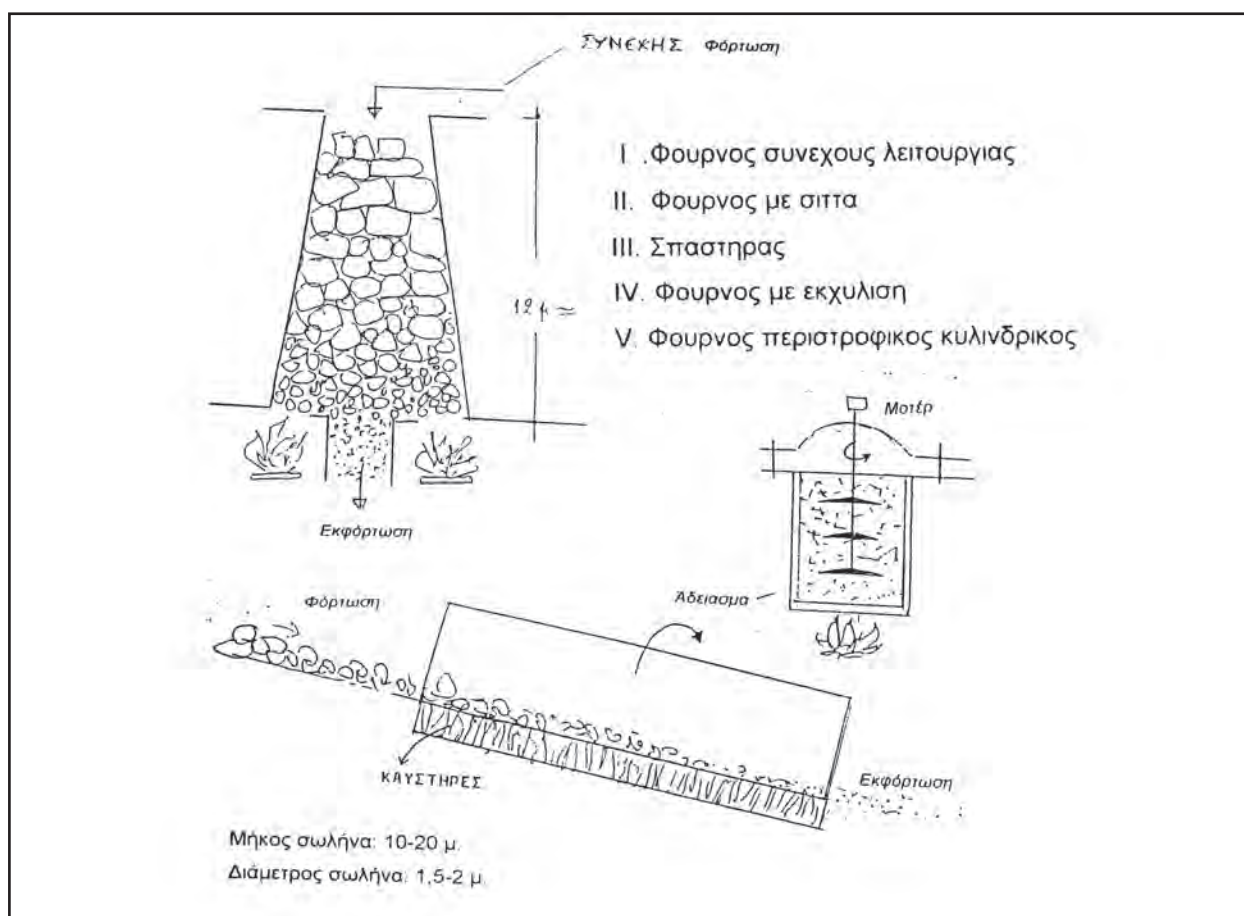
7.1.5. Γύψος

Η **γύψος** ανήκει στις παλαιότερες κονίες και έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα από την αρχαιότητα. Όλα τα είδη γύψου παρασκευάζονται με όπτηση σε διάφορες θερμοκρασίες πετρώματος γύψου, το οποίο βρίσκεται στη φύση με μορφή ένυδρου θειικού ασβεστίου με προσμίξεις ανθρακικού ασβεστίου, οξειδίου του αργιλίου (CaCO_3), ανθρακικού μαγνησίου (MgCO_3), οξειδίου του πυριτίου (SiO_2), (Al_2O_3), οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_3).

Η κρυσταλλική μορφή της ανοιχτής γύψου είναι ο σεληνίτης. Κοκκώδης μορφή της γύψου είναι το αλάβαστρο.

Το προϊόν της όπτησης φυσικής γύψου στους 125 - 180°C ονομάζεται πλαστική γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) και διατίθεται με μορφή λευκής σκόνης. Όταν αναμιχθεί με νερό 60 - 80% του βάρους της, σχηματίζει πλαστικό και εργάσιμο πολτό που πήζει και σκληραίνεται σε διάστημα μερικών λεπτών, με ταυτόχρονη αύξηση της θερμοκρασίας και του όγκου του, κατά 1%.

Χρησιμοποιείται μόνο σε εσωτερικούς χώρους λόγω της διαλυτότητάς της στο νερό. Ιδιαίτερα αυξανόμενη χρήση έχουν οι διακοσμητικοί λίθοι, οι γυψοσανίδες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ψευδοροφών, διαχωριστικών τοίχων και στα γυψοκονιάματα.



Σχήμα 7.1 Παρασκευή γύψου

Η θέρμανση της γύψου γύρω στους 1000°C την ερυθροπυρώνει. Το προϊόν που λαμβάνεται καλείται τραχύς ή άνυδρος γύψος και σταθεροποιείται, όταν αναμιχθεί με νερό. Το χρώμα της σκόνης είναι κίτρινο ή κόκκινο. Το τελικό προϊόν έχει διπλάσια αντοχή από αυτή της πλαστικής γύψου και χρησιμοποιείται για την κατασκευή υποστρωμάτων δαπέδων ή δαπέδων χωρίς αρμούς.

7.2. Υδραυλικές κονίες

7.2.1. Υδραυλική άσβεστος

Η υδραυλική άσβεστος παρασκευάζεται από την όπτηση αργιλούχων ασβεστολίθων σε καμίνια συνεχούς λειτουργίας και θερμοκρασία $1000 - 1200^{\circ}\text{C}$. Το προϊόν διατίθεται σε μορφή σκόνης και συνήθως αναμιγνύεται με ποζολάνες.

7.2.2. Ποζολάνες

Οι **ποζολάνες** είναι φυσικές κονίες και προήλθαν από ηφαιστειακή δράση. Πήραν το όνομά τους από την περιοχή Pozzuoli της Ιταλίας. Περιέχουν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό οξείδιο του πυριτίου και σε μικρότερη αναλογία οξείδια του αργιλίου, σιδήρου και ασβεστίου. Χαρακτηρίζονται από την μικρή υδραυλικότητα ωστόσο όταν αναμιχθούν με άσβεστο, γύψο ή τσιμέντο ενυδατώνονται όπως τα τσιμέντα. Η ανάμιξή τους σε ποσοστό 10% με τσιμέντο Portland δίνει τα ελληνικού τύπου τσιμέντα.

7.2.3. Τσιμέντα

7.2.3.1 Ιστορικό

Οι Αιγύπτιοι και οι Ρωμαίοι ήταν οι πρώτοι που ανακάλυψαν τις ιδιότητες του φυσικού τσιμέντου και το χρησιμοποίησαν για να συνδέσουν δομικά υλικά στις διάφορες κατασκευές.

Εντούτοις, μόνον στα τέλη του 18ου αιώνα, όταν ξέσπασε η Βιομηχανική επανάσταση και χρειάστηκε μια ικανοποιητική υποδομή (δρόμοι, γεφύρια, κανάλια, τούνελ) για να εξυπηρετήσει τη μεταφορά πρώτων υλών και προϊόντων, το «ρωμαϊκό» ή «φυσικό» τσιμέντο άρχισε να εξελίσσεται σε μία δυνατή και ανθεκτική υδραυλική κονία.

Η πατρότητα της εφεύρεσης του πρώτου τεχνητού τσιμέντου Portland αποδίδεται στο Βρετανό Τζότζεφ Άσπντιν, ο οποίος απόκτησε, το 1824, δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την πατέντα του. Την ίδια εποχή και άλλοι Ευρωπαίοι αναζήτησαν τρόπους παραγωγής τεχνητού τσιμέντου, μεταξύ των οποίων σημαντικότερος ήταν ο Γάλλος μηχανικός Λουί Βικά, ο οποίος ανέλυσε επιστημονικά τις ιδιότητες του ρωμαϊκού τσιμέντου και ανέπτυξε θεωρίες περί υδραυλικότητας και κλινκεροποίησης.

Στα μέσα του περασμένου αιώνα, οι μονάδες παραγωγής τσιμέντου στις Ευρωπαϊκές χώρες πολλαπλασιάζονται με ταχείς ρυθμούς, ενώ η έρευνα συνεχίζεται και η νέα τεχνολογία βελτιώνει συνεχώς τη διαδικασία παραγωγής. Λίγο αργότερα, η επιινόηση του σπλισμένου σκυροδέματος και της τεχνικής της προέντασης θα επιτρέψει κατασκευαστικές εφαρμογές αδιανόητες για τα μέχρι τότε δεδομένα. Το τσιμέντο μπαίνει στην υπηρεσία του σύγχρονου ανθρώπου, σημαδεύοντας την αρχή μιας νέας εποχής στην ιστορία του κόσμου.

Στην Ελλάδα και γενικότερα στο χώρο της Ανατολικής Ευρώπης και των Βαλκανίων, η πρώτη μονάδα παραγωγής τσιμέντου που λειτούργησε ήταν το εργοστάσιο TITAN Ελευσίνας που ιδρύθηκε το 1902.

Η χώρα μας έχει υψηλό δείκτη κατανάλωσης σε τσιμέντο κατά κεφαλήν (0.8 τόνοι/άτομο το 1998) που θεωρείται από τους υψηλότερους παγκοσμίως.

Οι κυριότερες τσιμεντοβιομηχανίες που δραστηριοποιούνται στη χώρα μας είναι: ΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΑ TITAN, η ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ, τα ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΚΙΔΟΣ και τα ΤΣΙΜΕΝΤΑ ΧΑΛΥΨ. Η συνολική παραγωγή τους είναι 14.8 εκατομμύρια τόνοι από τους οποίους τα 6.5 εκατομμύρια εξάγονται (πρώτη σε εξαγωγές τσιμέντου χώρα της Ευρώπης). Αυτό οφείλεται στην πολύ καλή ποιότητα τσιμέντου, που παράγεται στη χώρα μας.

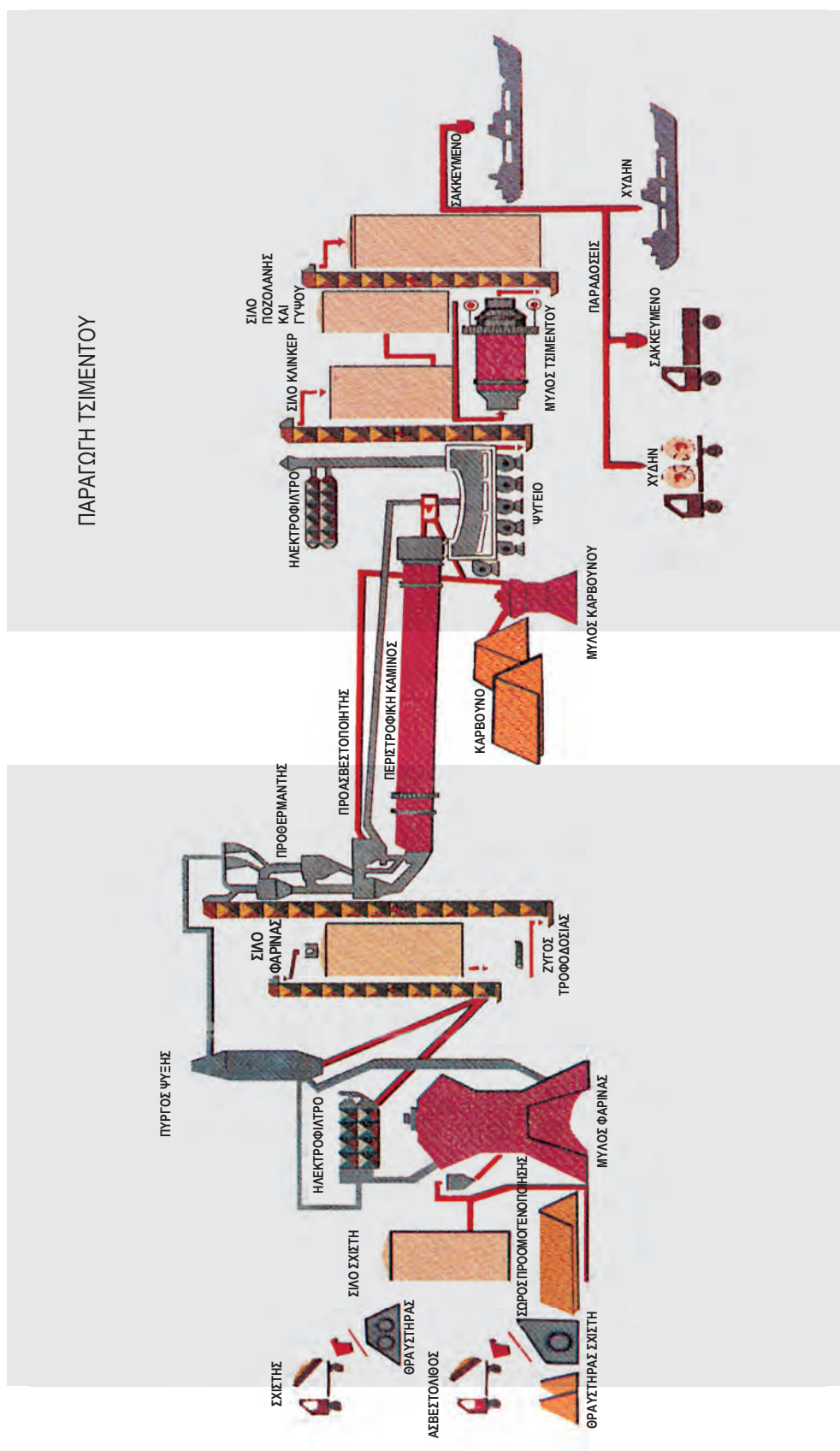
Με τον όρο τσιμέντα προσδιορίζεται μια μεγάλη κατηγορία υδραυλικών κονιών που παρασκευάζονται με την λειοτρίβηση πετρωμάτων κατάλληλης σύνθεσης, την όπτηση του μίγματος και την επαναλειοτρίβηση του προϊόντος όπτησης. Η σκόνη που λαμβάνεται μετά την ανάμιξή της με το νερό δίνει ένα πλαστικό και συγκολλητικό πολτό, ο οποίος μετατρέπεται σε στερεή μάζα με μεγάλη μηχανική αντοχή και διάρκεια.

Ο σημαντικότερος τύπος τσιμέντου είναι τσιμέντο Portland.

7.2.3.2. Μέθοδος παραγωγής

Πρόκειται για ένα βιομηχανικό προϊόν του οποίου η παραγωγή ακολουθεί τα εξής βασικά στάδια:

- Εξόρυξη ασβεστολιθικών και αργιλοπυριτικών πετρωμάτων, τα οποία περιέχουν οξείδια του ασβεστίου (CaO), του αργιλίου (Al_2O_3), του πυριτίου (SiO_2) και του σιδήρου (Fe_2O_3). Τα τέσσερα αυτά στοιχεία, σε διάφορες αναλογίες, αποτελούν τα βασικά συστατικά του σύγχρονου τσιμέντου, ενώ σε μικρότερες αναλογίες περιέχονται και τα στοιχεία μαγνήσιο και θείο, σε μορφή και πάλι οξειδίων (MgO , SO_3).
- Θραύση των παραπάνω πετρωμάτων σε σπαστήρες, ώστε αυτά να τεμαχισθούν και να αποκτήσουν διάμετρο μερικών εκατοστών.



Σχήμα 7.2 Παραγωγή τσιμέντου



*Σχήμα 7.3 Εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου
(Τιτάν-Θεσ/νίκη)*



*Σχήμα 7.4 Εργοστάσιο παραγωγής τσιμέντου
(ΑΓΕΤ-Ηρακλής, Βόλος)*

- Προομογενοποίηση των θραυσμένων πετρωμάτων, δηλαδή ανάμειξή τους μέσα στους σπαστήρες.
- Άλεση του προομογενοποιημένου μίγματος σε μύλους, έτσι ώστε το προϊόν της που ονομάζεται φαρίνα, να είναι σε μορφή άμμου, δηλαδή με κόκκους διαμέτρου λίγων χιλιοστών.
- Εισαγωγή της φαρίνας στο άνω άκρο κεκλιμένης κυλινδρικής καμίνου, η οποία περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονά της. Η θερμότητα παράγεται στο κάτω άκρο από την καύση πετρελαίου ή άνθρακα, η αναπτυσσόμενη δε στο σημείο αυτό θερμοκρασία φτάνει στους 1500°C περίπου. Το προϊόν της έψησης έχει χρώμα μαυροπράσινο, κόκκους διαμέτρου λίγων εκατοστών και ονομάζεται Clinker.
- Συνάλεση Clinker, προσθέτων και γύψου σε μύλους, από τους οποίους προκύπτει το τσιμέντο. Τα πρόσθετα υλικά είναι ποζολάνες, γύψος (η οποία προστίθεται σε μικρή αναλογία για ρύθμιση της πήξης του σκυροδέματος), ιπτάμενες τέφρες, θηραϊκή γη, Μηλιακή γη κ.ά.

7.2.3.3. Τσιμέντο Portland

Τσιμέντο Portland ονομάζεται το προϊόν που λαμβάνεται από την κονιορτοποίηση Clinker ορισμένης σύστασης. Το Clinker προέρχεται από το ψήσιμο μίγματος αργιλούχων και ασβεστούχων πετρωμάτων. Στο μίγμα αυτό δεν επιτρέπεται προσθήκη άλλης ουσίας πλην της γύψου και του νερού. Η προσθήκη οποιουδήποτε άλλου υλικού δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3% του βάρους της κονιάς.

Ο Ελληνικός Κανονισμός επιτρέπει χρήση των εξής τύπων τσιμέντου:

ΤΥΠΟΣ I - Portland

ΤΥΠΟΣ II - Portland με ποζολάνη

ΤΥΠΟΣ III - ποζολανικά

ΤΥΠΟΣ IV - Portland ανθεκτικά στα θειικά.

ΤΥΠΟΣ I- Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από ανάμιξη Clinker και γύψου.

ΤΥΠΟΣ II- Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που προέρχονται από ανάμιξη Clinker, γύψου και μιας ποζολάνης. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται η Θηραϊκή γη σε ποσοστό μικρότερο του 10%.

ΤΥΠΟΣ III- Χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα που περιέχουν ποζολάνη σε ποσοστό 20 - 40%.

ΤΥΠΟΣ IV - Είναι τα τσιμέντα Portland με ειδική σύνθεση.

Από άποψη αντοχών όλα τα τσιμέντα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

Κατηγορία 35

Κατηγορία 45

Κατηγορία 55

Οι κατηγορίες αυτές καθορίζονται από τις αντοχές του τσιμέντου στις 28 μέρες σύμφωνα με τον Πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1. Κατηγορίες τσιμέντων

Κατηγορία αντοχών (ονομαστική)	Αντοχή σε θλίψη σε N/mm ²			
	2 ημερών	7 ημερών	28 ημερών	
	Ελάχιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
35	-	15	25	45
45	10	-	35	55
55	15	-	45	Χωρίς όριο

7.2.3.4. Ιδιότητες - χαρακτηριστικά

Το κοινό τσιμέντο Portland έχει χρώμα γκριζοπράσινο που οφείλεται κυρίως στις ενώσεις σιδήρου. Τα βασικά συστατικά του είναι:

Οξείδιο του πυριτίου	SiO_2	20 - 24%
Οξείδιο του ασβεστίου	CaO	60 - 65%
Οξείδιο του αργίλιου	Al_2O_3	5 - 10%
Οξείδιο του σιδήρου	Fe_2O_3	2 - 5%
Οξείδιο του μαγνησίου	MgO	1 - 4%
Τριοξείδιο του θείου	SO_3	0.50 - 1.75%

Το ειδικό βάρος του είναι περίπου 3 - 3.15 g/cm³ ενώ το φαινόμενο βάρος του λαμβάνεται ίσο με 1.20 - 1.30 g/cm³.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η λεπτότητα άλεσης. Κόκκοι με μέγεθος μεγαλύτερο από 100μ (μικρά) δεν λαμβάνουν μέρος στην αντίδραση. Ο μέσος όρος των κόκκων είναι 50μ και ο έλεγχος της λεπτότητας άλεσης γίνεται σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς με προσδιορισμό του ποσοστού του τσιμέντου που παραμένει σε κόσκινο 4900 βροχίδων/cm².

Η λεπτότητα της άλεσης μπορεί να προσδιορισθεί με την δοκιμασία της αεροπερατότητας (συσκευή Blaine). Οι διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν την ποιότητα τώρα εξετάζονται με χρήση Η/Υ (σχήματα 7.5, 7.6, 7.7).

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά είναι ο χρόνος **αρχικής** και **τελικής** πήξης. Ο χρόνος αρχικής πήξης εξαρτάται από:

- την λεπτότητα της άλεσης
- την παλαίωση του τσιμέντου
- την χημική σύσταση (υδραυλικότητα)
- τις ξένες προσμίξεις.

Η έναρξη και ταχύτητα πήξης εξαρτάται από:

- την ποσότητα νερού ανάμιξης
- την θερμοκρασία του μίγματος
- την υγρομετρική κατάσταση της ατμόσφαιρας
- την ένταση με την οποία θα γίνει η ανάμιξη νερού - τσιμέντου.

Άλλοι λόγοι που επηρεάζουν τον χρόνο πήξης είναι:

- Η αύξηση της ποσότητας του νερού. Η πήξη επιβραδύνεται και το τελικό υλικό έχει ελαττωμένη αντοχή.
- Οι υψηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες (η πήξη επιταχύνεται).
- Η αύξηση του χρόνου ανάμιξης (επιβραδύνεται η πήξη του τσιμεντοπολτού)
- Η προσθήκη αδρανών προσμίξεων (επιβραδύνεται η πήξη).
- Η πήξη σε περιβάλλον με υψηλή υγρασία γίνεται ταχύτερα από την πήξη σε ξηρό περιβάλλον.

Οι κανονισμοί που ισχύουν στα περισσότερα κράτη καθορίζουν αρχικό χρόνο πήξης μεγαλύτερο των 45min και τελικής πήξης μικρότερο των 10 ωρών.

Άλλη μία χαρακτηριστική όσο και σημαντική ιδιότητα του τσιμεντοπολτού είναι, ότι εξακολουθεί

να σκληραίνει ενώ συγχρόνως αυξάνει την αντοχή του. Η σκλήρυνση αυτή διαρκεί αρκετά έτη. Κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης και κυρίως τις πρώτες μέρες είναι απαραίτητο να διατηρείται το σώμα που στερεοποιήθηκε σε υγρό περιβάλλον για ολοκλήρωση των χημικών αντιδράσεων.

Η μηχανική αντοχή του τσιμέντου εκφράζεται κατά κανόνα με την αντοχή του σε θλίψη και προσδιορίζεται με πρισματικά δοκίμια που παρασκευάζονται με ανάμιξη τσιμέντου, άμμου και καθορισμένης ποσότητας νερού. Τα δοκίμια διατηρούνται στο νερό ή σε περιβάλλον με σχετική υγρασία μεγαλύτερη από 90%. Η αντοχή τους ελέγχεται την 28^η μέρα και αυτή λαμβάνεται ως χαρακτηριστική αντοχή που κυμαίνεται από 30 - 60KN/mm².

7.2.3.5. Πορώδες

Οι περισσότερες μηχανικές ιδιότητες του τσιμέντου εξαρτώνται από το **πορώδες** του. Το μέγεθος των πόρων του κυμαίνεται από 1 nm (νανόμετρο) έως ένα mm. Το μέγεθος, η κατανομή και η γεωμετρία των πόρων εξαρτώνται από τη λεπτότητα, τη σύσταση του τσιμέντου, τις συνθήκες ενυδάτωσης και το λόγο νερού προς τσιμέντο.

7.2.3.6. Συστολή

Η **συστολή** της ενυδατωμένης πάστας του τσιμέντου επηρεάζεται από τους παράγοντες που αναφέραμε παραπάνω.

7.2.3.7. Διάφοροι δείκτες (L.S.F.)

(Lime Saturation Factor = Δείκτης Κορεσμένης Ασβέστου)

Αυτοί προσδιορίζουν την αναλογία μεταξύ των κυρίων συστατικών, δηλαδή οξείδιο του ασβεστίου (CaO), οξείδιο του πυριτίου (SiO₂), οξείδιο του αργιλίου (Al₂O₃), οξείδιο του σιδήρου (Fe₂O₃) και μετρούν τις ιδιότητες του τσιμέντου (υδραυλικές κ.ά).

7.3. Τύποι τσιμέντου

Οι διάφορες ποικιλίες τσιμέντου αποσκοπούν στην ικανοποίηση διαφόρων τεχνολογικών, οικονομικών και αισθητικών απαιτήσεων. Οι κυριότερες είναι:

7.3.1. Τσιμέντο Portland υψηλής αντοχής

Τα τσιμέντα **υψηλής** αντοχής αναπτύσσονται σε μικρό χρονικό διάστημα το μεγαλύτερο μέρος της μηχανικής τους αντοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με όπτηση σε υψηλότερες θερμοκρασίες και άλεση σε λεπτότερους κόκκους.

Τα τσιμέντα υψηλής αντοχής χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται γρήγορη αφαίρεση των ξυλοτύπων σε χαμηλές θερμοκρασίες.

7.3.2. Ποζολανικά τσιμέντα

Ως **ποζολανικά** τσιμέντα χαρακτηρίζονται αυτά που παράγονται με συνάλεση κοινού τσιμέντου Portland με ποζολάνες σε διάφορες αναλογίες.

Το τσιμέντο Portland Ελληνικού τύπου ανήκει στην κατηγορία των ποζολανικών τσιμέντων και περιέχει θηραϊκή γη σε ποσοστό μέχρι 10%.

7.3.3. Σκωριοκονίες

Οι **σκωριοκονίες** είναι προϊόν συνάλεσης κοινού τσιμέντου Portland με σκουριές μεταλλικών καμίνων σιδήρου σε ποσοστό 30 - 60%.

Οι σκωρίες αναπτύσσουν την αντοχή τους βραδύτερα από το κοινό Portland αλλά η τελική τους αντοχή είναι παραπλήσια. Η αντοχή τους στη διάβρωση από το νερό καθώς και στην χημική προσβολή είναι υψηλότερη από τα κοινά τσιμέντα λόγω δέσμευσης του υδροξειδίου του ασβεστίου $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ενδείκνυται η χρήση τους σε έργα υδραυλικά και υποθαλάσσια.

7.3.4. Αργιλικά τσιμέντα

Τα **αργιλικά** τσιμέντα περιέχουν λιγότερο οξείδιο του ασβεστίου και περισσότερο οξείδιο του αργίλου. Παράγονται με άλεση μίγματος βωξίτη και ασβεστόλιθου.

Χαρακτηριστικό των αργιλικών τσιμέντων είναι η ταχύτητα αύξησης της αντοχής τους, που φτάνει το 90% της χαρακτηριστικής αντοχής σε διάστημα 24 ωρών.

Λόγω της υψηλής θερμότητας που εκλύεται κατά την πήξη, είναι κατάλληλα για παρασκευή και διάσπρωση σκυροδεμάτων σε θερμοκρασίες κοντά στους 0°C . Αντενδείκνυται η χρήση τους σε ογκώδεις κατασκευές και θερμά κλίματα.

Χρησιμοποιούνται ευρέως για την έμφραξη ρηγμάτων, επισκευή γεφυρών και κατασκευή πυρίμαχων σκυροδεμάτων λόγω της αντοχής τους σε θερμοκρασίες μέχρι 1400°C .

7.3.5. Λευκά τσιμέντα

Τα **λευκά** τσιμέντα παρασκευάζονται από πρώτες ύλες που περιέχουν ελάχιστο ποσοστό οξειδίων του σιδήρου.

Το κόστος αυτών είναι υψηλότερο από το κοινό τσιμέντο.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για διακοσμητικούς λόγους, όπου απαιτείται καλύτερη εμφάνιση διαφόρων στοιχείων, όπως μωσαϊκά δάπεδα, αρμολογήματα λευκών επιφανειών κ.ά.

7.3.6. Τσιμέντο τοιχοποιίας

Το **τσιμέντο τοιχοποιίας** παρασκευάζεται με συνάλεση Clinker και μίας αδρανούς ύλης (ασβεστόλιθος ή πυριτική άμμος) σε αναλογία 50%.

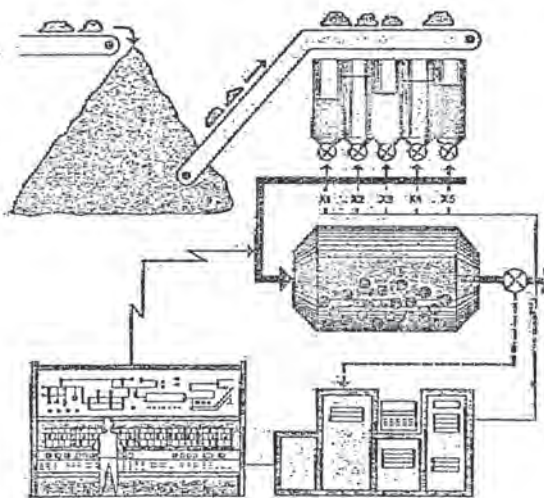
Χρησιμοποιείται για την κατασκευή κονιαμάτων δόμησης και επιχρισμάτων.



Σχήμα 7.8 Αναδευτήρας κονιαμάτων

7.4. Διαχωρισμός στην παραγωγική διαδικασία των διαφόρων ποιοτήτων

Στο σχήμα 7.9 φαίνεται ο τρόπος παραγωγής των βασικών τύπων τσιμέντων, που παράγονται στην Ελλάδα. Το 95% των τσιμέντων διαφοροποιούνται στην τελική άλεση και προέρχονται από το ίδιο μητρικό φαιό Clinker.



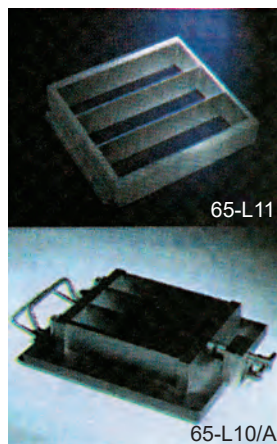
Σχήμα 7.9 Διάταξη αυτόματης διόρθωσης σύνθεσης τροφοδοσίας παραγωγής τσιμέντου

7.5. Έλεγχοι και προδιαγραφές του τσιμέντου

Οι διάφοροι έλεγχοι και δοκιμασίες του τσιμέντου αποσκοπούν στον προσδιορισμό των φυσικών, χημικών και μηχανικών χαρακτηριστικών του.

Σήμερα στα εργαστήρια των εργοστασίων τσιμέντων υπάρχουν υπερσύγχρονα όργανα για τον έλεγχο των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων, όπως για παράδειγμα φασματοφωτόμετρο, διάφορα μικροσκόπια κ.ά. (σχήματα 7.5, 7.6 και 7.7).

Ο Ελληνικός Κανονισμός Τσιμέντων για έργα από σκυρόδεμα καθορίζει τους ελέγχους και περιγράφει λεπτομερώς τις μεθόδους που πρέπει να ακολουθούνται. Έτσι τα τσιμέντα Portland ελληνικού τύπου πρέπει να εμφανίζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

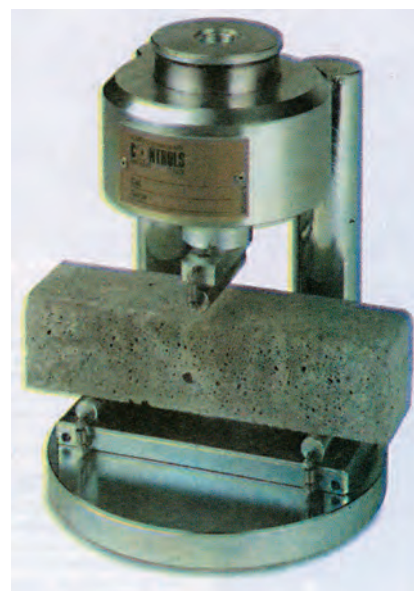
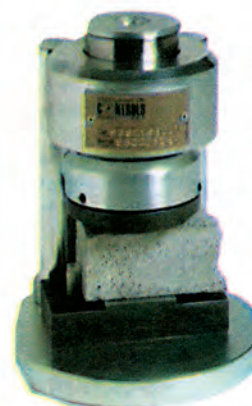


Σχήμα 7.11
Μήτρες τσιμεντοκονιών

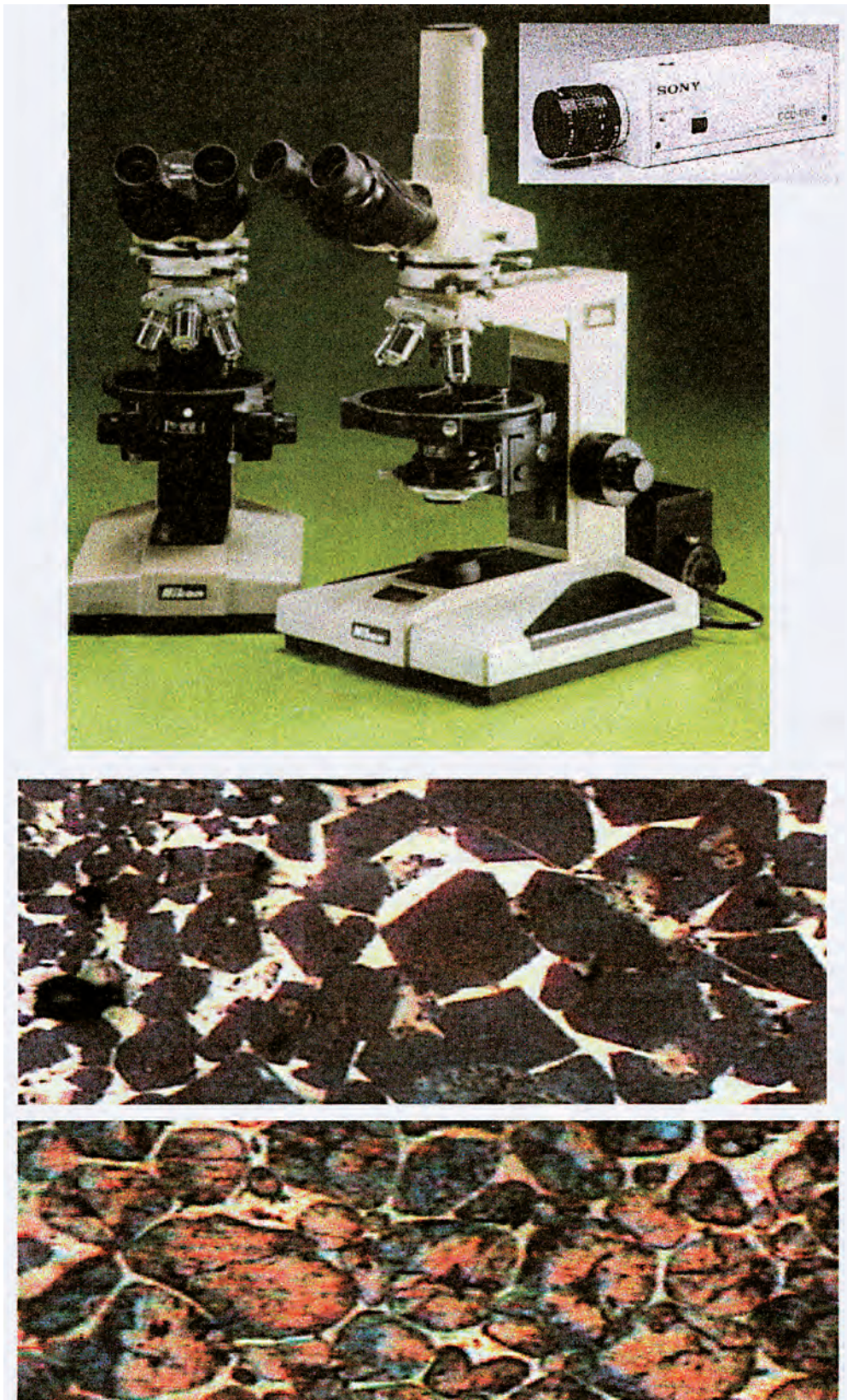


Σχήμα 7.12
Συσκευή Vicat

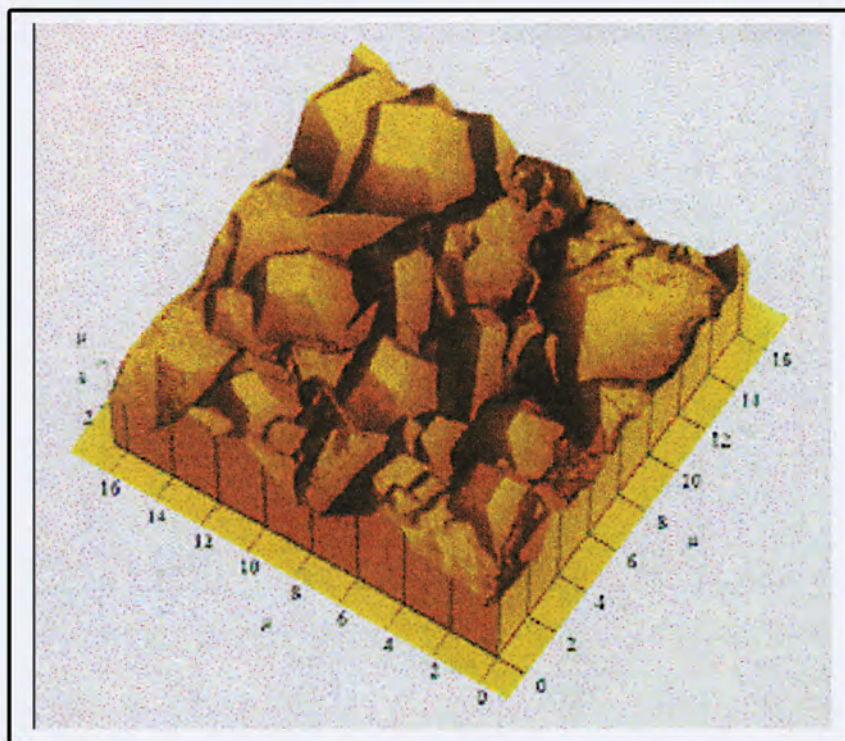
- Η περιεκτικότητα σε μαγνήσιο (MgO) να είναι $<6\%$ και σε τριοξείδιο του θείου (SO_3) $<3.5-4\%$.
- Το αδιάλυτο υπόλειμμα να είναι $<20\%$.
- Επιτρέπονται προσμίξεις άλλων τύπων, για ειδικούς σκοπούς, ποσοστού $<1\%$ και σε τσιμέντα ειδικής παραγωγής ποσοστού $<3\%$.
- Η λεπτότητα άλεσης πρέπει να αφήνει στο κόσκινο των 4900 βροχίδων/cm² υπόλειμμα ποσοστού $<10\%$.
- Ο χρόνος της πήξης του πολτού ελέγχεται με την συσκευή Vicat στο εργαστήριο (σχήμα 7.13).
- Ο κανονισμός ορίζει ότι η πήξη πρέπει να αρχίζει τουλάχιστον μετά μία ώρα και να λήγει το πολύ σε 8 ώρες.
- Το τσιμέντο πρέπει να παρουσιάζει σταθερότητα όγκου που διαπιστώνεται με τη μέθοδο του βρασμού (διαστολή $<10mm$).
- Τα εξεταζόμενα τσιμέντα πρέπει να παρουσιάζουν αντοχές τουλάχιστον σύμφωνες με τις αναφερόμενες στον Κανονισμό των τσιμέντων (πίνακας 7.1).
- Η απώλεια πύρωσης να είναι $<5\%$.



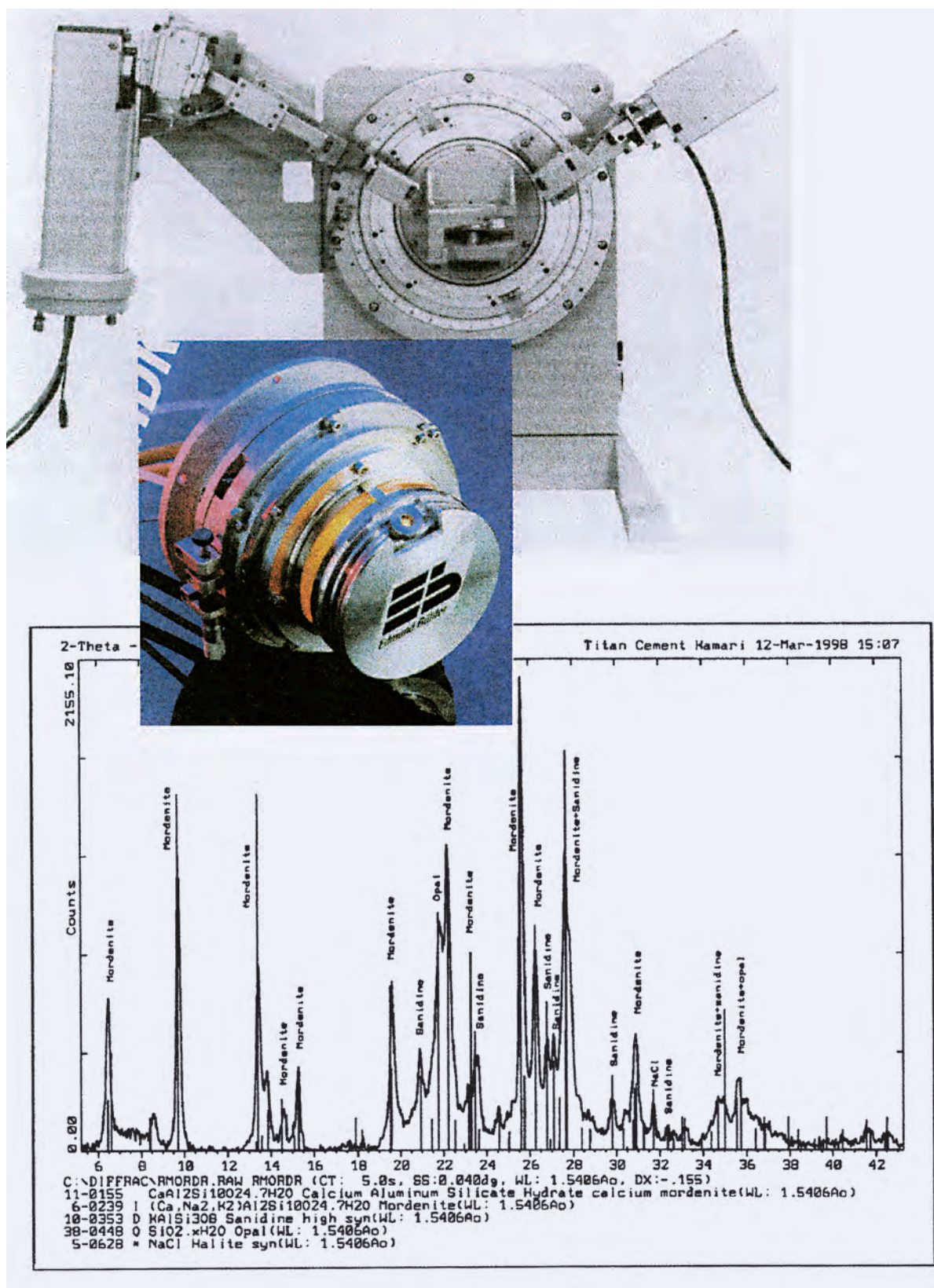
Σχήμα 7.10 Θραύση δοκιμίων



Σχήμα 7.5 Οπτικό μικροσκόπιο με σύστημα ανάλυσης εικόνας



Σχήμα 7.6 Μικροσκόπιο ακίδας

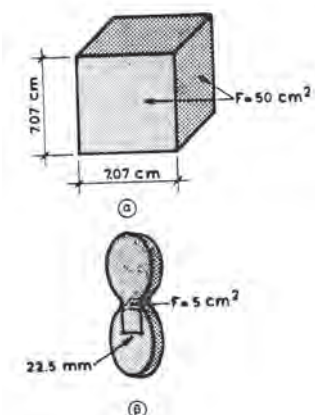


Σχήμα 7.7 Περιθλασίμετρο ακτίνων X

7.6. Αποθήκευση του τσιμέντου

Ο βασικός παράγοντας που συντελεί στην υποβάθμιση της ποιότητας του τσιμέντου είναι η υγρασία, η οποία προκαλεί την σταδιακή ενυδάτωσή του. Ενδεικτικό της προσβολής του τσιμέντου από την υγρασία είναι η δημιουργία σβώλων. Το τσιμέντο αυτό πρέπει να απορρίπτεται ως ακατάλληλο.

Επίσης δεν πρέπει να εκτίθεται σε υπερβολική θερμοκρασία, γιατί καθίσταται ταχύπηκτο.



Σχήμα 7.13 Έλεγχος δοκιμών σε θλίψη και εφελκυσμό

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Περιγράψτε τον μηχανισμό που μετατρέπει τις κόνιες σε συγκολλητικές ύλες.
2. Περιγράψτε τη σβέση της ασβέστου (χημική αντίδραση). Σε τι μετατρέπεται αυτή μετά τη σβέση της και με ποιο τρόπο αυτή στερεοποιείται;
3. Ποιες οι διαφορές της γύψου από την άσβεστο (χημική σύσταση, ιδιότητες).
4. Τι ονομάζουμε τσιμέντα; Πώς αυτά δρουν ως συγκολλητικές κόνιες; Τι ονομάζουμε τσιμέντα Portland και ποια είναι Ελληνικού Τύπου;
5. Ποια είναι τα βασικά συστατικά του τσιμέντου και ποιο είναι το φαινόμενο ειδικό βάρος του;
6. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την αρχική πήξη του τσιμέντου, την ταχύτητά της και το συνολικό χρόνο πήξης;
7. Ποια είναι η σημαντικότερη ιδιότητα του τσιμέντου; Πώς προσδιορίζεται η αντοχή του και ποιες οι συνθήκες αποθήκευσής του;
8. Τι γνωρίζετε:
 - α) για τα αργιλικά τσιμέντα και
 - β) για τα σκωριοτσιμέντα;
 Πού αυτά χρησιμοποιούνται;
9. Χαρακτηριστικά του τσιμέντου Portland Ελληνικού Τύπου.

ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Τα κονιάματα είναι προϊόντα
που παρασκευάζονται με κονία, νερό και άμμο.
Χρησιμοποιούνται κυρίως στο χτίσιμο
(οπτόπλινθοι, φυσικοί λίθοι),
παραγωγή σκυροδέματος και επιχρίσματα.
Ανάλογα με τη χρήση τους
διακρίνονται σε κονιάματα τοιχοποιίας,
επιχρισμάτων ή δαπέδων
και παίρνουν την ονομασία τους,
ανάλογα με την συνδετική ύλη που χρησιμοποιούν.
Είναι συμβατά με τους φυσικούς λίθους,
την ασφαλτο,
τους πλίνθους,
το σκυρόδεμα,
τα προϊόντα τσιμέντου
και τα μονωτικά υλικά.
Το κόστος τους είναι συνάρτηση
της τιμής της κονίας τους.

8. KONIAMATA

Εδώ και χιλιάδες χρόνια ο άνθρωπος ασχολείται με τη δόμηση των τοίχων (κτίσιμο). Οι τότε τεχνίτες κατείχαν την τέχνη και τη γνώση ώστε να κατασκευαστούν θαυμαστά έργα, όπως αρχαίοι ναοί, γέφυρες, υδραγωγεία κ.ά.

Τα πρώτα κονιάματα ήταν μίγματα πηλοκονίας και άμμου και μετέπειτα ασβέστη, νερού και άμμου. Η λάσπη έπρεπε να αναμειχθεί, να ετοιμαστεί και να εφαρμοσθεί με τα χέρια. Έτσι το κτίσιμο απαιτούσε μεγάλο κόπο. Οι ανάγκες για ολοένα και πιο εξειδικευμένες εφαρμογές σε συνδυασμό με τις αυξημένες απαιτήσεις σε ποιότητα των κατασκευών αλλά και με τη βοήθεια της αλματώδους προόδου της χημείας των υλικών, μετέτρεψαν το κονίαμα από «λάσπη» απλών εφαρμογών σε απαραίτητο υλικό ακόμα και των πιο εξειδικευμένων εφαρμογών σε όλα τα στάδια της οικοδομής.

Κονίαμα ονομάζεται το δομικό υλικό που παρασκευάζεται από συνδετικά μέσα (κονίες) άμμου (μεγίστου κόκκου 4.0mm) και νερού με δυνατότητα προσθήκης βελτιωτικών ορισμένων ιδιοτήτων.

Διακρίνουμε τα εξής είδη κονιαμάτων:

- Ανάλογα με τη χρήση τους, σε κονιάματα τοιχοποιίας, επιχρισμάτων, δαπέδων, αρμοκονιάματα, στεγανωτικά, θερμομονωτικά, πυρίμαχα, επισκευαστικά.
- Ανάλογα με την σύνθεσή τους, σε πηλοκονιάματα, ασβεστοκονιάματα, τσιμεντοκονιάματα, ασβεστοτσιμεντοκονιάματα, γυψοκονιάματα, ασβεστογυψοκονιάματα, μαρμαροκονιάματα, ελαφρά κονιάματα, κονιάματα ρητινών.
- Ανάλογα με τον μέγιστο κόκκο της άμμου, σε λεπτόκοκκα και χονδρόκοκκα.
- Ανάλογα με την συνεκτικότητα και την κατεργασία τους, σε μαλακά ή σφιχτά, ρευστά, πεταχτά, ενέματα.
- Ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής τους, σε εργοταξιακά και εργοστασιακά (έτοιμα κονιάματα).
- Ανάλογα με την αντοχή τους που καθορίζεται από τον τύπο και την ποσότητα της συνδετικής κονίας, σε τρεις βασικές κατηγορίες μικρής, μέσης, και υψηλής αντοχής.

Ως συνδετικά μέσα των κονιαμάτων χρησιμοποιούνται οι κονίες με τις οποίες αναφέρθηκαν στο αντίστοιχο κεφάλαιο (τσιμέντο, ασβέστης, γύψος) και ρητίνες ή μαγνησιούχα συνδετικά, για παράδειγμα στα κονιάματα δαπέδων. Οι κονίες χρησιμοποιούνται μόνες τους ή σε συνδυασμό μεταξύ τους.

Εκτός της άμμου (φυσικής ή τεχνητής προέλευσης) είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και ελαφρά αδρανή (διογκωμένη άργιλος, ελαφρόπετρα, περλίτης, κεραμικά θραύσματα κ.ά.). Επίσης για ειδικές απαιτήσεις δαπέδων χρησιμοποιούνται πολύ σκληρά αδρανή.

Τα αδρανή πρέπει να είναι καθαρά, απαλλαγμένα από βλαβερές ουσίες, κατάλληλα διαβαθμισμένα και συμβατά με τις κονίες που θα αναμιχθούν (βλέπε αδρανή).

Το νερό που χρησιμοποιείται θα είναι πόσιμο ή από κατάλληλες πηγές, διαυγές, απαλλαγμένο από χημικές ουσίες.

Τέλος, βελτιωτικά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται προστίθενται σε σχετικά μικρές ποσότητες και επηρεάζουν ορισμένες ιδιότητες των κονιαμάτων με φυσικό ή χημικό τρόπο (στεγανωτικά, πλαστικοποιητικά, ρευστοποιητικά, αερακτικά κ.ά.) όπως την πλαστιμότητα, την αντοχή σε τριβή κ.ά.

8.1. Πηλοκονιάματα

Μίγματα πηλού, νερού και άμμου. Σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές κατασκευές.

8.2. Ασβεστοκονιάματα

Μίγματα υδρασβέστου, άμμου και νερού. Χρησιμοποιούνται στο κτίσιμο οπτοπλίνθων και στα επιχρίσματα. Έχουν μικρή αντοχή και δεν χρησιμοποιούνται μόνα τους.

8.3. Τσιμεντοκονιάματα

Μίγματα τσιμέντου, άμμου και νερού. Έχουν υψηλή αντοχή αλλά απαιτούν προστασία κατά την πήξη τους (διατήρηση υγρασίας στην επιφάνειά τους για αποφυγή ρωγμών). Εάν υπάρχει ειδική απαίτηση για αντοχή σε τριβή χρησιμοποιείται χαλαζιακή άμμος.

Χρησιμοποιούνται για δόμηση τσιμεντόλιθων, για τη στερέωση μεταλλικών εξαρτημάτων σε τοίχους, για επιστρώσεις δαπέδων και σε επιχρίσματα εξωτερικών τοίχων σε υγρό περιβάλλον.

8.4. Ασβεστοτσιμεντοκονιάματα

Είναι τα πλέον συνήθη μίγματα που χρησιμοποιούνται στο κτίσιμο (από φυσικούς ή τεχνητούς λίθους) και στα επιχρίσματα.

Οι αναλογίες τσιμέντου - ασβέστη - άμμου εξαρτώνται από τη χρήση τους και από το εξωτερικό περιβάλλον.

Συνήθως χρησιμοποιούνται:

- Κονιάματα τοιχοποιίας
- Κονιάματα επιχρισμάτων

8.4.1. Κονιάματα τοιχοποιίας

Το κονίαμα πρέπει να γεμίζει τους αρμούς μεταξύ των λίθων και να δημιουργεί σύνδεση ικανή να μεταφέρει τις εξωτερικές δυνάμεις (θλίψη, εφελκυσμό, διάτμηση), να έχει στεγανότητα και να προστατεύει τους αρμούς των λίθων από τυχόν καιρικές επιδράσεις. Οι αρμοί έχουν πάχος 1 - 2 cm και σε ειδικά λεπτά κονιάματα 3 - 5mm.

Η σύνθεσή του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να είναι εύπλαστο και κατάλληλο για το μυστρί (μέτρο εξάπλωσης 17-18 cm) DIN 1053.

Η δοκιμή εξάπλωσης γίνεται για τον προσδιορισμό του εργασιμού των κονιαμάτων και του σκυροδέματος. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι: ένας κώνος κάθισης, μία τράπεζα εξάπλωσης και ένας ξύλινος κόπανος.

Το μέτρο εξάπλωσης σε cm είναι ο μέσος όρος δύο διαμέτρων του εξαπλωθέντος μετά από 15 χτυπήματα και καλά συμπυκνωθέντος κονιαμάτος ή σκυροδέματος στον κώνο αφού γεμίσει σε δύο στρώσεις (σχήμα 8.1).

Σχήμα 8.1 Εξοπλισμός για δοκιμή εξάπλωσης



8.4.2. Κονιάματα επιχρισμάτων (σοβάδες)

Το **επίχρισμα** είναι απλή ή πολλαπλή στρώση νωπού κονιάματος, ορισμένου πάχους, σε τοίχους και οροφές, που αποκτά τις χρήσιμες ιδιότητές του με την στερεοποίησή του πάνω στο καλυπτόμενο δομικό στοιχείο.

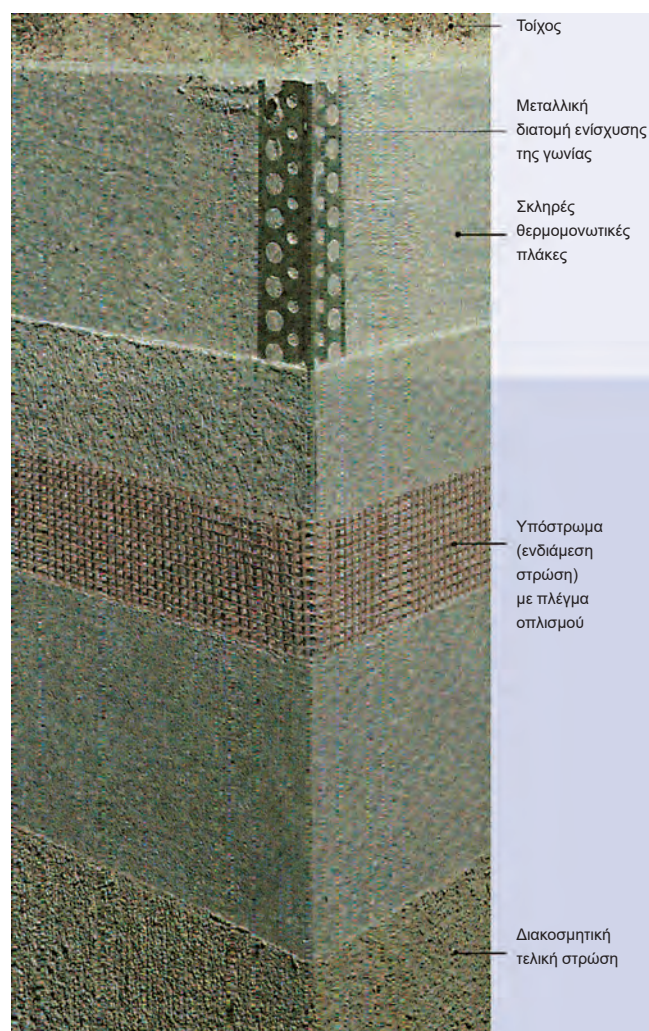
Η βασική αποστολή του είναι η προστασία από την υγρασία, τη θερμότητα, τους θορύβους, και τη βελτίωση της πυροπροστασίας.

Τα κονιάματα επιχρισμάτων διακρίνονται:

- Ανάλογα με την αποστολή τους
- Από το σημείο εφαρμογής τους
- Από την σύνθεση της κατασκευής τους
- Από τον τρόπο κατασκευής τους

Το κονίαμα πρέπει να έχει καλή και ομοιόμορφη συνάφεια με τη βάση του, που πρέπει να είναι καθαρή. Αν είναι υπερβολικά λεία θα τραχύνεται ή θα προηγείται πεταχτό.

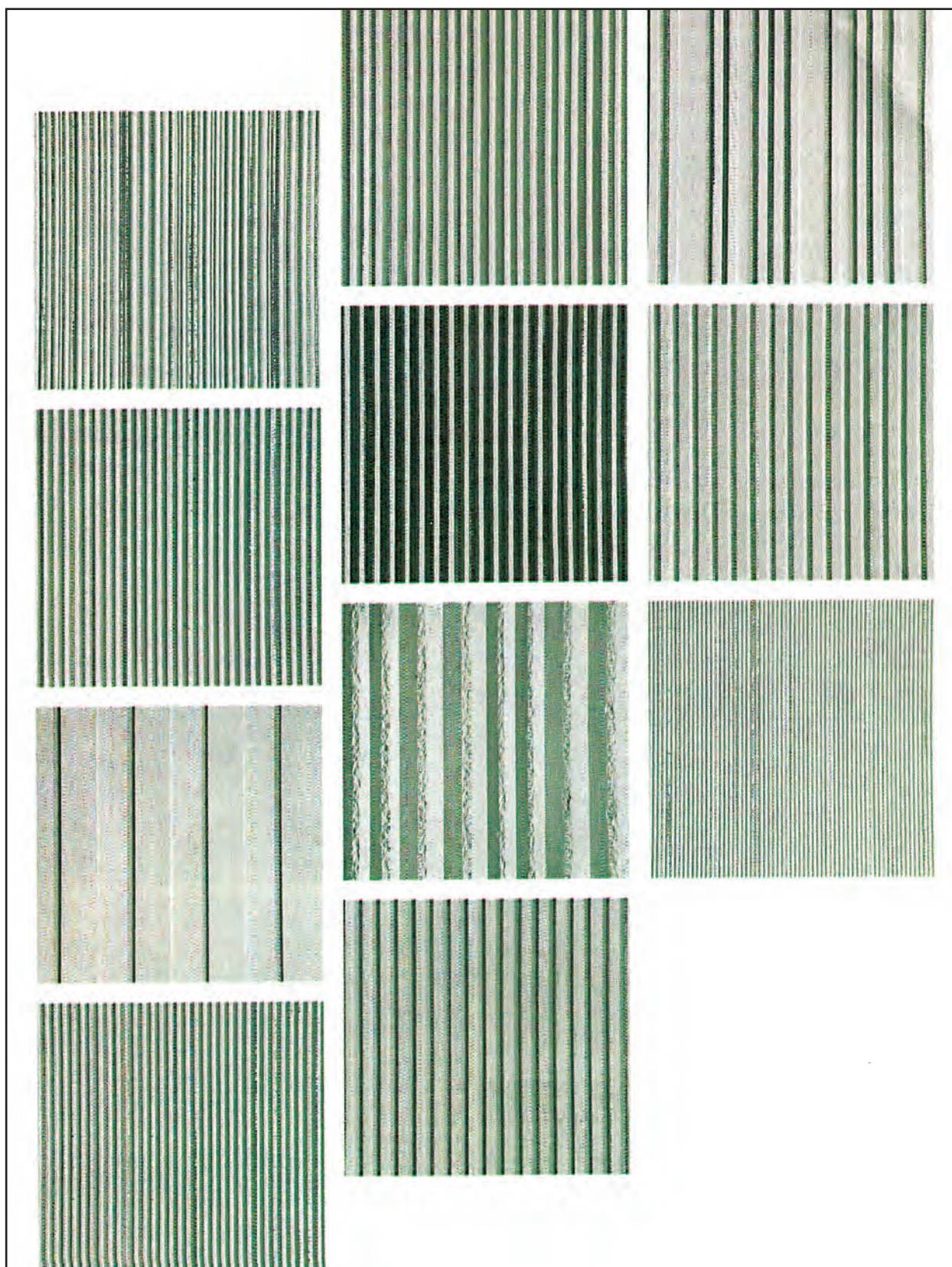
Τα επιχρίσματα, εσωτερικά ή εξωτερικά, εφαρμόζονται σε δύο στρώσεις με αντλία εκτόξευσης ή με μυστρί. Κάθε στρώση πρέπει να είναι:



Σχήμα 8.2 Εφαρμογή επιχρίσματος με προστασία της γωνίας



Σχήμα 8.3 Εφαρμογή κονιαμάτων



Σχήμα 8.4 Τελική επιφάνεια κονιαμάτων

- Ομοιόμορφη με μεγάλη αντοχή
- Η κατώτερη μεγαλύτερης αντοχής από την ανώτερη
- Η ανώτερη μεγαλύτερης ελαστικότητας από την κατώτερη
- Το πάχος τους 2cm για τα εξωτερικά και 1.5cm για τα εσωτερικά

Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των δύο στρώσεων πρέπει να είναι ικανός για το στέγνωμά του.

Η σωστή παρασκευή και εφαρμογή ενός επιχρίσματος επηρεάζει την ανθεκτικότητά του και την αισθητική εμφάνιση του τοίχου.

Τα 2 βασικά μειονεκτήματά του είναι:

1. Οι ρωγμές
2. Τα εξανθήματα (πεταλίδες)

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επιδρούν στην εμφάνιση των παραπάνω μειονεκτημάτων και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή από τους τεχνίτες (σοβατζήδες) είναι:

- Αναλογία συστατικού
- Χρόνος ανάμιξης
- Ποσότητα και ποιότητα νερού
- Ποσότητα τσιμέντου
- Καθαρότητα των πρώτων υλών
- Κοκκομετρία της μαρμαρόσκονης
- Σβέση του ασβέστη
- Χημικές προσμίξεις

8.5. Μαρμαροκονιάματα

Χρησιμοποιούνται ως τελική στρώση εσωτερικών και εξωτερικών επιχρισμάτων. Στο μίγμα χρησιμοποιείται αντί για άμμος μαρμαρόσκονη.

8.6. Θηροκονιάματα

Τα **θηροκονιάματα** χρησιμοποιούνται για δόμηση σε υγρό περιβάλλον. Σ' αυτά η άμμος αντικαθίσταται με σκόνη θηραϊκής γης.

8.7. Γυψοκονιάματα

Τα **γυψοκονιάματα** είναι μίγματα διαφόρων ειδών γύψων επιχρισμάτων και νερού. Απαιτούν πολύ καλή ανάμιξη. Ανάλογα με την αραίωσή τους χρησιμοποιούνται για στοκάρισμα ή ως συνδετικό υλικό σε επιχρίσματα με βοηθητικό μεταλλικό πλέγμα (νευρομετάλλ).

8.8. Κονιάματα δαπέδων



Σχήματα 8.5, 8.6 Βιομηχανικά δάπεδα



Σχήματα 8.7, 8.8
Αντοχή βιομηχανικών δαπέδων



Τα **κονιάματα δαπέδων** καλύπτουν πατώματα και στρώσεις ικανές να φέρουν φορτία (πλάκες ή άλλη φέρουσα στρώση σκυροδέματος). Ανάλογα με την κατασκευή διακρίνονται σε κονιάματα μιας ή πολλών στρώσεων. Χρησιμοποιούνται σε κτηριακά, βιομηχανικά ή υδραυλικά έργα.

Κατά κανόνα, πρέπει να έχουν μεγάλη αντοχή σε τριβή, μεγάλη ανθεκτικότητα και μεγάλη φέρουσα ικανότητα. Στα κτηριακά πρέπει να παρέχουν ικανή θερμομόνωση και ηχομόνωση. Διακρίνονται σε δαπεδοκονιάματα με συνδετικό μέσο το τσιμέντο, σε σκληρά κονιάματα με σκληρά αδρανή, σε δαπεδοκονιάματα με διάφορες προσμίξεις (ανυδρίτης και γύψος, μαγνήσια, ρητίνες, αυτοεπιτιπούμενα δάπεδα).

8.9. Ειδικά κονιάματα

8.9.1. Τσιμεντενέσεις

Οι **τσιμεντενέσεις** είναι μίγματα νερού, τσιμέντου και βελτιωτικών ή αραιωμένα τσιμεντοκονιάματα (αριάνι). Χρησιμοποιούνται για κάλυψη αρμών πλακοστρώσεων, επένδυση σιδηράγων, στο προετοιμασμένο σκυρόδεμα και για την ενίσχυση χαλαρών λιθοδομών.

8.9.2. Στεγανοποιητικά κονιάματα

Τα **στεγανοποιητικά** κονιάματα είναι τσιμεντοκονιάματα με προσθήκη σκωρίας υψικαμίνου ή θηραϊκής γης ή ασφατικών υλικών ή ρητινών.

8.9.3. Πυρίμαχα κονιάματα

Τα **πυρίμαχα** κονιάματα είναι μίγματα από ειδική πηλοκονία (χώμα της φωτιάς) και διάλυμα υδρύλου. Επίσης χρησιμοποιείται το αμιαντοτσιμέντο (ίνες αμιάντου με τσιμέντο, για την παρασκευή τους).

8.9.4. Ελαφρά κονιάματα (θερμομονωτικά ή ηχομονωτικά)

Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι το πορώδες. Για την παρασκευή τους χρησιμοποιούνται ελαφρόπετρα, περλίτης, κεραμικά προϊόντα ή βελτιωτικά, που δημιουργούν αέρα (αεροκονιάματα).

8.9.5. Επισκευαστικά κονιάματα



Οι σημερινές απαιτήσεις για επισκευές και ανακαινίσεις κτηρίων (σεισμοί, διατηρητέα κτήρια) ανέπτυξαν μία νέα κατηγορία υλικών, τα επισκευαστικά κονιάματα, όπως για παράδειγμα κονιάματα για συγκόλληση παλαιού και νέου σκυροδέματος, κονιάματα για πλήρωση ρωγμών, κονιάματα υπό πίεση (Gunite).

Τα επισκευαστικά κονιάματα προήλθαν από συνδυασμό τσιμεντοειδών συνδετικών και εποξικών σε υδατική διασπορά. Προσφέρουν υψηλές μηχανικές και χημικές αντοχές με ταυτόχρονη υδατοστεγανότητα.



Σχήματα 8.9, 8.10 και 8.11 Αποκατάσταση ζημιών (κεραμικής μπαζούστρας) με χρήση επισκευαστικών κονιαμάτων (αρχείο Κ. Χατζηαντωνίου)

8.9.6. Αντισκωριακά κονιάματα

Χρησιμοποιούνται για την επάλειψη του σιδηρού οπλισμού σκυροδέματος.

8.9.7. Κονιάματα πλήρωσης αρμών

Τα κονιάματα πλήρωσης αρμών χρησιμοποιούνται για την πλήρωση μεγάλων τεχνικών έργων και κτηριακών αρμών διαστολής.

8.10. Ιδιότητες των κονιαμάτων

Οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των κονιαμάτων είναι:

- Η εργασιμότητα
- Ο χρόνος πήξης
- Η καλή πρόσφυση
- Το φαινόμενο ειδικό βάρος και η πυκνότητα
- Η μη διόγκωση του επιχρίσματος
- Η φέρουσα συμπεριφορά του, δηλαδή η μηχανική αντοχή του, και η συμπεριφορά του στερεού κονιάματος στις παραμορφώσεις

Κάθε κονίαμα χαρακτηρίζεται από ένα κλάσμα όπου ο αριθμητής δηλώνει τα μέρη όγκου της κονιάς και ο παρονομαστής τα μέρη όγκου της άμμου.

8.11. Έτοιμα κονιάματα

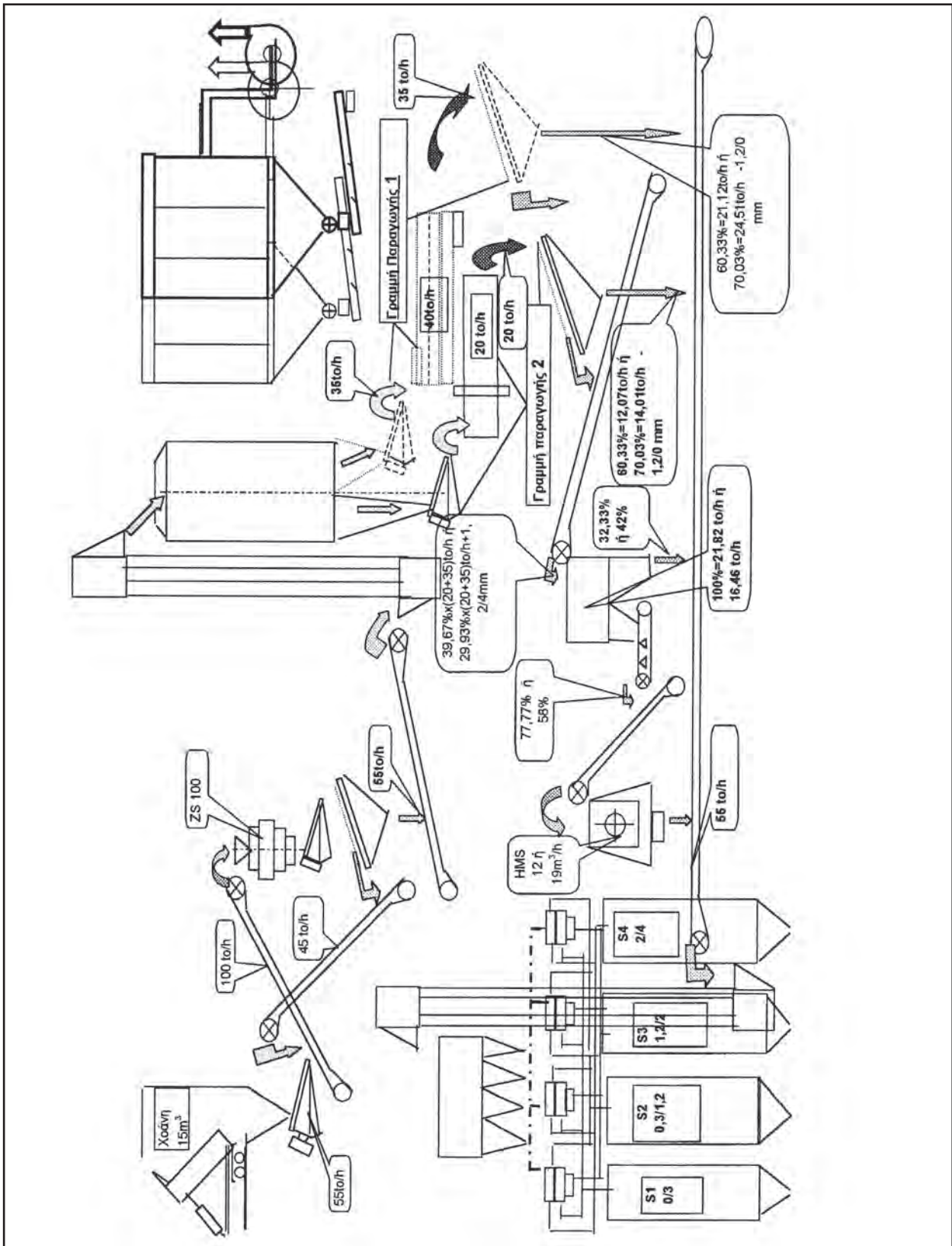
Σήμερα στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες και πρόσφατα στην Ελλάδα έχουν εφαρμογή τα **έτοιμα κονιάματα**, που παρασκευάζονται σε εργοστάσια (βιομηχανία) και μεταφέρονται σε σακιά ή σε σιλό και είναι έτοιμα για χρήση στα τεχνικά έργα (απαιτείται μόνο η προσθήκη νερού).

Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι η ελεγμένη ποιότητα λόγω της βιομηχανικής παραγωγής τους, η μείωση του χρόνου και του κόστους κατασκευής, η μείωση των απωλειών και της ρύπανσης του περιβάλλοντος χώρου κ.ά. (σχήματα 8.12, 8.13, 8.14, 8.15).



Σχήμα 8.12 Έτοιμο κονίαμα επιχρίσματος

Σχήμα 8.13 Εφαρμογή έτοιμου σοβά



Σχήμα 8.14 Διάγραμμα ροής σε εγκατάσταση ετοιμών κονιαμάτων



Σχήμα 8.15 Εφαρμογή έτοιμου σοβά

8.12. Ποιοτικός έλεγχος

Η πρότυπος προδιαγραφή T87 του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (ΥΠΕΧΩΔΕ) καθορίζει τα περί ελέγχου των κονιαμάτων. Τα σημερινά κονιάματα προδιαγράφονται στο DIN 18550. Τα κυριότερα σημεία ελέγχου είναι:

- Το εργάσιμο (δοκιμή στην τράπεζα εξάπλωσης με στόχο 17 - 18cm).
- Απαιτήση σε νερό. (Σε δείγμα 2 Kg ξερού κονιάματος υπολογίζουμε το απαιτούμενο νερό ώστε να πετύχουμε την παραπάνω εξάπλωση)
- Συγκροτούμενο νερό. Χρησιμοποιείται ειδική συσκευή (με φίλτρο), όπου ζυγίζεται το κατακρατούμενο νερό από τη διήθηση του κονιάματος).
- Ειδικό βάρος ($1.7 - 2.0 \text{ g/cm}^3$) πλην των ελαφρών κονιαμάτων.
- Περιεκτικότητα σε αέρα.
- Αντοχή σε θλίψη (χρησιμοποιούνται τα ίδια πρίσματα που χρησιμοποιούνται και για τις δοκιμές τσιμέντου, πίνακας 8.1).
- Αντοχή σε κάμψη (χρησιμοποιούνται τα παραπάνω δοκίμια).
- Έλεγχος σύνθεσης (ανάλυση των συστατικών του μίγματος κατά βάρος).

Ένας πρακτικός έλεγχος στο εργοτάξιο του εργάσιμου και της σωστής αναλογίας ανάμιξης των κονιαμάτων γίνεται με το πλάσιμο στο χέρι μιας ποσότητας κονιάματος, που πρέπει να διατηρεί το σχήμα που αυτή παίρνει. Καθώς πλάθεται, δεν πρέπει να διαρρέει από τα δάκτυλα αλλά πρέπει να αφήνει στην παλάμη ένα λεπτό στρώμα κονιάς.

ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

ΕΙΔΟΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ	σ_b (MPa)
Καλό ασβεστοκονίαμα (μετά 28 ημέρες)	1.5
Τσιμεντοκονίαμα 1:3 (μετά 7 ημέρες)	
Κοινό τσιμέντο	>18
Τσιμέντο υψηλής αντοχής	>25
Τσιμεντοκονίαμα 1:3 (μετά 28 ημέρες)	
Κοινό τσιμέντο	>35
Τσιμέντο υψηλής αντοχής	>50

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες κατηγορίες κονιαμάτων γνωρίζετε
 α) ανάλογα με τη χρήση τους,
 β) ανάλογα με τη σύνθεσή τους και
 γ) ανάλογα με την αντοχή τους;
2. Πώς βελτιώνουμε τις ιδιότητες των κονιαμάτων; Ποιες οι απαιτήσεις των συστατικών τους;
3. Πού χρησιμοποιούνται τα ασβεστοτσιμεντοκονιάματα και ποιες οι χαρακτηριστικές ιδιότητες για κάθε κατηγορία εφαρμογής τους;
4. Ποια χαρακτηριστικά έχουν τα δαπεδοκονιάματα και ποιες οι χρήσεις τους;
5. Τι είναι τα έτοιμα κονιάματα; Πού εφαρμόζονται στην Ελλάδα και σε τι πλεονεκτούν αυτά;
6. Ποιες είναι οι δοκιμές ελέγχου για τα κονιάματα
 α) στο εργαστήριο και
 β) στο εργοτάξιο;
7. Ποια τα βασικά μειονεκτήματα των επιχρισμάτων και τι πρέπει να προσέχουν οι τεχνίτες κατά την κατασκευή τους;

ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα ασφαλτικά υλικά
είναι προϊόντα υδρογονανθράκων (πετρελαίου),
που παρασκευάζονται βιομηχανικά.
Έχουν μεγάλη συγκολλητική ικανότητα.
Ρευστοποιούνται εύκολα
και έχουν μεγάλη ελαστικότητα.
Λόγω της αδιαπερατότητάς τους από το νερό
χρησιμοποιούνται ως υγρομονωτικά.
Κύρια εφαρμογή τους είναι
η παραγωγή ασφαλτοκονιαμάτων για την οδοποιία.
Είναι συμβατά με τα μέταλλα,
τα κεραμικά,
το ξύλο,
τα κονιάματα
και το σκυρόδεμα.
Έχουν σχετικά μικρό κόστος
και ευρύτατες εφαρμογές στην οδοποιία
και στην οικοδομική.

9. ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ



Τα **ασφαλτικά υλικά** είναι υλικά οργανικής σύνθεσης και προέλευσης. Κύριο συστατικό τους αποτελεί ένα μίγμα ανωτέρων υδρογονανθράκων καθώς και παραγώγων τους με οξυγόνο, άζωτο και θείο. Το μίγμα αυτό ονομάζεται ασφάλτιο (bitumen).

Κύριες ιδιότητες του ασφαλτίου είναι:

- Είναι αδιάβροχο και αδιαπέραστο από το νερό
- Έχει ισχυρή πρόσφυση πάνω σε κάθε επιφάνεια
- Έχει μεγάλη αντοχή σε προσβολή από οξέα και αλκάλια
- Έχει μεγάλη αντοχή στη γήρανση

Τα ασφαλτικά χωρίζονται στις ασφάλτους και στις πίσσες. Οι ασφαλτοι είναι προϊόντα φυσικής αλλοίωσης του πετρελαίου, ενώ οι πίσσες ξηρής απόσταξης ανθρακούχων υλικών (λιθάνθρακες, ξύλο).

9.1 Ασφαλτικά συνδετικά υλικά

Στην Ελληνική αγορά χρησιμοποιούνται μόνο ασφαλτοι και ειδικά οι ασφαλτοι που παράγονται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου. Το ασφαλτικό συνδετικό υλικό, που θα προστεθεί στο μίγμα αδρανών για την παρασκευή του ασφαλτικού σκυροδέματος είναι συνήθως καθαρή ασφαλτος.

Κανονικά ο τύπος της ασφάλτου που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στο έργο, τη σύνθεση του ασφαλτικού σκυροδέματος, το είδος υποστρώματος των δρόμων και των φορτίων που αυτά αναλαμβάνουν.

Τα ασφαλτικά υλικά εκδηλώνουν ισχυρή συγκολλητική ικανότητα, είναι πολύ ανθεκτικά στην επίδραση του νερού και σε μεγάλο βαθμό στεγανά. Ρευστοποιούνται με αύξηση της θερμοκρασίας, χωρίς να αλλοιώνονται και επαναποκτούν την αρχική σκληρότητα με μείωση της θερμοκρασίας. Παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα και συνοχή όταν υποστούν εξωτερικές πιέσεις και γι' αυτό δεν ρηγματώνονται από τις συστολές και διαστολές του υποστρώματος. Τα ασφαλτικά υλικά διακρίνονται σε 2 κατηγορίες.

1. Φυσικές ασφαλτοι
2. Τεχνητές ασφαλτοι

9.1.1. Φυσικές ασφαλτοι

Υπάρχουν σε αφθονία σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη, όπως για παράδειγμα στην Κασπία Θάλασσα, στο νησί Τρινιτάντ και στη Βενεζουέλα. Βρίσκονται σε μορφές έτοιμες για χρήση.

9.1.2. Τεχνητές ασφαλτοι

Οι τεχνητές ασφαλτοι διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Στην ασφαλτο οδοστρωσίας
- Στα ασφαλτικά γαλακτώματα
- Στις πίσσες

9.1.2.1. Ασφαλτος οδοστρωσίας

Ο **ασφαλτος οδοστρωσίας** χρησιμοποιείται στην κατασκευή χυτής ασφάλτου, στην κατασκευή ασφαλτικών σκυροδεμάτων κ.ά.

9.1.2.2. Ασφαλτικά γαλακτώματα

Τα **ασφαλτικά γαλακτώματα** διακρίνονται σε αλκαλικά (ψυχρή ασφαλτος) ή όξινα (αντιυδρόφιλοι τύποι). Αυτά διαχέονται στην επιφάνεια της βάσης αφήνοντας πάνω της έναν υμένα. Χρησιμοποιούνται τα μεν όξινα σε άσχημες καιρικές συνθήκες τα δε αλκαλικά όταν το κλίμα είναι ξηρό.

9.1.2.3. Πίσσες

Οι **πίσσες** βρίσκονται συνήθως σε υγρή κατάσταση και είναι υποπροϊόντα των εργοστασίων φωταερίου. Χρησιμοποιούνται κυρίως για προστασία ξύλινων κατασκευών (στύλοι ΔΕΗ, στρωτήρες σιδηροδρομικών γραμμών) και ως αντισκωριακά στα μέταλλα.

Τα παραπάνω ασφαλτικά υλικά συνδυάζονται με άλλα πλαστικά υλικά, όπως καουτσούκ, πολυπροπυλένιο και άλλα, για την παρασκευή στεγανωτικών γαλακτωμάτων. Η στεγάνωση με πίσσα γίνεται με ψυχρή ή θερμή κατεργασία σε χυτή μορφή σε συνδυασμό με υαλοϋφασμα ή σε μορφή γαλακτωμάτων με επάλειψη.

Τέλος, υπάρχουν ασφαλτικά υλικά σε φύλλα (πισσόχαρτα, ασφαλτόχαρτα, ασφαλτόπανα).

9.2. Αδρανή υλικά ασφαλτοκονιάματος

Το ασφαλτικό κονίαμα απαιτεί για τα αδρανή υλικά κοκκομετρική διαβάθμιση, που επιτυγχάνεται με

την χρήση χονδρόκοκκου αδρανούς υλικού, άμμου και παιπάλης. Τα αδρανή πρέπει να πληρούν από άποψη ποιότητας τις οριζόμενες προδιαγραφές. Οι εργαστηριακές δοκιμές που απαιτούνται είναι οι παρακάτω:

- Η κοκκομετρική ανάλυση χονδρόκοκκου και λεπτόκοκκου αδρανούς (πίνακας 9.1)
- Το ισοδύναμο της άμμου (υλικό που διέρχεται από το κόσκινο Νο 4) πρέπει να είναι > 50 ή 55% ανάλογα με τη χρήση του
- Η φθορά σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles <40%
- Η υγεία του πετρώματος (απώλεια βάρους, σε πέντε κύκλους όχι μεγαλύτερη του 9%, η δοκιμή υγείας γίνεται με θειικό νάτριο)
- Η υδροφιλία των αδρανών <95 %

Για την ευπάθεια του ασφαλτομίγματος και ιδιαίτερα στις περιπτώσεις δρόμων μεγάλης κυκλοφορίας βαρέων οχημάτων πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη τα παρακάτω:

- Να χρησιμοποιούνται αδρανή με την μέγιστη δυνατή διάσταση κόκκων
- Να χρησιμοποιείται η μέγιστη δυνατή αναλογία χονδρόκοκκου αδρανούς
- Η παιπάλη να μην υπερβαίνει το 3% για ασφαλτικό σκυρόδεμα
- Να αποφεύγεται η χρησιμοποίηση μεγάλου ποσοστού ασφαλτικού συνδετικού

Πάντως, λόγω της βαριάς κυκλοφορίας στους δρόμους, τα αδρανή (εάν δεν είναι ειδικής προδιαγραφής, για παράδειγμα τα αντιολισθηρά) λειαινούνται λόγω τριβής, με αποτέλεσμα οι δρόμοι να γίνονται επικίνδυνοι.

9.3. Παραγωγή ασφαλτοκονιαμάτων

Τα **ασφαλτοκονιάματα** ή **ασφαλτικά σκυροδέματα** είναι μίγματα ασφάλτου και αδρανών υλικών σε διάφορες αναλογίες. Η άσφαλτος αποτελεί την συγκολλητική ύλη των κονιαμάτων αυτών. Το ασβεστολιθικό υλικό, στην κατάλληλη κοκκομετρική σύνθεση, θεωρείται πολύ καλό γιατί επιτυγχάνεται ικανοποιητική πρόσφυση της ασφάλτου πάνω στους κόκκους του.

Το συνδετικό υλικό είναι άσφαλτος τύπου 20/30, 50/60, 60/70, 80/100, 120/150, 180/220, 220/320, σύμφωνα με τις υπάρχουσες προδιαγραφές του ΥΠΕΧΩΔΕ Α200, 201, 202.

Η παρασκευή του ασφαλτοκονιάματος γίνεται με αύξηση της θερμοκρασίας της ασφάλτου και με την ανάμιξή της εν θερμώ με το ασβεστολιθικό υλικό σε ειδικές εγκαταστάσεις. Η πήξη και η σκλήρυνση του μίγματος επιτυγχάνεται



Σχήμα 9.1 Εργοστάσιο παρασκευής ασφαλτοκονιαμάτων

Πίνακας 9.1.1. Κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών υλικών ασφαλτικού σκυροδέματος

Αριθμός κόσκινου (Αμερ. Προτ. Κόσκ. Τετρ. Οπής AASHO:M-92)		Διερχόμενο ποσοστό % (κατά βάρος) κατηγορία και τύπος μίγματος									
Άνοιγμα βροχίδος		Στρώσεις συνδετικές ή ισοπεδωτικές					Στρώσεις κυκλοφορίας				
σε (ίντσες)	σε mm	Τύπος Α	Τύπος Β	Τύπος Γ	Τύπος Δ(2)	Τύπος Α	Τύπος Β	Τύπος Γ	Τύπος Δ		
1 1/2 "	38.1	100	-	-	-	-	-	-	-		
1 "	25.4	78 - 100	100	-	-	100	-	-	-		
3/4 "	19.1	-	76 - 100	100	-	85 - 100	100	-	-		
1/2 "	12.7	56 - 80	64 - 89	74 - 100	100	-	82 - 100	100	-		
3/8 "	9.52	-	-	60 - 88	74 - 100	61 - 90	68 - 93	84 - 100	100		
No 4	4.76	35 - 58	38 - 64	42 - 70	50 - 80	43 - 79	48 - 82	60 - 85	78 - 100		
No 10	2.00	23 - 46	25 - 50	28 - 54	32 - 62	30 - 65	32 - 68	43 - 70	56 - 84		
No 40	0.177	11 - 25	12 - 28	14 - 30	16 - 34	16 - 38	17 - 44	23 - 42	26 - 50		
No 80	0.074	6 - 16	7 - 18	8 - 20	10 - 22	10 - 24	11 - 28	13 - 28	14 - 32		
No 200		3 - 7	4 - 8	4 - 9	4 - 9	5 - 12	5 - 12	5 - 12	6 - 12		
Άσφαλτος % του βάρους των αδρανών		4.0 - 6.0	4.0 - 6.5	4.5 - 7.0	4.5 - 7.0	5.0 - 7.5	5.0 - 8.0	5.5 - 8.5	6.0 - 10		
Συνιστώμενο πάχος συμπεπιεσμένου ασφαλτομίγματος σε cm		7.5 - 10	3.75 - 7.5	2.5 - 5.0	-	3.75 - 6.25	2.5 - 5.0	2.0 - 3.75	1.25 - 3.25		

στον τόπο εφαρμογής με μείωση της θερμοκρασίας στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και ταυτόχρονη επιβολή πίεσης σε αυτό.

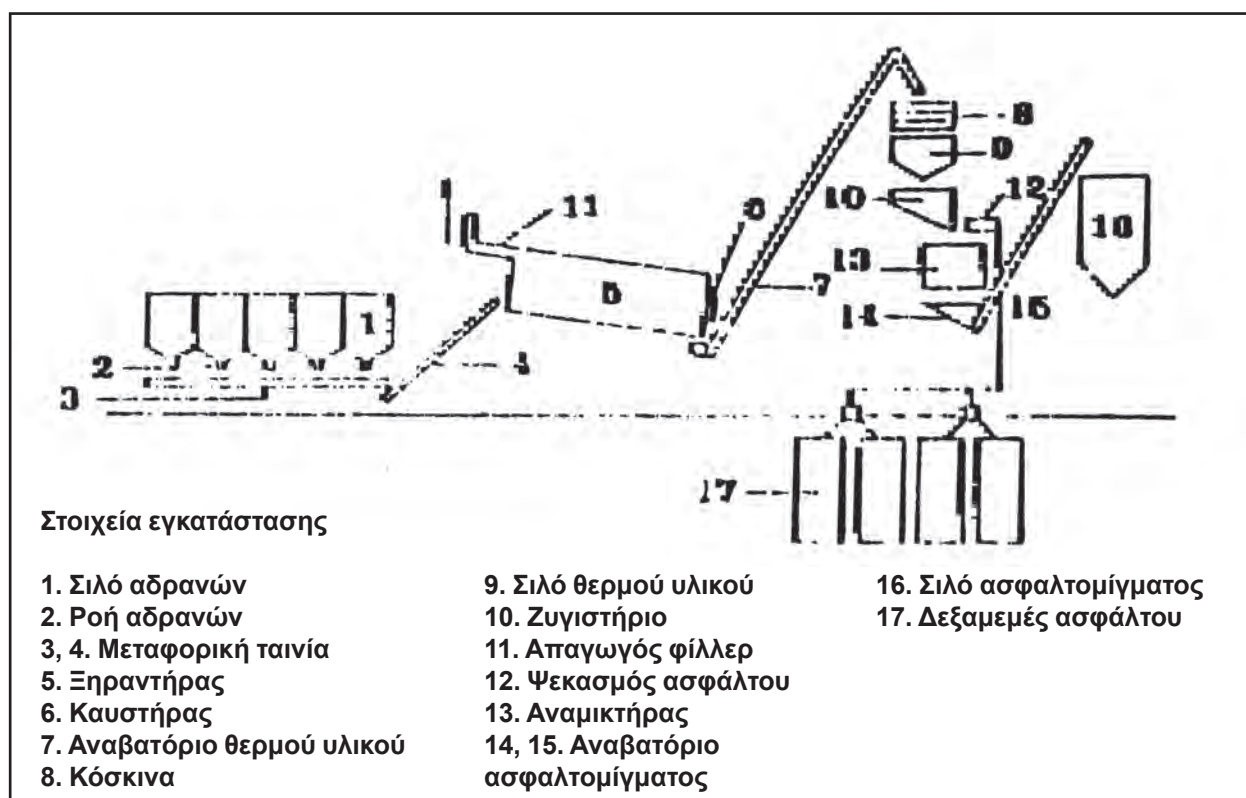
Το ασφαλτικό σκυρόδεμα παρασκευάζεται σε συγκροτήματα παραγωγής (σχήμα 9.1). Προορίζεται για την κατασκευή των στρώσεων κυκλοφορίας (συνδετικών και ισοπεδωτικών) πάνω σε έτοιμες βάσεις οδοστρωμάτων. Οι στρώσεις του ασφαλτικού σκυροδέματος πρέπει να έχουν πάχος τουλάχιστον 1.5 φορές την διάμετρο του μεγίστου κόκκου του αδρανούς υλικού. Το υπόστρωμα πρέπει να έχει ευστάθεια, γιατί πιθανές παραμορφώσεις, ή υποχωρήσεις μπορεί να προκαλέσουν ρωγμές στην ασφαλτική επίστρωση.

Το ασφαλτικό σκυρόδεμα μεταφέρεται με κατάλληλα οχήματα, ώστε να διατηρείται η θερμοκρασία διάστρωσής του μεταξύ 120 -135°C, και ταυτόχρονα να προστατεύεται από τις καιρικές μεταβολές, ενώ απαγορεύεται η διάστρωση του ασφαλτοσκυροδέματος σε θερμοκρασίες μικρότερες των 10°C. Πριν από τη διάστρωσή του προηγείται προεπάλειψη της επιφάνειας στη βάση διάστρωσης.

Η διάστρωση του ασφαλτικού σκυροδέματος γίνεται με κατάλληλο τύπο διαστρωτή (σχήμα 9.2). Οι



Σχήμα 9.2 Οδοστρωτήρας



Σχήμα 9.3 Διάγραμμα ροής παρασκευής ασφαλτοκονιάματος

αυξημένες απαιτήσεις των συγχρόνων έργων οδοποιίας, υπαγορεύουν εξοπλισμό με ειδικές αυτόματες ηλεκτρονικές διατάξεις επιπέδωσης. Προσοχή πρέπει να δίνεται στις κατά μήκος και κατά πλάτος συναρμογές ανάλογα με την περίπτωση.

Αμέσως μετά την διάστρωση και ενώ το ασφαλτικό σκυρόδεμα έχει την κατάλληλη θερμοκρασία ακολουθεί κυλίνδρωση (οδοστρωτήρας).

Μετά την τελική συμπίκνωση, η ασφαλτική στρώση πρέπει να είναι σύμφωνη με τις προδιαγραφές. Ο έλεγχος της στρώσης γίνεται με τη λήψη μίας σειράς δειγμάτων (καρότα). Επίσης γίνεται έλεγχος και στην εγκατάσταση παραγωγής του ασφαλτικού σκυροδέματος.

9.4. Ασφαλτικά διαλύματα

Είναι προϊόντα ανάμιξης των συνηθισμένων ασφάλτων οδοστρωσίας με διαλύτες (για παράδειγμα ακάθαρμο πετρέλαιο). Για την παρασκευή τους χρησιμοποιείται άσφαλτος 80/100. Ο διαλύτης καθιστά το ασφαλτικό διάλυμα εργάσιμο σε χαμηλές θερμοκρασίες. Εξατμίζεται όταν το ασφαλτικό διάλυμα εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα αφήνοντας την άσφαλτο ως συνδετική ύλη. Ανάλογα με την πτητικότητα τους τα ασφαλτικά διαλύματα διακρίνονται σε ταχείας, μέσης και βραδείας εξάτμισης. Χρησιμοποιούνται για ασφαλτομίγματα ή εμποτισμούς.

9.5. Ιδιότητες των ασφαλτικών υλικών

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ασφαλτικών υλικών είναι:

- (α) Η συγκολλητικότητα. Είναι η ικανότητα συγκόλλησης μεταξύ αδρανών και ασφάλτου.
- (β) Η αδιαπερατότητα από το νερό.
- (γ) Η ρευστοποίηση με αύξηση της θερμοκρασίας και η επανασκλήρυνση όταν η θερμοκρασία επανέλθει στην αρχική.
- (δ) Η ανθεκτικότητα στις καιρικές επιδράσεις (βροχή, άνεμος, θερμοκρασιακές μεταβολές κ.ά.).
- (ε) Η ελαστικότητα και η συνοχή στην εξωτερική πίεση.
- (στ) Το ιξώδες της ασφάλτου είναι σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό της επιθυμητής λεπτότητας του υμένα που θα περιβάλλει το αδρανές. Η συνεκτικότητα του ασφαλτικού συνδετικού αυξάνεται αντίστοιχα όταν μειώνεται το πάχος επικάλυψης των αδρανών. Με την χρησιμοποίηση συνδετικού υλικού με μεγάλο ιξώδες επιβάλλεται η αύξηση του κρίσιμου πάχους επικάλυψης.
- (η) Επαναρροή. Στα κλειστού τύπου σκυροδέματα, λόγω της κυκλοφορίας, εμφανίζεται το φαινόμενο της επαναρροής, δηλαδή η δημιουργία επιφανειακής στρώσης από άσφαλτο που ανεβαίνει από το μίγμα και η οποία σκληραίνει το χειμώνα με επακόλουθο το «γλίστρημα» των οχημάτων στα υγρά οδοστρώματα.

9.6. Ποιοτικός έλεγχος

Ο ποιοτικός έλεγχος των ασφαλτικών υλικών γίνεται με τις παρακάτω δοκιμές:

9.6.1. Διείσδυση

Πρότυπη δοκιμή που δείχνει το βάθος στο οποίο μπορεί να φθάσει βελόνα προτύπων διαστάσεων με συνολικό φορτίο 100gr, που επενεργεί σε δοκίμιο ασφάλτου για 5sec σε θερμοκρασία 25°C. Με την δοκιμή αυτή ελέγχεται η συνεκτικότητα της ασφάλτου.

9.6.2. Σημείο μάλθωσης

Είναι η θερμοκρασία στην οποία πρότυπη χαλύβδινη σφαίρα διέρχεται από στρώμα ασφάλτου ορισμένου πάχους.

Οι άσφαλτοι είναι θερμοπλαστικά μη αμιγή σώματα χωρίς συγκεκριμένο σημείο τήξης. Η στερεότητά τους μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

9.6.3. Ολκιμότητα (επιμήκυνση)

Για τον προσδιορισμό της μετράται το μήκος επιμήκυνσης πριν τη θραύση ενός πρότυπου δοκιμίου ασφάλτου. Έτσι ελέγχεται η ελαστικότητα της ασφάλτου σε επιμήκυνση.

9.6.4. Ιξώδες

Είναι η αντίσταση που προβάλλει ένα υγρό στη σχετική κινητικότητα των μορίων του. Για να χρησιμοποιηθούν τα ασφαλτικά υλικά πρέπει να είναι αρκετά ρευστά.

9.6.5. Απώλεια με πύρωση

Με τη δοκιμή αυτή διαπιστώνουμε την αντοχή της ασφάλτου σε πολύωρες θερμάνσεις (στο εργοτάξιο), χωρίς σημαντική μεταβολή των βασικών χαρακτηριστικών της.

9.6.6. Διαλυτότητα

Γίνονται δοκιμές σε διάφορους διαλύτες με σκοπό την διαπίστωση νοθείας στην άσφαλτο με άλλες ουσίες.



Σχήμα 9.4 Μέτρηση σκληρότητας ασφαλτοκονιάματος



Σχήμα 9.5 Συσκευή ανάκτησης ασφάλτου

9.6.7. Σημείο ανάφλεξης

Με τη δοκιμή αυτή εξασφαλίζεται στο εργοτάξιο η θερμοκρασία θέρμανσης της ασφάλτου χωρίς κίνδυνο ανάφλεξής της.

9.6.8. Αναλογία σύνθεσης ασφαλτομίγματος

Το ποσοστό του ασφαλτικού συνδετικού υπολογίζεται με μεγάλη ακρίβεια. Αν υπάρχει λίγο συνδετικό υλικό, το ασφαλτικό σκυρόδεμα γίνεται εύθραυστο και όχι ανθεκτικό. Με περίσσεια ασφαλτικού συνδετικού υλικού υπάρχει περίπτωση η επιφάνεια του ασφαλτικού σκυροδέματος να γίνει στο μέλλον ολισθηρή και κατά την περίοδο του καλοκαιριού είναι δυνατή η παραμόρφωσή του.

Το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου, που πρέπει να χρησιμοποιείται, καθορίζεται εφόσον έχει προηγηθεί η μελέτη και η επιλογή σύνθεσης των αδρανών υλικών. Γενικές κατευθύνσεις με την χρήση εμπειρικών τύπων δίδονται σύμφωνα με τις Ελληνικές Πρότυπες Τεχνικές Προδιαγραφές (Π.Τ.Π.) Α200, Α250, Α260, Α265.



Σχήμα 9.6 Μετρητής γήρανσης



Σχήμα 9.7 Μέτρηση σύνθεσης ασφαλτομίγματος

9.6.9. Μέτρηση κενών

Βασικό χαρακτηριστικό του ασφαλτικού σκυροδέματος είναι ότι τα κενά, μετά από χρήση του για ένα χρόνο, πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 2 και 5%.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ασφάλτου και πίσσας;
2. Ποιες οι απαιτήσεις των αδρανών υλικών, που χρησιμοποιούνται στο ασφαλτόμιγμα; (εργαστηριακοί έλεγχοι).
3. Ποια τα χαρακτηριστικά των ασφαλικών υλικών;
4. Εξηγήστε γιατί η άσφαλτος δεν πρέπει να έχει μεγάλο ιξώδες.
5. Εξηγήστε το φαινόμενο κατά το οποίο οι δρόμοι το χειμώνα γλιστρούν περισσότερο;
6. Γιατί στους παλιούς δρόμους με βαριά κυκλοφορία τα αυτοκίνητα γλιστρούν; Πώς αντιμετωπίζουμε σήμερα το πρόβλημα;
7. Περιγράψτε την επίδραση του ποσοστού της ασφάλτου στην ποιότητα του ασφαλτοσκυροδέματος.
8. Ποιους ελέγχους κάνουμε και τι μετράμε
 - α) για τη μάλθωση,
 - β) για τη διείσδυση,
 - γ) για το σημείο ανάφλεξης της ασφάλτου.

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα είναι το κατ' εξοχήν δομικό υλικό
του 20^{ου} αιώνα
με βάση το τσιμέντο.
Σήμερα κυρίως παρασκευάζεται σε βιομηχανίες
(έτοιμο σκυρόδεμα).
Είναι εύχρηστο και εύπλαστο
καθώς έχει τη δυνατότητα
να πάρει οποιαδήποτε μορφή
με χρήση καλουπιών
και είναι ανθεκτικό σε οιοσδήποτε καιρικές
και περιβαλλοντικές συνθήκες.
Σε συνδυασμό με τον χάλυβα
(οπλισμένο σκυρόδεμα)
αποκτά μεγάλες αντοχές
και έχει κυριαρχήσει στην κατασκευή
των φερόντων στοιχείων
των τεχνικών έργων.
Είναι οικονομικότερο
σε σύγκριση με τα αντίστοιχα δομικά υλικά.
Είναι συμβατό με όλα τα προϊόντα του τσιμέντου,
του ασβέστη και των ασφαλικών.

10. ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



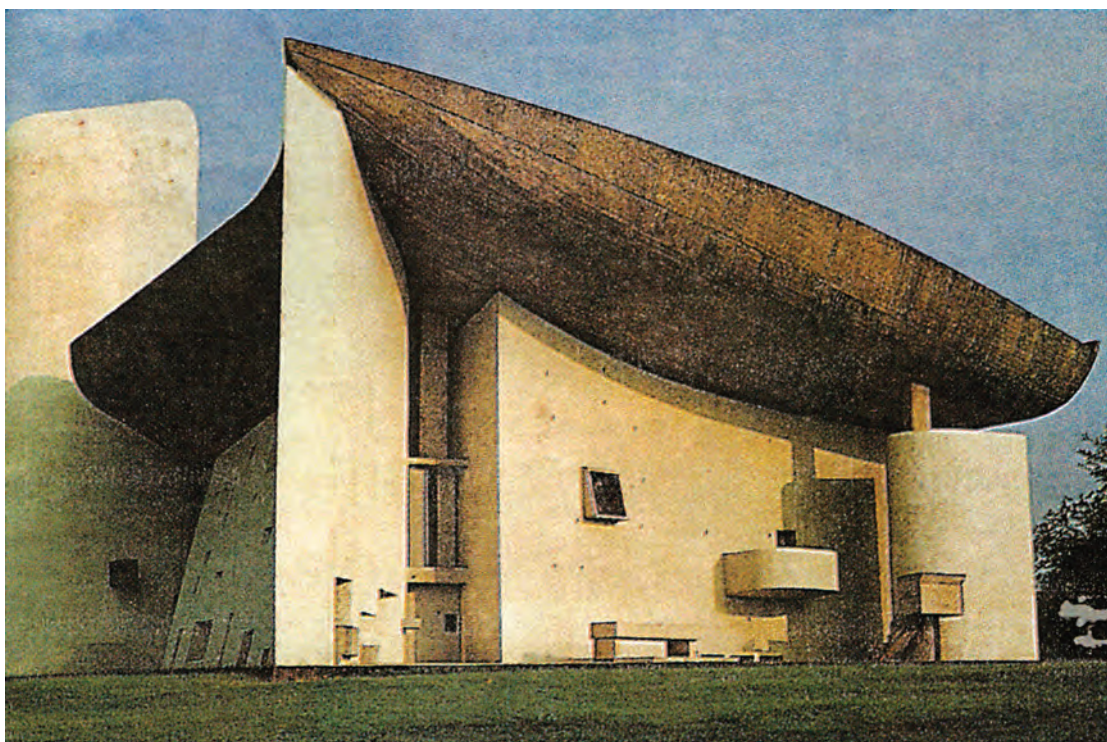
Σχήμα 10.1 Η όπερα του Sydney

Το **σκυρόδεμα** είναι το κατ' εξοχήν υλικό της σύγχρονης κατασκευαστικής τεχνολογίας γιατί είναι φθηνό, ανθεκτικό και εύχρηστο. Είναι το υλικό με το οποίο οικοδομήθηκε η Ευρώπη μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο και έδωσε απεριόριστες δυνατότητες για την κατασκευή έργων που στο παρελθόν ήταν αδιανόητα.

Θεωρείται ο βασιλιάς της σύγχρονης οικοδομικής (που αγαπήθηκε και μισήθηκε πολύ). Το σκυρόδεμα κατηγορήθηκε για την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου (απάνθρωπα τσιμεντένια κτήρια). Το υλικό μπορεί να χρεώθηκε τα μειονεκτήματα και την αποτυχία της σύγχρονης αρχιτεκτονικής, επέτρεψε όμως την απελευθέρωση του τρόπου κατασκευής του κτηρίου μετατρέποντάς το σε έργο τέχνης.

Σύμφωνα με την οδηγία 89/106 της Ευρωπαϊκής Ένωσης χαρακτηρίζεται ως υλικό υψίστης ασφάλειας.

Η ιστορία εξέλιξης του σκυροδέματος είναι συνυφασμένη απόλυτα με την αντίστοιχη του τσιμέντου, το οποίο αποτελεί την συνδετική πρώτη ύλη του, (σκυρόδεμα = σκύρα + δένω με τσιμέντο).



Σχήμα 10.2 Εκκλησία του Λε Κορμπυζιέ στη Ronchamp

Η επανάσταση στο σκυρόδεμα δημιουργήθηκε με την ανακάλυψη της συνεργασίας του με τον σιδηρό οπλισμό. Η ισχυρή πρόσφυση του τσιμέντου στον χάλυβα, η προστασία από την οξείδωση που παρέχει σε αυτόν, οι μηχανικές ιδιότητες του σύνθετου σώματος (αντοχή σε θλιπτικές και εφελκυστικές δυνάμεις) το έκαναν να αντικαταστήσει σχεδόν πλήρως στα τεχνικά έργα το ξύλο και τον χάλυβα.

10.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Το σκυρόδεμα ονομάζεται και **χονδροκονίαμα**. Είναι μίγμα τσιμέντου, αδρανών κατάλληλα διαβαμισμένων, νερού και βελτιωτικών προσθέτων ανάλογα με τις ιδιότητες που θέλουμε να του δώσουμε.

Το σκυρόδεμα χρησιμοποιείται στα τεχνικά έργα (γέφυρες, φράγματα, λιμάνια, αεροδρόμια και οδοποιία) και στα κτηριακά έργα έχοντας τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- (α) Υψηλή αντοχή σε θλίψη
- (β) Μεγάλη διάρκεια ζωής
- (γ) Δυνατότητα παρασκευής στον τόπο εφαρμογής
- (δ) Δυνατότητα επιλογής μίγματος ανάλογα με τη χρήση του
- (ε) Χαμηλό (συγκριτικά με άλλα υλικά) κόστος κατασκευής
- (στ) Δυνατότητα συνεργασίας με άλλα υλικά (χάλυβας, γυαλί)
- (ζ) Είναι εύπλαστο και με την βοήθεια καλουπιών παίρνει οποιαδήποτε μορφή

Όμως σε σχέση με τα υπόλοιπα δομικά υλικά, που χρησιμοποιούμε στις κατασκευές, το σκυρόδεμα έχει τις παρακάτω ιδιαιτερότητες:

- Ο χρόνος από τη στιγμή φόρτωσης του σκυροδέματος μέχρι τη διάστρωσή του στο έργο πρέπει να είναι μικρότερος από 2 ώρες.
- Αν το προϊόν παραγωγής είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις αντοχής του, το γνωρίζουμε αφού ελεγχθεί με την θραύση δοκιμών που πάρθηκαν στο έργο σε 28 ημέρες.
- Μετά την παραγωγή του, πρέπει να μεταφερθεί, να αντληθεί και να διαστρωθεί στους ξυλοτύπους.

10.2. Σύσταση σκυροδέματος

Οι πρώτες ύλες που αποτελούν το σκυρόδεμα είναι:

10.2.1. Το τσιμέντο

Χρησιμοποιείται τσιμέντο Portland ή Portland Ελληνικού τύπου, ή άλλα με πρόσθετα, εφόσον απαιτούνται, ανάλογα με το έργο που κατασκευάζεται.

10.2.2. Αδρανή υλικά

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.). Το μίγμα πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ ή Ε της κοκκομετρικής καμπύλης.

10.2.3. Το νερό

Το νερό πρέπει να είναι καθαρό χωρίς προσμίξεις. Θαλασσινό ή άλλου είδους νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον όταν η περιεκτικότητα σε άλατα δεν υπερβαίνει το 2%.

10.2.4. Τα πρόσθετα

Τα **πρόσθετα** είναι υλικά που προστίθενται σε μικρές ποσότητες για την βελτίωση των ιδιοτήτων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του έργου.

10.3. Σύνθεση σκυροδέματος

Η μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος είναι μια διαδικασία σύμφωνα με την οποία υπολογίζονται οι ποσότητες τσιμέντου, αδρανών, νερού και προσθέτων (εάν απαιτούνται), για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του έργου όπου αυτό πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Τέτοιες απαιτήσεις είναι η αντοχή του σε θλίψη, η αντλησιμότητά του, η υδατοστεγανότητά του, η αντοχή του σε επιφανειακή φθορά, η αντοχή του στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες κ.ά.

Ως εργασιμότητα του νωπού σκυροδέματος ορίζουμε την ευκολία με την οποία μπορεί να γίνει η διάστρωση και η συμπίκνωσή του. Αυτή σχετίζεται με την ρευστότητα (ευκολία ροής) και τη συνεκτικότητά του (αντίσταση στον διαχωρισμό).

Ανάλογα με τη ρευστότητα διακρίνουμε τρεις κατηγορίες σκυροδέματος:

(α) **Ύφυγρο:** Χρησιμοποιείται σε θεμελιώσεις και σκάλες με χρήση δονητών.

(β) **Πλαστικό:** Η κατηγορία αυτή, που χρησιμοποιείται κατά κανόνα στα έργα από οπλισμένο σκυρόδεμα (πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα), απαιτεί επίσης την χρήση δονητή.

(γ) **Ρευστό:** Χρησιμοποιείται για πλήρωση αρμών και σε επιφάνειες χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις αντοχής σε θλίψη (δάπεδα). Όταν υπάρχει ανάγκη για πολύ ρευστό σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται τα ρευστοποιητικά (αντί της συνήθως καταστροφικής προσθήκης νερού).

Σήμερα η μελέτη σύνθεσης γίνεται σε καθορισμένα εργαστήρια σύμφωνα με τον Κ.Τ.Σ. Οι μελέτες σύνθεσης μπορούν να εκπονούνται από τα εργαστήρια των Ανωτάτων Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων, του ΥΠΕΧΩΔΕ και αναγνωρισμένα ιδιωτικά εργαστήρια. Τα εργαστήρια των εργοστασίων ετοίμου σκυροδέματος επίσης μπορούν να εκπονούν τις δικές τους μελέτες σύνθεσης.

Η μελέτη σύνθεσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη:

- (α) Τις απαιτήσεις της κατασκευής
- (β) Τα διαθέσιμα υλικά
- (γ) Τις κλιματολογικές - τοπικές συνθήκες
- (δ) Την εργασιμότητα
- (ε) Την καλή εμφάνιση της τελικής επιφανείας
- (στ) Την υδατοστεγανότητα (δεξαμενές - πισίνες)
- (ζ) Την αντλησιμότητα (εφόσον απαιτείται χρήση αντλίας)

Η μελέτη σύνθεσης γίνεται στην αρχή κάθε έργου και επαναλαμβάνεται όταν:

- (α) αλλάζει η πηγή προέλευσης των αδρανών ή του τσιμέντου
- (β) τα αδρανή παρουσιάζουν διαφορετική διαβάθμιση
- (γ) όταν η εργασιμότητα δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις του έργου

Οι βασικές αρχές που μας οδηγούν σε μία σύνθεση σκυροδέματος είναι:

- (α) Ελαχιστοποίηση του κόστους παρασκευής (μικρότερη δυνατή ποσότητα τσιμέντου)
- (β) Μεγιστοποίηση της συνεκτικότητάς του (αύξηση της αντοχής του)
- (γ) Μείωση του κονιάματος και αύξηση της αντοχής (χρήση μεγαλύτερων κόκκων αδρανούς)

Οι απαιτούμενες ποσότητες των διαφόρων υλικών υπολογίζονται κατά βάρος. Οι καμπύλες της κοκκομετρικής σύνθεσης των αδρανών χαράσσονται με ζύγιση των ποσοτήτων που παραμένουν ή διέρχονται από κάθε κόσκινο.

Η επιθυμητή εργασιμότητα, που μετριέται συνήθως με την κάθιση οφείλει σύμφωνα με τον Κ.Τ.Σ. να είναι >50mm (με χρήση θραυστών αδρανών), πρέπει να αυξάνεται κατά 50% σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών ή μεγάλων ποσοτήτων σιδηροπλισμού.

10.4. Αδρανή

Οι απαιτούμενες πληροφορίες για τις ιδιότητες των αδρανών δίνονται από το λατομείο του προμηθευτή και ελέγχονται στα εργαστήρια.

Για τις συνηθισμένες ποιότητες σκυροδεμάτων C16/20, 020/25 (παλαιές B225, B300 κ.ά.) τα αδρανή προσκομίζονται στα εργαστήρια σε τρία κλάσματα (σχήμα 10.3).

- 0mm < κόκκος αδρανούς < 4mm (άμμος)
- 4mm < κόκκος αδρανούς < 16mm (γαρμπίλι)
- 16mm < κόκκος αδρανούς < 31.5mm (χαλίκι)

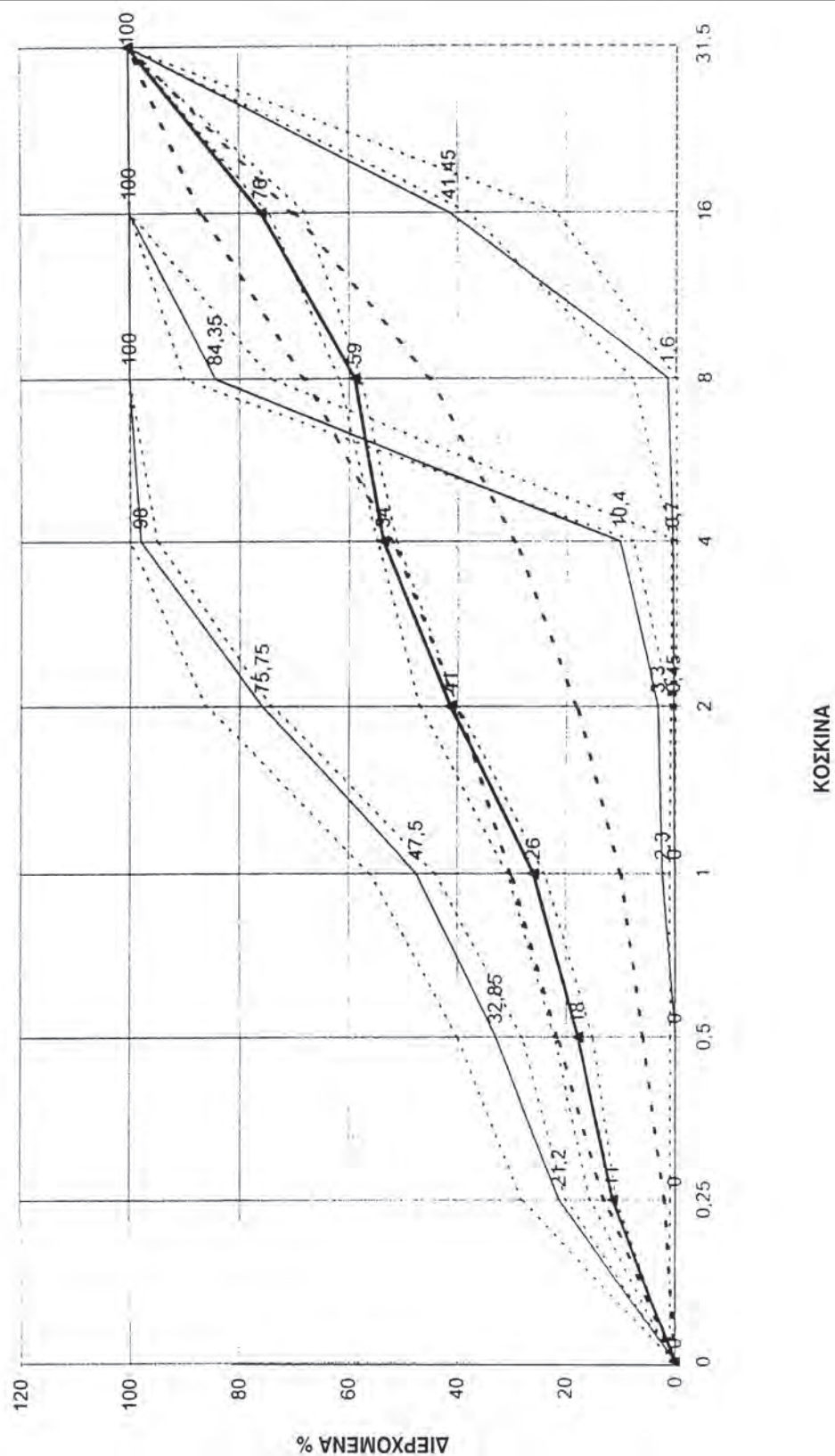
Ο μέγιστος κόκκος αδρανών πρέπει να είναι μικρότερος από το 1/3 του μικρότερου πάχους των στοιχείων που απαρτίζουν την κατασκευή. Επίσης να είναι λίγο μικρότερος (5mm) από την απόσταση που τοποθετούμε τον χάλυβα οπλισμού.

10.5. Τσιμέντο

Ο Κ.Τ.Σ. καθορίζει τις ελάχιστες απαιτούμενες ποσότητες τσιμέντου για να επιτευχθεί η επιθυμητή πλαστικότητα, η αντοχή και η ανθεκτικότητα του σκυροδέματος ανάλογα με τις κλιματολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Επίσης ανάλογα με το μέγιστο κόκκο του αδρανούς που χρησιμοποιούμε και τον τρόπο κατασκευής του δομικού στοιχείου, οι ελάχιστες ποσότητες του τσιμέντου δίνονται από τον πίνακα 10.1.

ΜΙΓΜΑ C16/20 -ΑΔΡΑΝΗ



Σχήμα 10.3 Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης

Πίνακας 10.1. Ελάχιστη ποσότητα απαιτούμενου τσιμέντου

Σκυρόδεμα μεγίστου κόκκου κατά DIN	ASTM	Επιχρισμένο σκυρόδεμα (Kg/m ³)	Ανεπίχριστο σκυρόδεμα (Kg/m ³)
16	½"	310	340
31.5	1"	270	300
63	½"	270	300

10.6. Νερό

Το νερό πρέπει να είναι πόσιμο, διαφορετικά γίνεται χημική ανάλυση για την πιστοποίηση της καταλληλότητάς του.

Ο λόγος νερού προς τσιμέντο N/T δεν πρέπει να ξεπερνάει τα όρια, όπως αυτά φαίνονται στον πίνακα 10.2.

Η υγρασία που περικλείεται στα αδρανή πρέπει να αφαιρείται από το νερό που χρησιμοποιείται στην σύνθεση.

Πίνακας 10.2. Λόγος N/T

Σκυρόδεμα επιχρισμένο	0.70
Σκυρόδεμα ανεπίχριστο	0.67
Σκυρόδεμα μειωμένης υδατοπερατότητας	0.58 T=350Kg
	0.50 T=400Kg
Σκυρόδεμα μέσα στο νερό	0.60
Σκυρόδεμα μέσα στη θάλασσα	0.48

10.7. Πρόσθετα

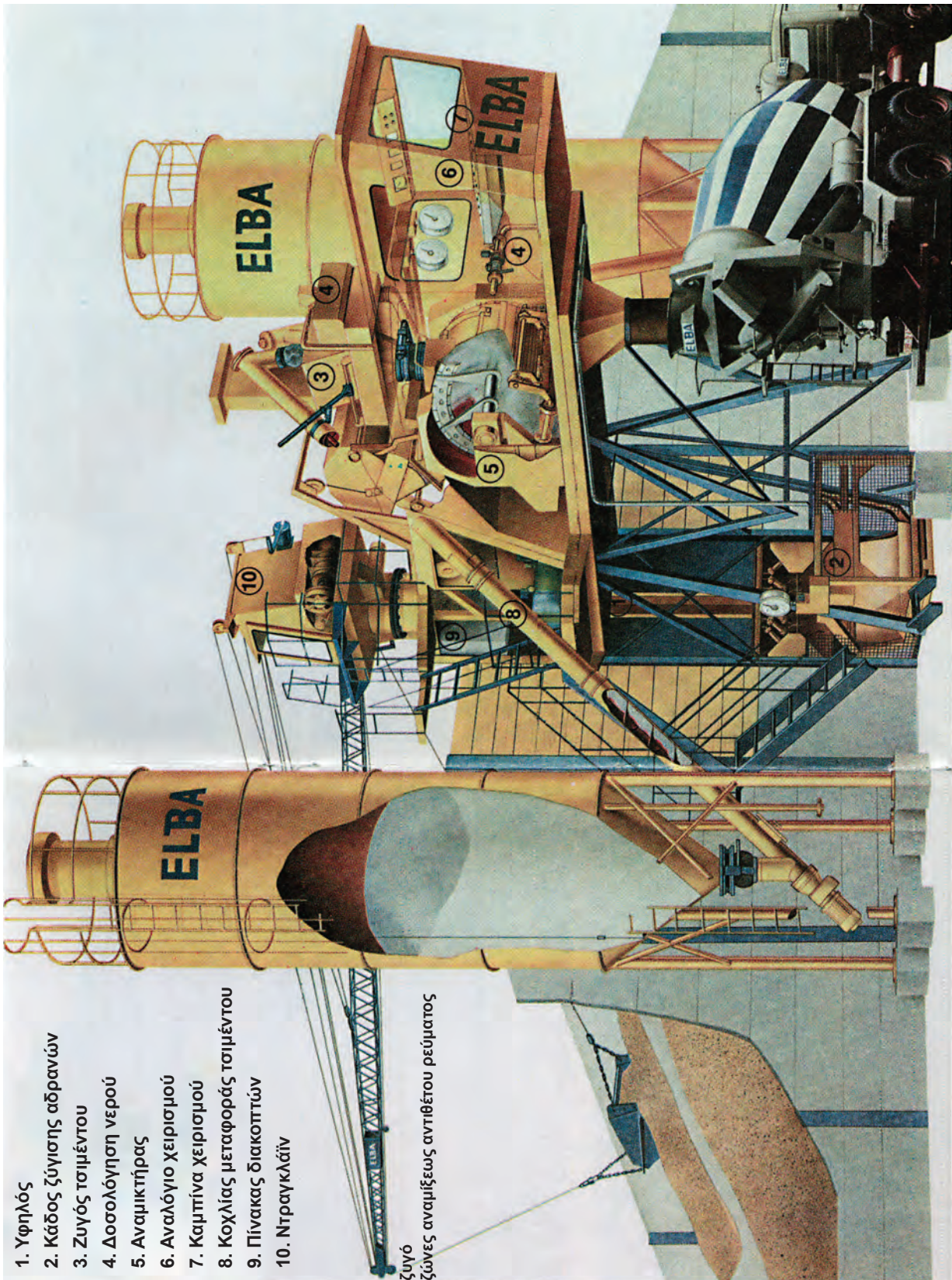
Ανάλογα με τις ιδιότητες που θέλουμε να δώσουμε στο σκυρόδεμα, που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο, επιλέγεται και το κατάλληλο πρόσθετο.

10.8. Κατηγορίες σκυροδέματος

Ο Νέος Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Κ.Τ.Σ.) προβλέπει τις κατηγορίες σκυροδεμάτων, που είναι κοινές σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, με βάση την χαρακτηριστική αντοχή (f_{ck}) σε θλίψη. Στον πίνακα 10.3 φαί-



Σχήμα 10.4 Σύγχρονο εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος



Σχήμα 10.5 Εργοστάσιο παραγωγής σκυροδέματος



Σχήμα 10.6 Διαδικασία παραγωγής

Πίνακας 10.3. Αντοχή σκυροδέματος

Κατηγορία Σκυροδέματος	f_{ck} (κυλινδρικού δοκιμίου) (MPa)	f_{ck} (κυβικού δοκιμίου) (MPa)
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60

(C - Concrete = σκυρόδεμα στα Αγγλικά)

νονται οι νέες κατηγορίες σκυροδέματος, όπου ο πρώτος αριθμός εκφράζει την χαρακτηριστική αντοχή ενός κυλινδρικού δοκιμίου, διαστάσεων Φ150mm και ύψους 300 mm και ο δεύτερος ενός κυβικού δοκιμίου 150x150x150mm.

Όλες οι παλαιές μελέτες, πριν το 1996, είχαν τον συμβολισμό B (Beton) και ο αριθμός δίπλα δηλώνει την αντοχή σε θλίψη κυβικών δοκιμίων 28 ημερών σε Kg/cm².

Ο συνηθέστερος τύπος σκυροδέματος που χρησιμοποιήθηκε στη χώρα μας ήταν το B225. Άλλοι τύποι όπως B300, B450 χρησιμοποιήθηκαν σε κατασκευές με ειδικές απαιτήσεις αντοχής. Σήμερα ο πιο συνηθισμένος τύπος που χρησιμοποιείται είναι το σκυρόδεμα C16/20.

Ο νέος Κ.Τ.Σ. κατηγοριοποιεί το σκυρόδεμα, ανάλογα με τη μέτρηση κάθισης (δοκιμή μέτρησης της εργασιμότητάς του) σε 4 κατηγορίες:

1. Κατηγορία κάθισης	S1	10 - 40mm
2. Κατηγορία κάθισης	S2	50 - 90mm
3. Κατηγορία κάθισης	S3	100 - 150mm
4. Κατηγορία κάθισης	S4	>160mm

10.9. Παραγωγή σκυροδέματος

Στην καθιέρωση του σκυροδέματος ως κατασκευαστικού υλικού, έχει συντείνει, πέραν της εξέλιξης της τεχνολογίας του, η βιομηχανοποίηση της παραγωγής του. Το βιομηχανοποιημένο σκυρόδεμα ονομάζεται και «έτοιμο σκυρόδεμα». Το σκυρόδεμα παράγεται σε εργοστασιακές μονάδες, κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες παραγωγής και όταν είναι σε ρευστή κατάσταση, μεταφέρεται με ειδικά αυτοκίνητα - αναδευτήρες στον τόπο κάθε κατασκευαστικού έργου, όπου και χρησιμοποιείται.

Στις αρχές του αιώνα λειτούργησαν διεθνώς οι πρώτες μονάδες ετοίμου σκυροδέματος (Γερμανία 1903, Η.Π.Α. 1913, Ηνωμένο Βασίλειο 1930), ενώ η συστηματική παραγωγή του προϊόντος στη χώρα μας ξεκίνησε από το 1968.

Η διαδικασία παραγωγής και ενσωμάτωσης του σκυροδέματος στα τεχνικά έργα ακολουθεί σχηματικά τα εξής στάδια:

- Ανάμιξη
- Μεταφορά
- Διάστρωση του σκυροδέματος.

10.9.1. Ανάμιξη

Η **ανάμιξη** είναι από τα σπουδαιότερα στάδια στην παραγωγή του ετοιμού σκυροδέματος και στοχεύει σε προϊόν σταθερής ρευστότητας. Η ακρίβεια των ζυγών και η χρήση Η/Υ μας εξασφαλίζουν τις αναλογίες μίξης, που έχει προβλέψει η μελέτη σύνθεσης, κατά τη διαδικασία παραγωγής του ετοιμού σκυροδέματος.

Είναι απαραίτητη η ύπαρξη ξεχωριστών ζυγών για κάθε ένα από τα συστατικά του σκυροδέματος. Η ακρίβειά τους πρέπει να είναι +2% για το τσιμέντο και το νερό και +3% για τα αδρανή και τα πρόσθετα.

Η μελέτη σύνθεσης έχει γίνει για ξηρά υλικά και επομένως η υγρασία των αδρανών πρέπει να αφαιρείται κατά την παραγωγική διαδικασία του σκυροδέματος.

Τα πρόσθετα (εκτός ρευστοποιητών) μπαίνουν στον αναμικτήρα κατά την φόρτωση. Στον αναμικτήρα (εάν είναι βιαίας ανάμιξης) απαιτείται ελάχιστος χρόνος ανάμιξης 30 sec.

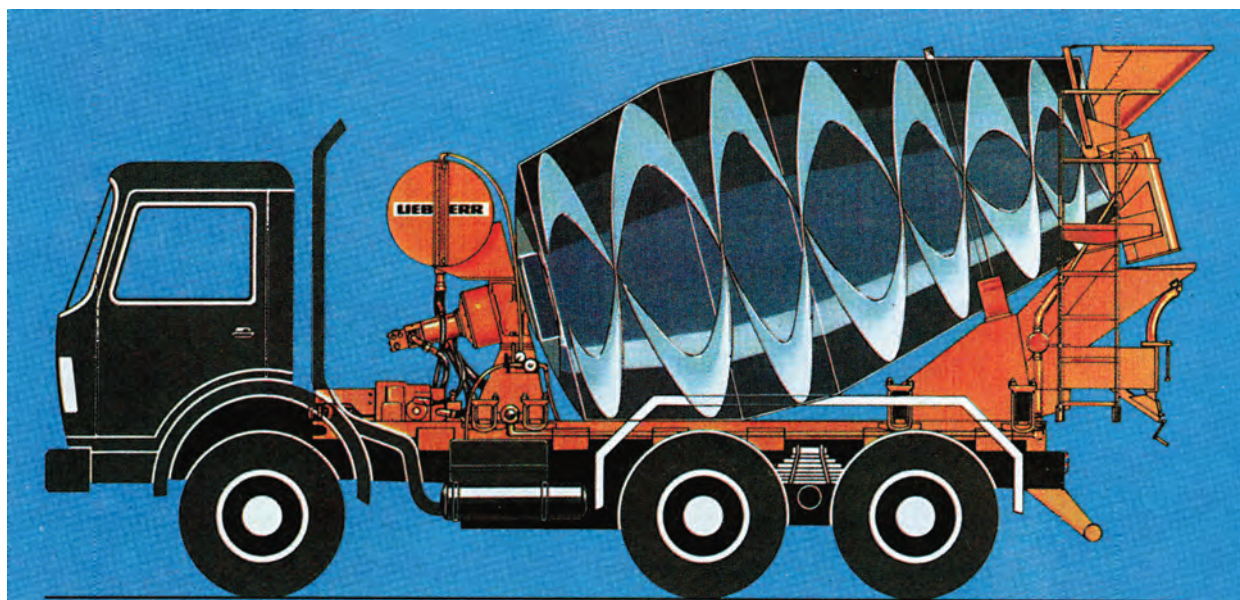
Σε υψηλές θερμοκρασίες απαιτείται η προσθήκη πάγου για τη μείωση της θερμοκρασίας του νερού, ώστε τα παραγόμενο σκυρόδεμα να έχει θερμοκρασία μέσα στα επιτρεπόμενα όρια.

10.9.2. Μεταφορά

Η **μεταφορά** του σκυροδέματος στον τόπο διάστρωσης γίνεται με ειδικά οχήματα βαρέλες (σχήμα 10.7). Κατά την μεταφορά πρέπει να εξασφαλιστούν οι ιδιότητες του σκυροδέματος (αντοχή, εργασιμότητα), που επιτυγχάνονται με την χρησιμοποίηση κατάλληλου εξοπλισμού των βαρελών (πτερύγια με ελίκωση, σχήμα 10.8) και κατάλληλης ταχύτητας περιστροφής τους.



Σχήμα 10.7 Βαρέλες μεταφοράς (μπετονιέρες)



Σχήμα 10.8 Ελίκωση βαρέλας (μπετονιέρα)

Ο κάδος της μπετονιέρας πρέπει να περιστρέφεται με ταχύτητα 2-4 revs/min (στροφές/λεπτό). Σε περίπτωση που η απόσταση μεταφοράς είναι πολύ μεγάλη ώστε ο χρόνος μεταφοράς του σκυροδέματος να υπερβαίνει τα 90sec, τα υλικά προστίθενται στις σωστές αναλογίες και η προσθήκη του νερού γίνεται στο εργοτάξιο. Το σκυρόδεμα αναμιγνύεται πριν την αποφόρτιση με συχνότητα 8 - 14 revs/min και για χρόνο 6-10 min.

10.9.3. Αντληση

Το σκυρόδεμα για να φτάσει στο χώρο διάστρωσής του απαιτούνται κατάλληλα μηχανήματα, όπως **αντλίες**, μεταφορικές ταινίες, αναβατόρια κ.ά.

Κατά κύριο λόγο σήμερα χρησιμοποιούνται οι αντλίες (σχήμα 10.9). Το σκυρόδεμα που θα αντληθεί πρέπει να έχει διαφορετική μελέτη σύνθεσης, από ό,τι τα συνήθη της αντίστοιχης κατηγορίας, εξαιτίας των απαιτήσεων λειτουργίας του μηχανήματος.

Το άκρο του σωλήνα εκροής (μπούμα) (σχήμα 10.8) της αντλίας δεν πρέπει να απέχει περισσότερο από 2.5m από την επιφάνεια της διάστρωσης του σκυροδέματος.

10.9.4. Διάστρωση

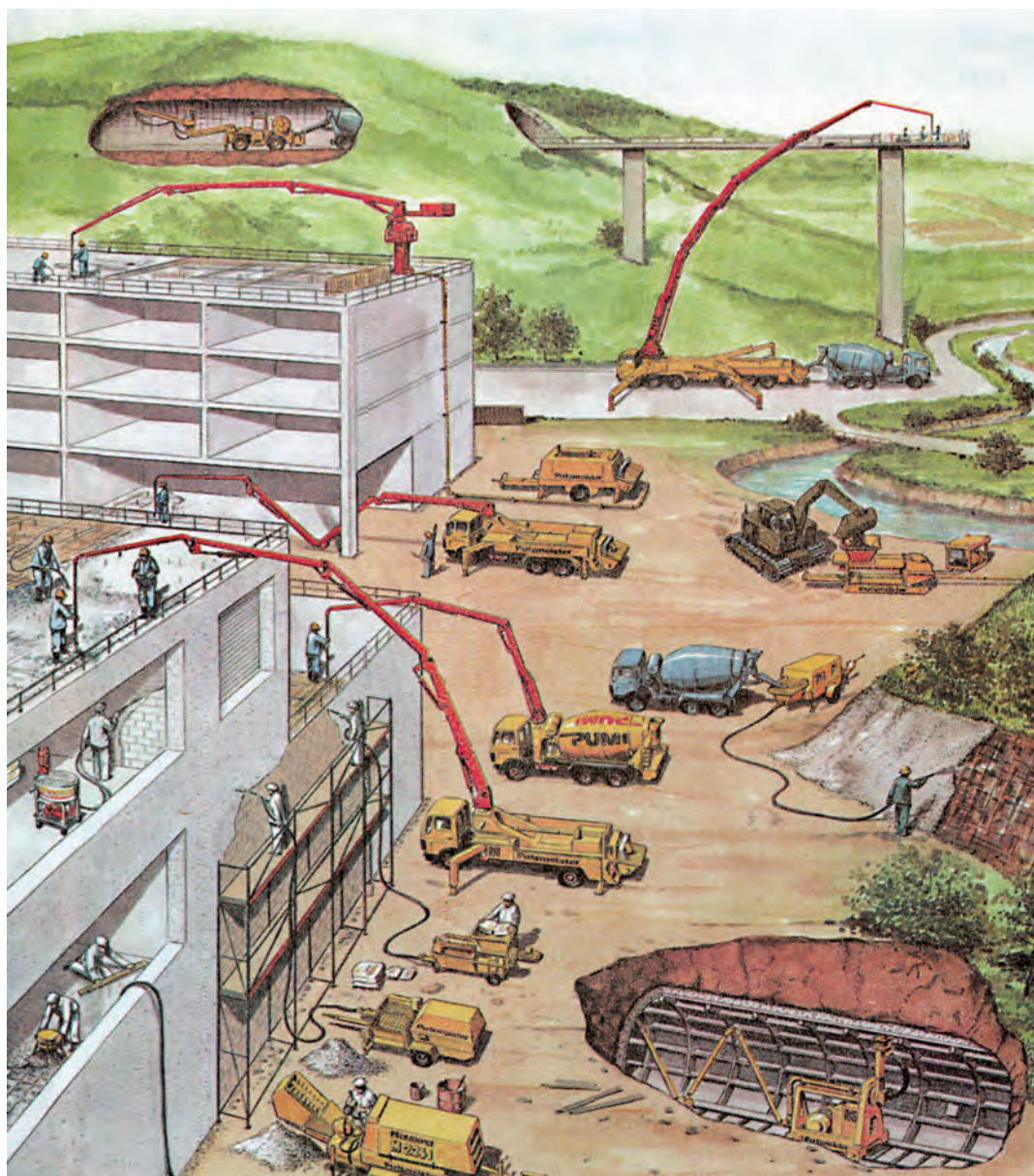
Το σκυρόδεμα διαστρώνεται σε ειδικά καλούπια (ξυλότυποι, μεταλλότυποι, πλαστικότυποι) που θα του δώσουν το επιθυμητό σχήμα.

Πριν τη σκυροδέτηση πρέπει να έχει εξασφαλιστεί η σωστή αρμολόγηση των ξυλοτύπων, η καθαρότητά τους και η στερέωση του σιδηρού οπλισμού. Επίσης ο ξυλότυπος θα πρέπει να διαβραχεί, έτσι ώστε να μην απορροφήσει την υγρασία από τη μάζα του σκυροδέματος.

Απαγορεύεται η χρήση του δονητή ή φτυαριών για τη μετακίνηση του σκυροδέματος καθώς και η διάστρωση (στάρωμα) των ολόσωμων πλακών σε στρώσεις μικρότερες από 60cm.

Επίσης πρέπει να αποφεύγεται η σκυροδέτηση σε χαμηλές θερμοκρασίες $<5^{\circ}\text{C}$, καθώς επίσης και σε πολύ υψηλές $>32^{\circ}\text{C}$ χωρίς τη χρήση ειδικών προσμίκτων ουσιών.

Η εργασιμότητα του σκυροδέματος (μετρούμενη με την κάθισή του) ανάλογα με το στοιχείο που σκυροδετείται δίνεται στον πίνακα 10.4.



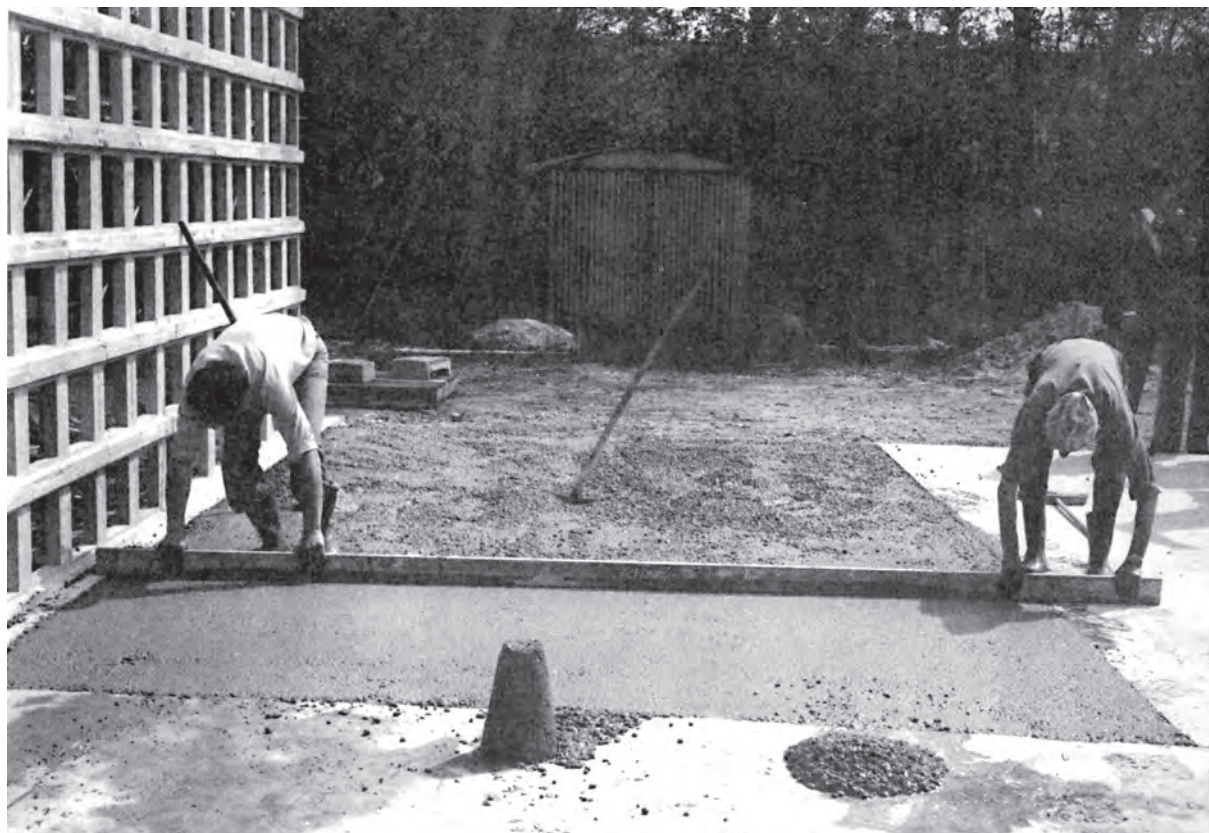
Σχήμα 10.9 Αντληση σκυροδέματος σε εργοτάξιο

Πίνακας 10.4. Εργασιμότητα σκυροδέματος

Είδος στοιχείου	Μέγιστη κάθιση (mm)	Ελάχιστη κάθιση (mm)
Τοίχοι αντιστήριξης, θεμελιώσεις	75	25
Άοπλα θεμέλια, τοιχεία στο έδαφος	75	25
Οπλισμένα στοιχεία (δοκοί)	100	25
Υποστυλώματα	100	25
Δάπεδα, πλάκες	75	25
Ογκώδη στοιχεία	50	25



Σχήμα 10.10 Διάστρωση και συμπίκνωση σκυροδέματος σε εργοτάξιο



Σχήμα 10.11 Διάστρωση σκυροδέματος

10.9.5. Συμπύκνωση

Συμπύκνωση είναι η διαδικασία κατά την οποία το σκυρόδεμα αμέσως μετά τη διάστρωσή του δονείται ώστε να ελαττωθεί το ποσοστό των πόρων στη μάζα του και να αποβληθεί ο αέρας που έχει εγκλωβιστεί. Με τη δόνηση βελτιώνεται ο βαθμός συνάφειας χάλυβα - σκυροδέματος και της επικάλυψης του σιδηρού οπλισμού. Η δόνηση εφαρμόζεται σε ύφυγρο ή πλαστικό σκυρόδεμα.

Οι δονητές λειτουργούν με μικρούς κινητήρες, που βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Διακρίνονται σε δονητές μάζας και δονητές επιφανείας. Τα εργαλεία αυτά προκαλούν κραδασμούς στη μάζα του σκυροδέματος βελτιώνοντας την συμπύκνωσή του.

Ο δονητής βυθίζεται κατακόρυφα στο σκυρόδεμα σε αποστάσεις ίσες με 1.5 φορά την ακτίνα δράσης του, που είναι 30cm από το σημείο εφαρμογής του. Η συμπύκνωση γίνεται σε στρώσεις των 60cm με τον δονητή να εισέρχεται 5cm περίπου μέσα στην προηγούμενη στρώση για να εξασφαλίζεται η συνοχή των στρώσεων.

Η χρήση του δονητή για χρόνους μεγαλύτερους των 20sec στο ίδιο σημείο προκαλεί απόμειξη του σκυροδέματος.

Τέλος, για το τελείωμα των επίπεδων επιφανειών (πλάκες) χρησιμοποιείται ευθύγραμμη δοκός, ορθογωνικής διατομής, που σύρεται στην επιφάνεια (πήχυς, σχήμα 10.11).

10.9.6. Συντήρηση

Η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος είναι αποτέλεσμα των αντιδράσεων ενυδάτωσης του περιεχομένου στο μίγμα τσιμέντου. Θεωρητικά οι αντιδράσεις αυτές συνεχίζονται για πάντα άλλα με μειωμένη συνεχώς ταχύτητα. Για την συντήρηση του σκυροδέματος απαιτείται η διατήρηση ευνοϊκών συνθηκών, ώστε οι χημικές αντιδράσεις να γίνονται σε τέτοιο βαθμό, που να εξασφαλίζει την τελική αντοχή και τις άλλες ιδιότητες του σκυροδέματος.

Η ιδανικότερη θερμοκρασία είναι 20°C. Η διατήρηση θερμοκρασιών πλησίον της ιδανικής θερμοκρασίας γίνεται σε περίπτωση χαμηλών θερμοκρασιών με τη χρήση θερμαντικών στοιχείων σε κατάλληλα σημεία στο έργο. Με τη χρήση ειδικών υγρών (μεμβράνες), που ραντίζονται μετά το πέρας της σκυροδέτησης πάνω στις νωπές επιφάνειες, αντιμετωπίζουμε σκυροδετήσεις σε χαμηλές και πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Η **συντήρηση** του σκυροδέματος είναι υποχρεωτική σε κάθε έργο. Αρχίζει αμέσως μετά τη διάστρωση και διαρκεί για επτά ημέρες στην πρώτη φάση συντήρησης.

Η μέθοδος συντήρησης που θα εφαρμοστεί (διαβροχή, πλημμύρισμα, χρήση λινάτσας ή ψεκασμός με ειδικό υγρό) έχει ως στόχο την αντικατάσταση του νερού που εξατμίζεται από τη μάζα του σκυροδέματος. Διαφορετικά θα δημιουργηθούν ρωγμές κατά την πήξη ή σκλήρυνσή του, που επηρεάζουν δυσμενώς τη στεγανότητα και την αντοχή του σκυροδέματος.

10.9.7. Αφαίρεση ξυλοτύπων

Η αφαίρεση των ξυλοτύπων γίνεται μόνον όταν το σκυρόδεμα έχει αποκτήσει τόση αντοχή όση του χρειάζεται για να φέρει όλα τα φορτία του έργου με τα οποία πρόκειται να φορτιστεί μέχρι την ηλικία των 28 ημερών.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να λαμβάνεται όπου οι ξυλότυποι στηρίζονται σε υποκείμενη κατασκευή. Οι ξυλότυποι δεν πρέπει να αφαιρούνται πριν τα χρονικά διαστήματα που δείχνει ο παρακάτω πίνακας.

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Στοιχεία κατασκευής	Τύπος Τσιμέντου	
	I	II
Πλευρικοί ξυλότυποι δοκών, πλακών, τοιχίων, υποστυλωμάτων	ημέρες	ημέρες
Ξυλότυπος δοκών, πλακών	2	3
Ξυλότυποι δοκών, πλακών > 5μ	5	8
Υποστυλώματα ασφαλείας δοκών, πλαισίων και δοκών > 5μ	10	16
	28	28

10.10. Ιδιότητες του νωπού σκυροδέματος

10.10.1. Εργασιμότητα

Εργασιμότητα χαρακτηρίζεται η ευκολία με την οποία μπορεί το σκυρόδεμα να παραχθεί, μεταφερθεί, διαστρωθεί και συμπυκνωθεί.

Ένας άλλος ορισμός που δίδεται για την εργασιμότητα είναι το «έργο» που απαιτείται για να πετύχουμε πλήρη συμπίκνωση.

Οι ιδιότητες από τις οποίες εξαρτάται η εργασιμότητα είναι:

- Η ρευστότητα
- Η πλαστικότητα
- Η συνοχή
- Η συνεκτικότητα
- Η συμπυκνωσιμότητα

Η εργασιμότητα μετράται με διάφορες μεθόδους που αναπτύσσονται στον ποιοτικό έλεγχο.

10.10.2. Χρόνος πήξης και θερμότητα ενυδάτωσης

Τα μεγέθη αυτά χαρακτηρίζουν το σκυρόδεμα στο στάδιο πήξης και σκλήρυνσής του. Λαμβάνονται υπόψη στο χρόνο μεταφοράς και διάστρωσης καθώς επίσης και σε περιπτώσεις μεγάλων έργων (φράγματα, γέφυρες κ.ά.).

10.10.3. Απόμιξη

Απόμιξη ονομάζεται ο διαχωρισμός των συστατικών του σκυροδέματος λόγω της διαφοράς του ειδικού βάρους τους. Απόμιξη μπορεί να συμβεί στο σκυρόδεμα λόγω υπερβολικής δόνησης ή μεγάλου χρόνου διαδρομής κατά τη μεταφορά του, ή στο μεγάλο μήκος άντλησής του. Το φαινόμενο αυτό είναι καταστροφικό γιατί δημιουργεί περιοχές με μειωμένη αντοχή ή ανθεκτικότητα στο σκυρόδεμα.

Καθοριστικός παράγοντας για τον περιορισμό ή αποφυγή της απόμιξης είναι η χρήση καλά διαβαθμισμένων αδρανών και προσεκτική μεταφορά, διάστρωση και συμπίκνωση του σκυροδέματος.

10.10.4. Εξίδρωση

Εξίδρωση ονομάζουμε το φαινόμενο του διαχωρισμού του νερού από τα στερεά συστατικά του σκυροδέματος. Αυτή παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια της πήξης οπότε τα στερεά καθιζάνουν λόγω βαρύτητας, ενώ το νερό έχει τάση να κινηθεί προς τα πάνω. Έτσι εμφανίζεται στην επιφάνεια του σκυροδέματος λεπτό στρώμα νερού που μοιάζει με εξίδρωση. Το νερό αυτό εξατμίζεται προκαλώ-

ντας μείωση του όγκου του στοιχείου και αύξηση της αντοχής του. Αυτό το φαινόμενο του διαχωρισμού είναι γενικά ανεπιθύμητο λόγω της ανομοιογένειας που δημιουργεί μέσα στη μάζα του σκυροδέματος.

Το φαινόμενο της εξίδρωσης γίνεται δυσμενέστερο, όταν αυξάνεται το νερό ανάμιξης και όταν χρησιμοποιούνται αδρανή με κακή κοκκομετρική διαβάθμιση μίγματος (έλλειψη λεπτόκοκκου άμμου και τσιμέντου).

10.11. Ιδιότητες στερεού σκυροδέματος

10.11.1. Αντοχή

Η βασικότερη ιδιότητα του σκυροδέματος είναι η **αντοχή** του. Με τον όρο αντοχή ονομάζουμε τη μέγιστη τιμή της δύναμης που μπορεί να αναλάβει ένα στοιχείο χωρίς να καταστραφεί.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή του σκυροδέματος είναι:

- (α) Η αναλογία σύνθεσης (κυρίως ο λόγος N/T και ο τύπος του τσιμέντου)
- (β) Η ποιότητα των συστατικών του
- (γ) Η συμπίκνωση και η συντήρηση του νωπού σκυροδέματος
- (δ) Η μορφή της καταπόνησης (ταχύτητα φόρτισης)

10.11.1.1. Αντοχή σε θλίψη και σε εφελκυσμό

Οι αντοχές σε θλίψη για τα συνήθη σκυροδέματα κυμαίνονται από 10-55 MPa για τα κυβικά και 8 - 45MPa για τα κυλινδρικά δοκίμια. Η εφελκυστική δύναμη είναι περίπου το 1/10 της θλιπτικής και κυμαίνεται από 1.0 - 5.0 MPa. Τα υψηλών αντοχών σκυροδέματα έχουν αντοχές >50 MPa έως και 130 MPa (πίνακας 10.6).

10.11.1.2. Αντοχή σε φορτίο με μεγάλη διάρκεια

Όταν ένα φορτίο καταπονεί ένα δομικό στοιχείο για μεγάλο χρονικό διάστημα, η θλιπτική αντοχή αυτού μειώνεται. Η μείωση αυτή είναι αρκετά έντονη κατά τα πρώτα λεπτά της καταπόνησης.

10.11.1.3. Επαναλαμβανόμενη φόρτιση - αποφόρτιση

Η επαναλαμβανόμενη φόρτιση - αποφόρτιση έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση του στοιχείου παρόλο που το φορτίο δεν φτάνει την τιμή που αντιστοιχεί στην μέγιστη αντοχή του (κόπωση).

10.11.1.4. Αύξηση της αντοχής στο χρόνο

Η αύξηση της αντοχής έχει χρονική εξέλιξη, και εξαρτάται από την σύνθεση του σκυροδέματος και τον τύπο του τσιμέντου.

10.11.1.5. Αντοχή σε τριβή

Η αντοχή σε τριβή απαιτείται όπου υπάρχει ιδιαίτερη επιβάρυνση λόγω κυκλοφορίας οχημάτων, όπως στα δάπεδα εργοστασίων, οδοστρώματα, πεζοδρόμια κ.ά.

10.11.1.6. Αντοχή σε θερμότητα και θερμοκρασιακές μεταβολές

Όταν σκυροδετούμε σε χαμηλές θερμοκρασίες και κατά την διάρκεια της πήξης του σκυροδέματος δημιουργούνται κρύσταλλοι με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντοχή του και να καταστρέφεται ο συνδετικός ιστός του.

Μετά την πήξη του το σκυρόδεμα δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις θερμοκρασιακές μεταβολές.

Το σκυρόδεμα διαστέλλεται και συστέλλεται όπως όλα τα σώματα. Γι' αυτό σε σκυροδετήσεις πολύ μεγάλων κτηρίων όταν η μία διάσταση είναι >30 m προβλέπεται η χρήση αρμών διαστολής.

Γενικά, το σκυρόδεμα είναι πυρασφαλές σε σχέση με τα άλλα δομικά υλικά. Όμως σε πυρκαγιά μεγάλης διάρκειας αυτό καταστρέφεται.

10.11.1.7. Αντοχή σε χημικές επιδράσεις

Η ιδιότητα αυτή ελέγχεται σε ειδικά έργα, όπως για παράδειγμα όταν κατασκευάζονται δεξαμενές για αποθήκευση διαφόρων υγρών (χημικά, ορυκτέλαια), στα λιμενικά και στα αποχετευτικά έργα.

10.11.1.8. Ερπυσμός

Το σκυρόδεμα κάτω από χρόνια εξωτερική επίδραση θλιπτικής δύναμης παρουσιάζει μία συστολή που εξελίσσεται σε αργό ρυθμό. Αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στο προεντεταμένο σκυρόδεμα και πρέπει να υπολογίζεται κατά τη μελέτη των έργων στα οποία το χρησιμοποιούν.

10.11.9. Στεγανότητα

Το σκυρόδεμα είναι πορώδες. Η στεγανότητά του επηρεάζεται από τα αδρανή, (την καλή κοκκομετρική διαβάθμισή τους), από την καλή συμπίκνωσή του, από την κατάλληλη διάστρωση και τη συντήρησή του. Πρέπει να επιτυγχάνεται η καλύτερη ενυδάτωση του τσιμέντου με αντίστοιχη δέσμευση του νερού που περιέχεται στο μίγμα.

10.11.1.10. Συστολή ξήρανσης

Το σκυρόδεμα στον αέρα συστέλλεται και στο νερό διαστέλλεται με την πάροδο του χρόνου.

10.12. Ποιοτικός έλεγχος σκυροδέματος

- Νωπού σκυροδέματος.
- Στερεού σκυροδέματος.

10.12.1. Έλεγχος νωπού σκυροδέματος

10.12.1.1. Έλεγχος εργασιμότητας

Ανάλογα με τη ρευστότητά του, επιλέγουμε την κατάλληλη μέθοδο μέτρησης της εργασιμότητάς του. Οι κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούμε για τη μέτρηση του εργασιμίου είναι:

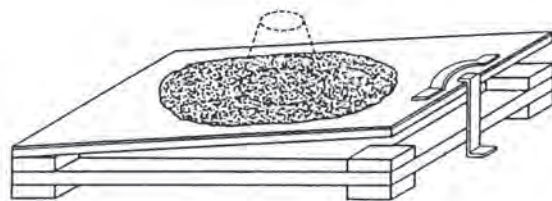
10.12.1.2. Δοκιμή κάθισης

Η δοκιμή της κάθισης (σχήμα 10.12) είναι ο πρακτικότερος και ο πιο συνηθισμένος τρόπος μέτρησης της εργασιμότητας.

10.12.1.3. Δοκιμή εξάπλωσης (σχήμα 10.14)



Σχήμα 10.12 Δοκιμή κάθισης



Σχήμα 10.13 Τράπεζα εξάπλωσης



Σχήμα 10.14 Συσκευή δοκιμής αεροπεριεκτικότητας

10.12.1.4. Δοκιμή VEBE (σχήμα 10.15)

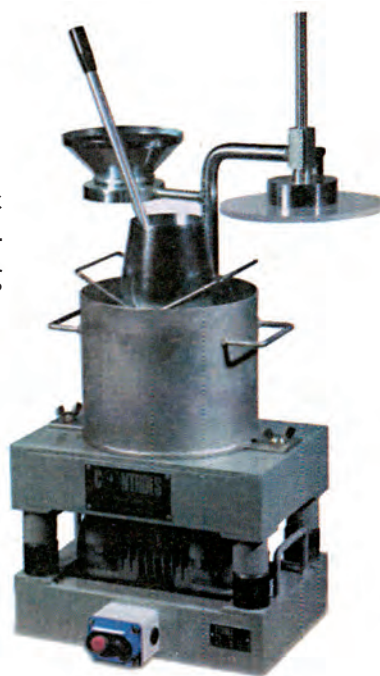
10.12.1.5. Δοκιμή μέτρου συμπίκνωσης

Οι περιοχές που εφαρμόζουμε κάθε μία από αυτές, δίνεται από τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό Σκυροδέματος ENV206.

10.12.1.6. Δοκιμή αεροπεριεκτικότητας (σχήμα 10.13)

10.12.2. Έλεγχος στερεού σκυροδέματος

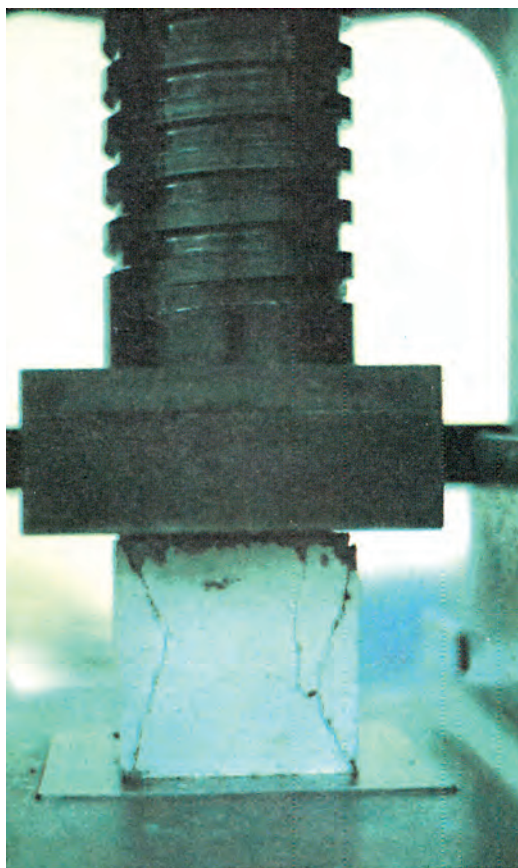
- Άμεσες μέθοδοι
- Έμμεσες μέθοδοι



Σχήμα 10.15 Δοκιμή VEBE



Σχήμα 10.16 Μηχανή θραύσης δοκιμίων



Σχήμα 10.17 Θραύση δοκιμίου

10.12.2.1. Άμεσες μέθοδοι

Το σκυροδέμα ελέγχεται με δοκίμια που λαμβάνονται ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής του (εργοταξιακό ή εργοστασιακό) από τον αναμικτήρα ή την βαρέλα αντίστοιχα.

Από το σκυροδέμα του οποίου θέλουμε να ελέγξουμε την αντοχή, γεμίζουμε χυτοσιδηρές μήτρες κυβικές (διαστάσεων 15x15x15cm) ή κυλινδρικές (διαστάσεων 15x30cm).

Τα δοκίμια αυτά ονομάζονται **συμβατικά** δοκίμια και αφού ξεκαλουπωθούν, εντός 24-32 ωρών συντηρούνται σε χώρους με κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας ($T = 20^{\circ}\text{C}$ και υγρασία $>90\%$). Μετά την παρέλευση 28 ημερών από τη λήψη τους τα δοκίμια ελέγχονται στη μηχανή θραύσης δοκιμίων για την αντοχή τους σε θλίψη (σχήματα 10.6, 10.7).

Ο αριθμός των δοκιμίων (3 ή 6 ή 12) που λαμβάνονται εξαρτάται από τη συνολική ποσότητα του σκυροδέματος και από τον τρόπο παραγωγής του (εργοστασιακό ή εργοταξιακό).

Τα δοκίμια πρέπει να λαμβάνονται μετά τη διάστρωση του μισού περιεχομένου της βαρέλας. Τα αποτελέσματα μέτρησης της αντοχής των συμβατικών δοκιμίων πρέπει να ικανοποιούν τα κριτήρια Α, Β, Γ και Δ που αναφέρονται στον Κ.Τ.Σ. Σε περίπτωση που δεν πληρούνται τα κριτήρια του Κ.Τ.Σ. ή υπάρχουν αμφιβολίες για την αντοχή του σκυροδέματος σε ένα κατασκευασμένο έργο, κόβονται πυρήνες (καρότα, σχήμα 10.18) με ειδικό μηχανήμα και γίνεται επανέλεγχος του σκυροδέματος σύμφωνα με την προδιαγραφή 344 του ΕΛΟΤ.

10.12.2.2. Έμμεσες μέθοδοι

Σε περιπτώσεις παλαιών κατασκευών ή κατασκευών που δεν ελέγχθηκαν κατά την κατασκευή εφαρμόζονται οι έμμεσες μέθοδοι (ή μη καταστροφικές). Ονομάζονται μη καταστροφικές γιατί στηρίζονται σε μετρήσεις άλλης ιδιότητας του σκυροδέματος και όχι στην θραύση δοκιμίων σκυροδέματος.

Μέσα από πειράματα που γίνονται σε συνδυασμό εργαστηριακών και εργοταξιακών ελέγχων, προσδιορίζονται οι σχέσεις μεταξύ της αντοχής και των μετρούμενων άλλων ιδιοτήτων.



Σχήμα 10.18 Λήψη πυρήνα (καρότο) από υποστύλωμα



Σχήμα 10.19 Συσκευή μέτρησης αντίστασης στη διείσδυση

10.12.2.2.1. Οι κυριότερες μη έμμεσες μέθοδοι

Οι κυριότερες μη έμμεσες μέθοδοι για την εξέταση του σκυροδέματος είναι:

(α) Κρουστικές μέθοδοι. Οι κρουστικές μέθοδοι στηρίζονται στην μέτρηση της επιφανειακής σκληρότητας (Σφύρα Schmidt). Με το όργανο αυτό μετράμε την σκληρότητα του στοιχείου και αυτή ανάγεται στην αντίστοιχη αντοχή του (σχήμα 10.20).

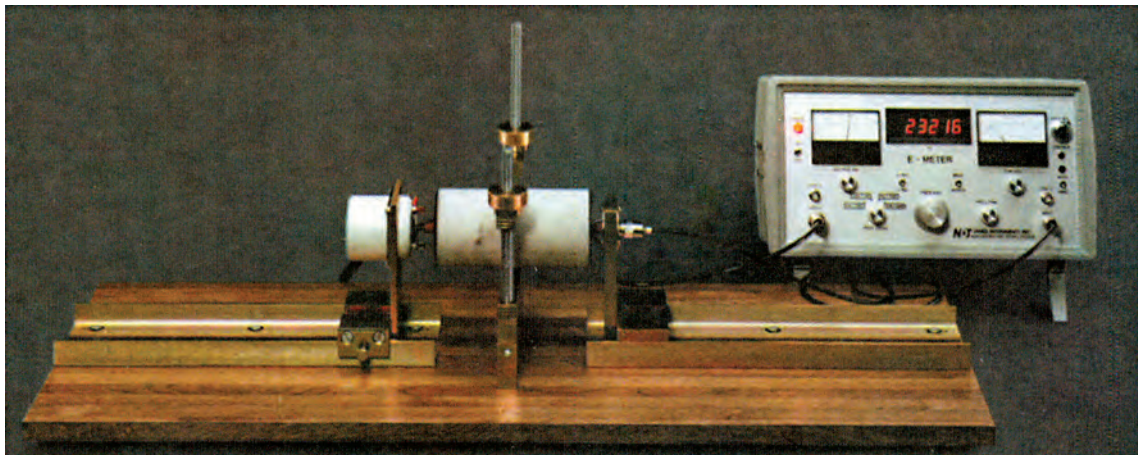
(β) Ταχύτητα υπερήχων. Η μέθοδος στηρίζεται στους υπερήχους που έχουν ταχύτητα σε πολύ μεγάλη συχνότητα ($>20,000\text{MHz}$). Σε αυτή μετράμε το πάχος ενός δομικού στοιχείου και συγκρίνουμε την ταχύτητα διέλευσης του υπερήχου, η οποία και ανάγεται σε αντοχή (σχήμα 10.21).

(γ) Εξόλκευση ήλου (καρφιού). Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην έμπηξη ενός ήλου με καθορισμένες διαστάσεις και καθορισμένη δύναμη στη μάζα του σκυροδέματος και τη μέτρηση της δύναμης που απαιτείται για εξόλκευσή του.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια προσδιορισμού συνιστάται η εφαρμογή και των τριών παραπάνω μεθόδων.



Σχήμα 10.20 Κρουσίμετρο



Σχήμα 10.21 Μέτρηση αντοχής με υπερήχους

10.13. Πρόσθετα υλικά του σκυροδέματος (βελτιωτικά)

Πρόσθετα υλικά του σκυροδέματος ονομάζουμε τα υλικά που προστίθενται στο σκυρόδεμα τροποποιώντας μερικές από τις ιδιότητές του. Σκοπός της χρήσης τους είναι να:

- μειώσουν το νερό και το τσιμέντο αντίστοιχα για συγκεκριμένη κατηγορία σκυροδέματος
- αυξήσουν την εργασιμότητά του
- αυξήσουν τον χρόνο πήξης
- επιταχύνουν την απόκτηση αντοχής
- δώσουν μονωτικές ικανότητες στο σκυρόδεμα.

Τα πρόσθετα κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Ρευστοποιητικά
- Αερακτικά
- Επιβραδυντικά
- Επιταχυντικά
- Στεγανωτικά
- Αναστολείς διάβρωσης

10.13.1. Ρευστοποιητικά

Ρευστοποιητικά ονομάζονται τα πρόσθετα αυτά που αυξάνουν την εργασιμότητα του μίγματος. Είναι τα πιο διαδεδομένα, γιατί αυξάνουν τη ρευστότητα μειώνοντας την απαιτούμενη ποσότητα του νερού ανάμιξης.

10.13.2. Αερακτικά

Αερακτικά είναι τα υλικά που προκαλούν ανάπτυξη μικρών φυσαλίδων μέσα στο κονίαμα αυξάνοντας την εργασιμότητα και την αντοχή σε παγετό.

10.13.3. Επιβραδυντικά

Τα **επιβραδυντικά** επιβραδύνουν την εξέλιξη της ενυδάτωσης του σκυροδέματος και χρησιμοποιούνται όταν η διαδικασία της μεταφοράς και της διάστρωσης προβλέπεται ότι απαιτεί μεγάλο χρόνο, όπως στο έτοιμο σκυρόδεμα ή σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

10.13.4. Επιταχυντικά

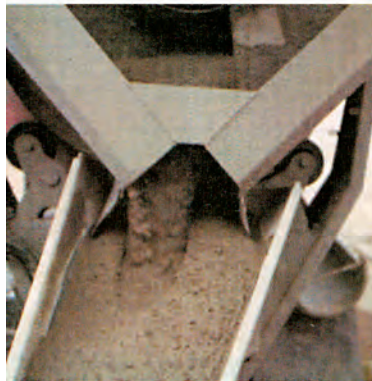
Τα **επιταχυντικά** επιταχύνουν την διαδικασία της ενυδάτωσης του σκυροδέματος και χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται γρήγορη αφαίρεση του ξυλότυπου ή όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι χαμηλές.

10.13.5. Στεγανωτικά

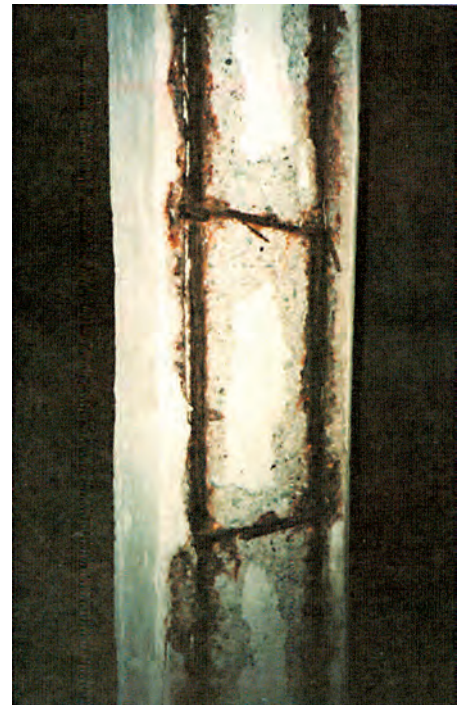
Τα **στεγανωτικά** έχουν σκοπό την ελάττωση του πορώδους, τη βελτίωση του εργασιμου, την μείωση της απόμιξης και των συστολών πήξης και ξήρανσης του σκυροδέματος.

10.13.6. Αναστολείς διάβρωσης

Οι αναστολείς διάβρωσης του σιδηρού οπλισμού τον προστατεύουν από τις χημικές επιδράσεις του περιβάλλοντος (ενανθράκωση) και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του οπλισμένου σκυροδέματος (σχήμα 10. 23).



Σχήμα 10.22 Προσθήκη ρευστοποιητικού στο σκυρόδεμα



Σχήμα 10.23 Διάβρωση οπλισμού σε υποσύλωμα

10.14. Ειδικά σκυροδέματα

Ο βασικός τύπος σκυροδέματος είναι αυτός που παρασκευάζεται με αδρανή από ασβεστολιθικά πετρώματα. Εκτός αυτού του τύπου υπάρχουν και άλλοι τύποι σκυροδέματος ανάλογα με τον τύπο των αδρανών, το είδος του τσιμέντου, τις μεθόδους παρασκευής τους και κυρίως ανάλογα με τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στην παρασκευή τους. Ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε:

- άοπλο σκυρόδεμα
- οπλισμένο σκυρόδεμα
- προεντεταμένο σκυρόδεμα
- ινοπλισμένο σκυρόδεμα
- ελαφροσκυροδέματα
- αεριοσκυροδέματα
- βαριά σκυροδέματα
- σκυρόδεμα υψηλής αντοχής
- ρητινοσκυροδέματα
- εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.



Σχήμα 10.24 Διάστρωση άοπλου σκυροδέματος

Τα σκυροδέματα αυτά (εκτός των 2 πρώτων) χρησιμοποιούνται σε ειδικά έργα.

10.14.1. Άοπλο σκυρόδεμα

Χρησιμοποιείται για την κατασκευή τεχνητών λίθων, γέμισμα δαπέδων κατοικιών, όπου τοποθετούνται πλακίδια και μάρμαρα, σε βιομηχανικά δάπεδα, ως σκυρόδεμα καθαριότητας πριν κατασκευασθούν τα θεμέλια ενός κτηρίου κ.ά.

10.14.2. Οπλισμένο σκυρόδεμα

Το σκυρόδεμα έχει μεγάλη αντοχή σε θλίψη αλλά πολύ μικρή σε εφελκυσμό, όπως έχουμε αναφέρει. Έτσι στα δομικά στοιχεία που αναπτύσσονται εφελκυστικές δυνάμεις δεν είναι δυνατή η χρήση άοπλου σκυροδέματος.

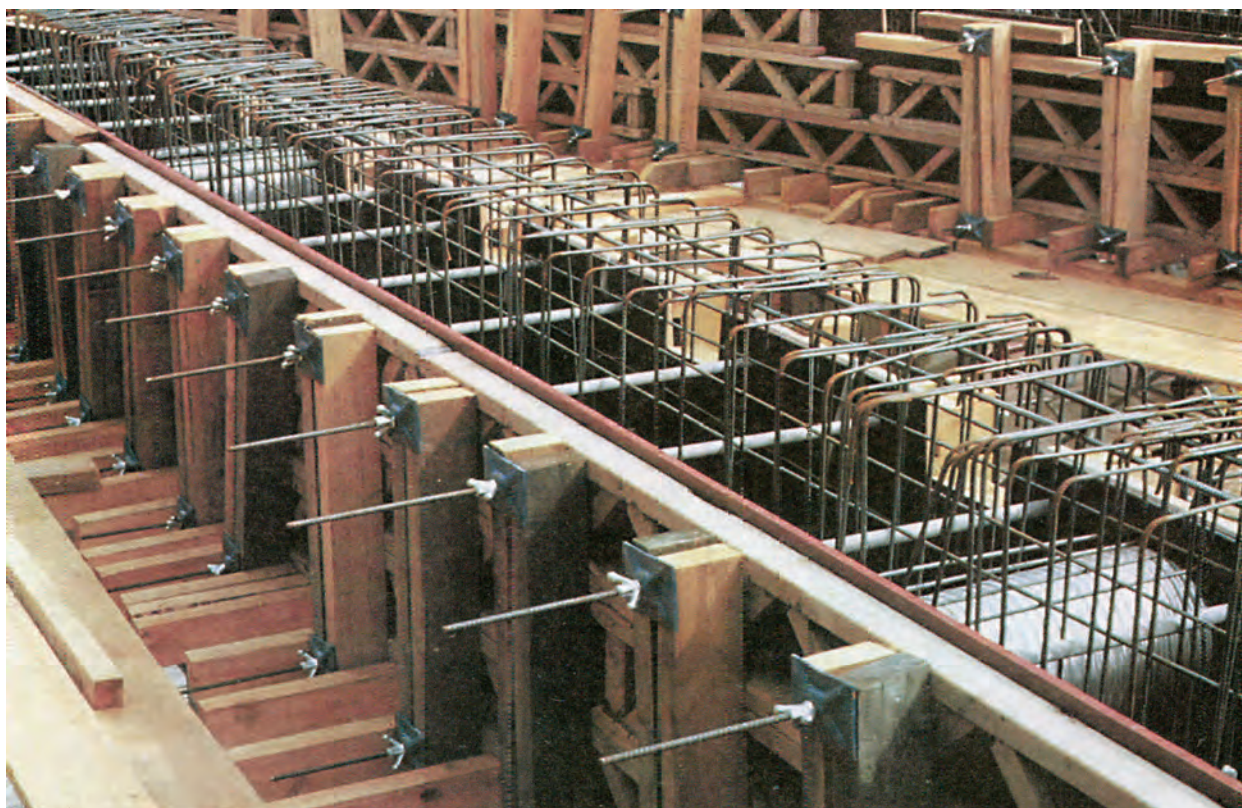
Το μειονέκτημα αυτό αντιμετωπίζεται με την χρήση κατάλληλων υλικών, με υψηλή αντοχή σε εφελκυσμό, στα σημεία όπου αναπτύσσονται οι δυνάμεις αυτές. Το υλικό που χρησιμοποιούμε σήμερα είναι ο χάλυβας.

Η συνεργασία χάλυβα - σκυροδέματος στηρίζεται στην εξαιρετική πρόσφυση που παρουσιάζουν μεταξύ τους και στο ότι έχουν τον ίδιο συντελεστή γραμμικής διαστολής. Επίσης το σκυρόδεμα προστατεύει τον χάλυβα από τις περιβαλλοντικές επιδράσεις.

Ο χάλυβας που χρησιμοποιείται είναι σε μορφή ράβδων με ή χωρίς νευρώσεις. Η μορφοποίηση του χάλυβα γίνεται στο εργοτάξιο ή σε βιοτεχνίες (μάνδρες) και τοποθετείται από ειδικά συνεργεία.

Σήμερα το οπλισμένο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε όλα τα τεχνικά έργα έχοντας εκτοπίσει δομικά υλικά όπως το ξύλο και τον χάλυβα λόγω της οικονομικότητάς του (σε σχέση με αυτά), της αντοχής του σε πυρκαγιά και της ικανοποιητικής αντοχής του σε σεισμικές καταπονήσεις.

Το κόστος κατασκευής του φέροντος οργανισμού (πλάκες, δοκοί, υποστυλώματα, θεμέλια), από οπλισμένο σκυρόδεμα μιας συμβατικής κατασκευής (κτιριακό έργο) καλύπτει το 28% του συνολικού κόστους του (σχήματα 10.25, 10.26, 10.27).



Σχήμα 10.25 Ξυλότυπος δοκού έτοιμη για σκυροδέτηση



Σχήμα 10.26 Αναμονές οπλισμού μετά τη σκυροδέτηση τοιχίου



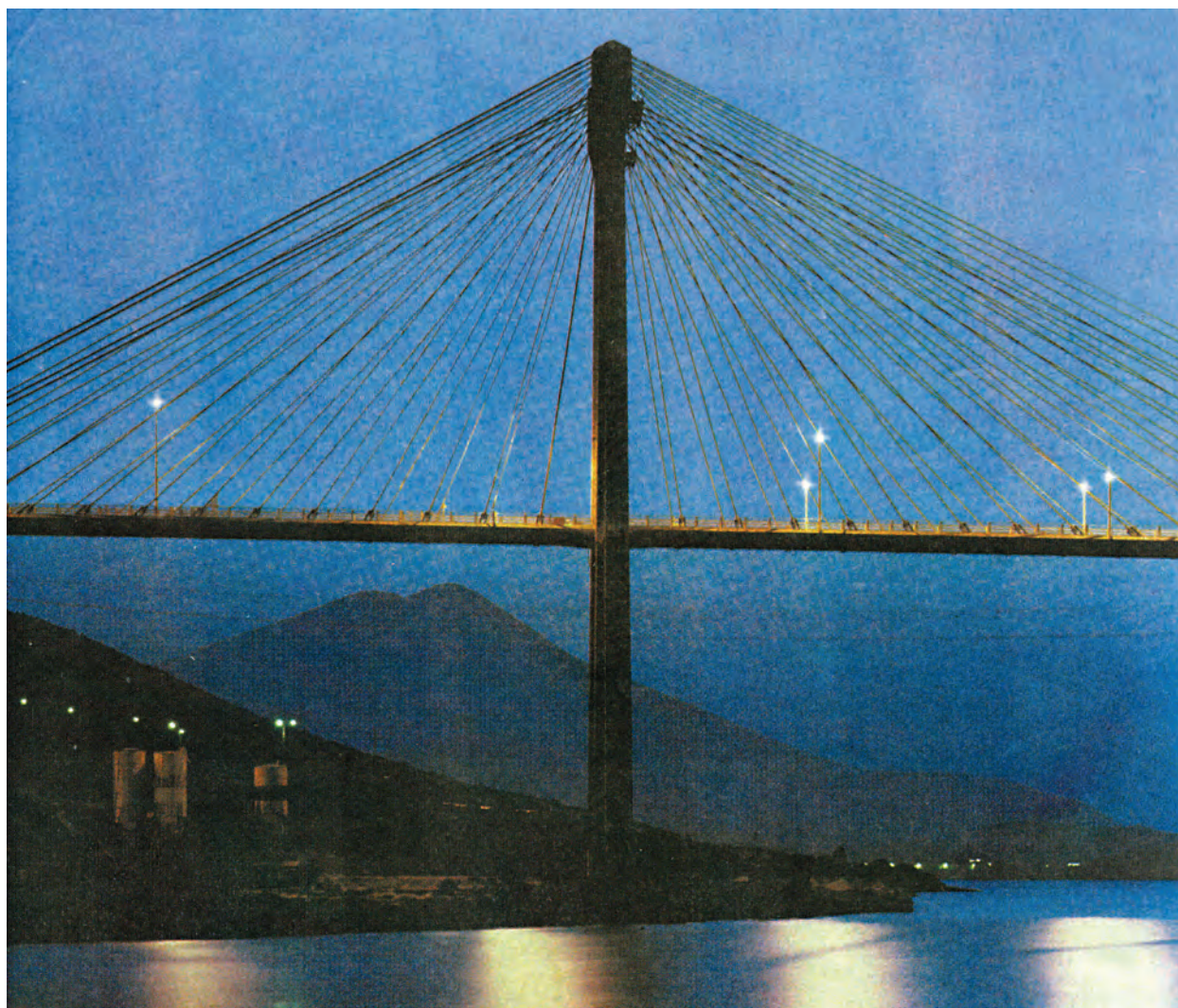
Σχήμα 10.27 Σκυροδέτηση πλάκας οροφής υπογείου

10.14.3. Προεντεταμένο σκυρόδεμα

Στο **προεντεταμένο** σκυρόδεμα χρησιμοποιούμε χάλυβα υψηλής αντοχής (τένοντες) σε μορφή συρμάτων ή συρματόσχοινων. Αυτοί τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες που γεμίζουν με τσιμεντοκονία και στη συνέχεια με υδραυλικές πρέσες τους επιβάλλονται εφελκυστικές δυνάμεις. Οι τένοντες στερεώνονται με κατάλληλα αγκύρια.

Τόσο η αντοχή του σκυροδέματος που χρησιμοποιείται σε έργο με προένταση όσο και οι απαιτήσεις σε άλλες ιδιότητές του είναι αυξημένες σε σχέση με το συμβατικό οπλισμένο σκυρόδεμα.

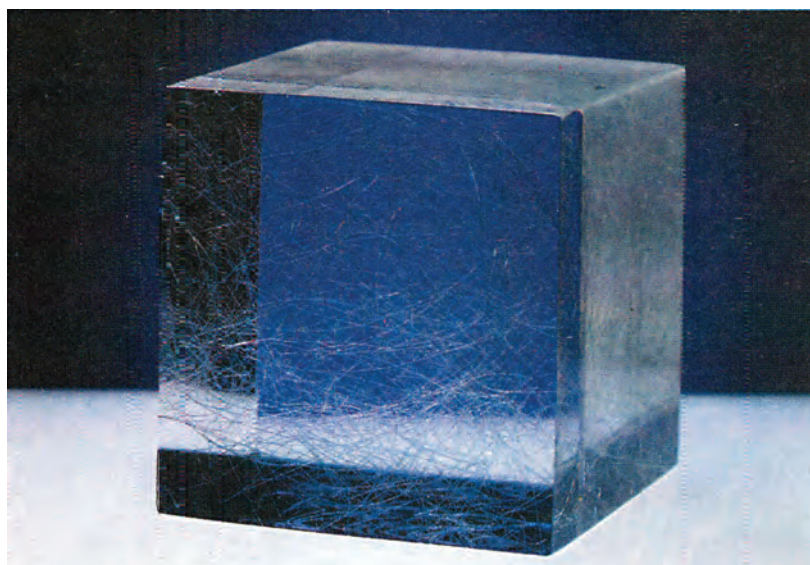
Η προένταση έδωσε τη δυνατότητα κατασκευής πολύ μεγάλων ανοιγμάτων. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην γεφυροποιία (σχήμα 10.28) και σε μεγάλα εργοστάσια, όταν επιθυμούν την ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων για διευκόλυνση τοποθέτησης και κίνησης μηχανημάτων, καθώς και σε πολυώροφα εμπορικά κέντρα.



Σχήμα 10.28 Γέφυρα από προεντεταμένο σκυρόδεμα

10.14.4. Ινοπλισμένο σκυρόδεμα

Όταν στο σκυρόδεμα εκτός των τσιμεντού, νερού, αδρανών τοποθετούνται και μικρές ίνες (πλαστικές, από γυαλί ή μεταλλικές), τότε το σκυρόδεμα αυτό ονομάζεται **ινοπλισμένο**.



Σχήμα 10.29 Πλαστικές ίνες

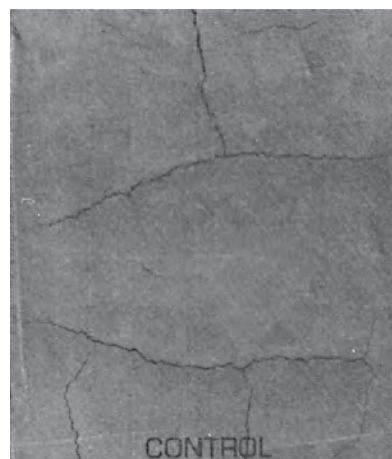
Το ινοπλισμένο σκυρόδεμα έχει την ικανότητα ανάληψης μεγαλύτερων φορτίων και περιορισμού των ρωγμών που δημιουργούνται κατά την ξήρανσή του. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε αεροδιαδρόμους, βιομηχανικά δάπεδα κ.ά.

10.14.5. Ελαφροσκυροδέματα

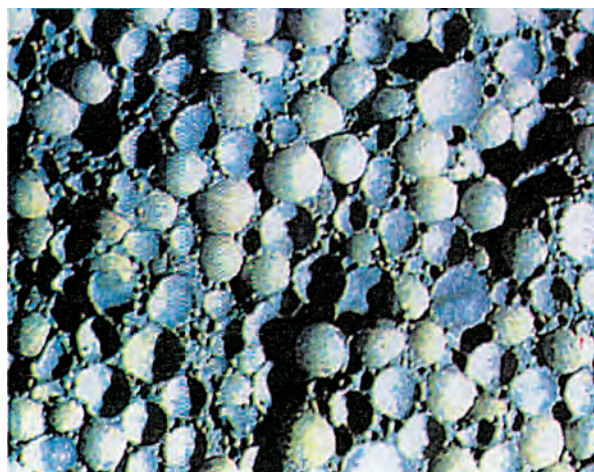
Τα **ελαφροσκυροδέματα** παρασκευάζονται από ελαφρά αδρανή αντικαθιστώντας εξ ολοκλήρου μερικά από τα συνηθισμένα αδρανή. Η αντοχή τους είναι χαμηλότερη από τα συμβατικά σκυροδέματα.

Τα αδρανή που χρησιμοποιούνται είναι η κίσηρη, πορώδεις ασβεστόλιθοι, διογκωμένος περλίτης, διογκωμένη πολυστερίνη κ.ά. (σχήμα 10.31).

Τα ελαφροσκυροδέματα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται υψηλή θερμομόνωση ή συνδυασμός ελαφριάς κατασκευής και σχετικά μικρής αντοχής (πίνακας 10.5).



Σχήμα 10.30 Αποτέλεσμα χρήσης ινών στο σκυρόδεμα



Σχήμα 10.31 Κόκκοι διογκωμένης πολυστερίνης για χρήση σε ελαφρά σκυροδέματα

10.14.6. Αεριοσκυροδέματα

Τα **αεριοσκυροδέματα** είναι σκυροδέματα συνηθισμένου τύπου με προσθήκη αέρος σε μορφή μικροσκοπικών φυσαλίδων (κυψελωτά). Τα σκυροδέματα αυτά είναι εξαιρετικά ανθεκτικά στον παγετό και την απολέπιση.

Η δημιουργία των φυσαλίδων γίνεται με χρήση αερακτικών ή αφροποιοητικών παραγόντων. Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους διακρίνονται σε αεριοσκυροδέματα και αφροσκυροδέματα. Το αυξημένο πορώδες τους μειώνει κατά πολύ την αντοχή και τη στεγανότητά τους (πίνακας 10.5).

Πίνακας 10.5. Τυπικές ιδιότητες σκυροδεμάτων με ελαφρά αδρανή

Αδρανή (σκυροδέματα)	Πυκνότητα (Kg/m ³)	Αντοχή σε θλίψη (MPa)	Συντελεστής Θερμικής αγωγιμότητας (Kcal/mh°C)	Συντελεστής θερμικής διαστολής (x10 ⁻⁶ /°C)	Συστολή ξήρανσης (x10 ⁻³)	Μέτρο ελαστικότητας (x10 ³ MPa)
Κίσσηρη (Κίσσηρόδεμα)	600 - 1 500	5 - 25	0.1 - 0.7	9 - 13	0.5 - 2	2 - 15
Περλίτης (περλιτομπετόν)	300 - 1 400	1 - 12	0.05 - 0.3	7 - 11	0.5 - 2	0.5 - 5
Διογκωμένη Σκωρία (σκωριοκίσσηρομπετόν)	900 - 1 800	8 - 20	0.2 - 1	7 - 11	0.4 - 1.5	4 - 15

10.14.7. Βαριά σκυροδέματα

Τα **βαριά** σκυροδέματα παράγονται με τη χρησιμοποίηση αδρανών από βαρύτερα πετρώματα, τα οποία όμως είναι δυσεύρετα. Για το λόγο αυτό, τα σκυροδέματα αυτά χρησιμοποιούνται εκεί όπου απαιτείται μεγαλύτερο βάρος ή πυκνότητα, όπως για παράδειγμα σε θεμέλια μηχανών και σε θωρακίσεις πυρηνικών αντιδραστήρων για την προστασία των ανθρώπων από την ακτινοβολία.

10.14.8. Σκυρόδεμα υψηλής αντοχής

Το σκυρόδεμα αυτό παρασκευάζεται με αύξηση της ποσότητας του τσιμέντου έως 500Kg/m³, με μείωση του μεγίστου κόκκου των αδρανών αλλά κυρίως με μείωση της ποσότητας του νερού έτσι ώστε $0.32 < N/T < 0.40$ και την προσθήκη υπερρευστοποιητικών καθώς και διαφόρων άλλων προσθέτων (microsilica fume) (πίνακας 10.6).

Παγκόσμια εφαρμόζεται σε έργα πολύ ειδικών απαιτήσεων. Στην Ελλάδα θα κατασκευασθεί με υψηλής αντοχής σκυρόδεμα η γέφυρα Ρίου - Αντιρρίου.

Πίνακας 10.6. Η εξέλιξη του σκυροδέματος υψηλής αντοχής

Χρόνος	Υλικό / Τεχνολογία	Τυπικό όριο θλιπτικής αντοχής (MPa)
1950	Τσιμέντο Portland/ Ποιότητα αδρανών	42
1960	Όπως παραπάνω	51
	Με ρευστοποιητή/Μείωση ποσότητας νερού	
1970	Όπως παραπάνω	70
	Με υπερρευστοποιητή/ Μείωση ποσότητας νερού	
1980	Όπως παραπάνω με Βελτιωμένο τσιμέντο	80
1990	Βελτιωμένο τσιμέντο με ιπτάμενη τέφρα, πυριτική σκόνη και χημικές προσμίξεις	120
2000	?	?
2010	?	?

10.14.9. Ρητινοσκυροδέματα

Τα **ρητινοσκυροδέματα** είναι μία ειδική κατηγορία σκυροδεμάτων και χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες:

1. εμποτισμένα με συνθετικές ρητίνες, σκυρόδεμα (PIC) όπου η αντοχή σε θλίψη φθάνει τα 150MPa και
2. σε πολυμερικά σκυροδέματα (PC) με αντοχή σε θλίψη έως 137MPa, που η αντοχή σε εφελκυσμό φτάνει αυτή της θλίψης 130MPa.

10.14.10. Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Είναι μίγμα τσιμέντου, αδρανών, νερού και προσθέτων υλικών ή ινών που εκτοξεύεται πάνω σε μια επιφάνεια με μία ειδική συσκευή πεπιεσμένου αέρα. Διακρίνουμε 2 κατηγορίες:

1. Της υγρής εκτόξευσης σκυρόδεμα
2. Της ξηράς εκτόξευσης σκυρόδεμα



Σχήμα 10.32 Χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος

Το **εκτοξευόμενο** σκυρόδεμα απαιτεί ειδική σύνθεση που εξαρτάται από το μηχάνημα εκτόξευσης.

Απαιτούνται προεργασίες στην επιφάνεια που πρόκειται να δεχθεί το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (καθάρισμα, διαβροχή).

Η αντοχή του τελικού προϊόντος προσδιορίζεται με κυλίνδρους 50x100mm.

Χρησιμοποιείται κυρίως σε επενδύσεις σηράγγων και όπου είναι αδύνατη η κατασκευή ξυλοτύπων.



Σχήμα 10.33 Χρήση εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε υπόγεια στοά

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια πλεονεκτήματα του σκυροδέματος το επέβαλαν ως δομικό υλικό και ποιες είναι οι ιδιαιτερότητές του έναντι των άλλων;
2. Ποιες απαιτήσεις ικανοποιούμε με τη μελέτη σύνθεσης του σκυροδέματος και τι λαμβάνουμε υπόψη μας κατά τη σύνταξή της;
3. Ποιες βασικές αρχές μας οδηγούν στη σύνθεση του σκυροδέματος και κάθε πότε την αλλάζουμε;
4. Ποια διάσταση πρέπει να έχει ο μέγιστος κόκκος των αδρανών σκυροδέματος που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τοιχίου πάχους 10 cm στην περιοχή που αυτό συνδέεται με υποστύλωμα, του οποίου οι οπλισμοί απέχουν μεταξύ τους 3 cm;
5. Ποιος είναι ο λόγος νερού/τσιμέντου στον καθορισμό της αντοχής του σκυροδέματος και ποιο το ανώτερο όριο αυτού εάν πρόκειται για οπλισμένο;
6. Περιγράψτε τι εκφράζει σκυρόδεμα κατηγορίας C30/37 και κάθισης S1.
7. Ποιος ο ρόλος της υγρασίας των αδρανών και πώς τη λαμβάνουμε υπόψη στη σύνθεση του σκυροδέματος;
8. Ποια η επίδραση στην τελική αντοχή του σκυροδέματος:
 - α) της δόνησής του και
 - β) της συντήρησής του;
9. Πότε ξεκαλουπώνουμε ευκολότερα μια κατασκευή:
 - α) όταν χρησιμοποιούμε τσιμέντο τύπου Portland ή
 - β) Portland Ελληνικού τύπου;
10. Τι ονομάζουμε απόμειξη και τι εξίδρωση σκυροδέματος; Τι προκαλούν τα φαινόμενα αυτά σε αυτό;
11. Ποια είναι η βασικότερη ιδιότητα του σκυροδέματος και πώς αυτή μετράται στο σκυρόδεμα (αμέσως και εμμέσως);
12. Πώς μετράμε την εργασιμότητα του νωπού σκυροδέματος;
13. Να αναφέρετε τα κυριότερα πρόσθετα. Γιατί τα χρησιμοποιούμε; Ποια είδη αυτών χρησιμοποιούμε ανάλογα με την ιδιότητα που θέλουμε να προσδώσουμε στο σκυρόδεμα;
14. Πού χρησιμοποιείται:
 - α) το προεντεταμένο σκυρόδεμα,
 - β) το σκυρόδεμα υψηλής αντοχής και
 - γ) το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα;

ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Τα προϊόντα τσιμέντου παίρνουν το όνομά τους
από τη συνδετική ύλη που χρησιμοποιούν.

Κύρια μορφή τους είναι οι τσιμεντόλιθοι,
οι τσιμεντόπλακες,

οι σωλήνες και τα προκατασκευασμένα στοιχεία,
που χρησιμοποιούνται

όταν απαιτείται οικονομική

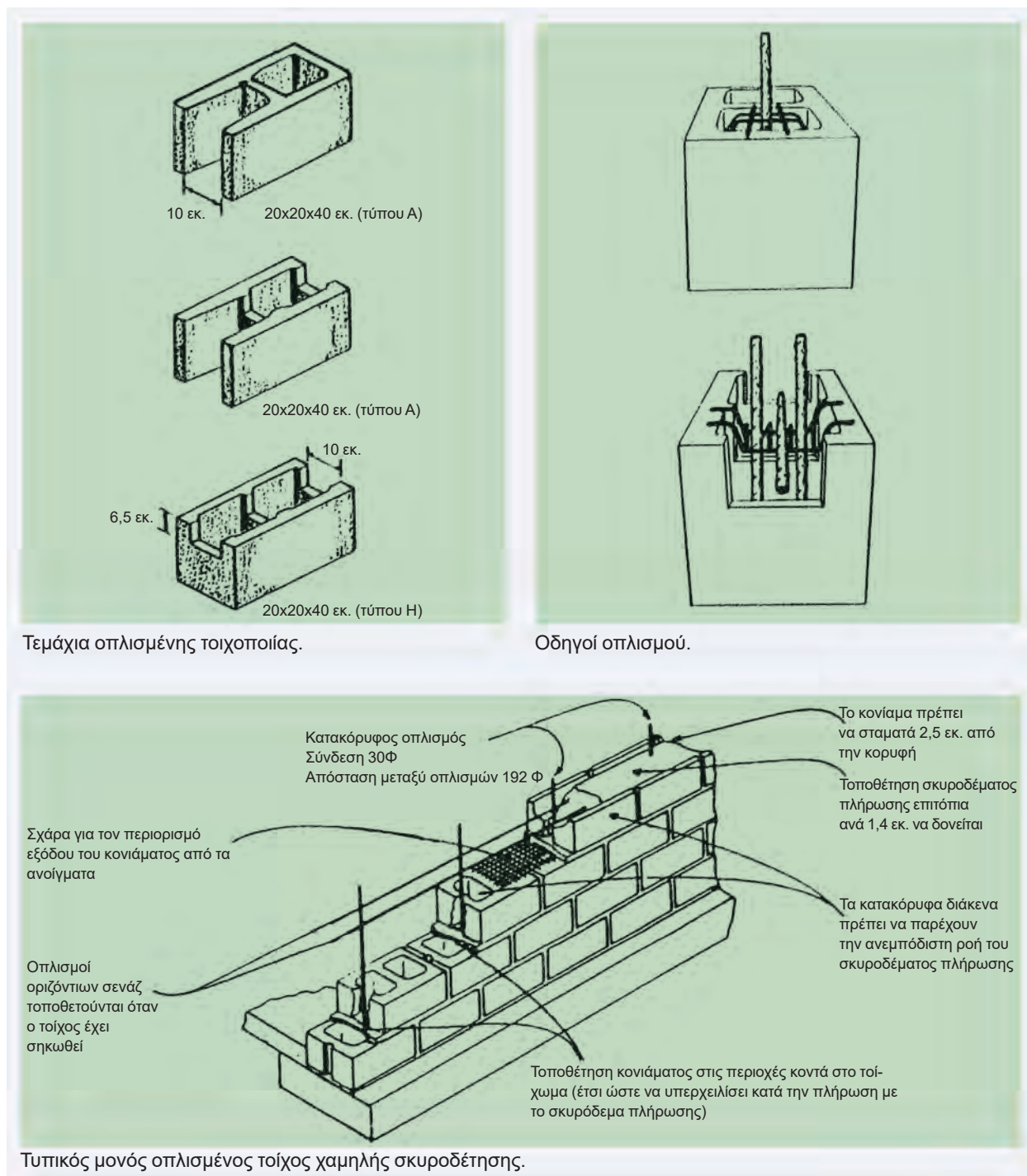
και γρήγορη λύση στη δόμηση.

Παράγονται συνήθως σε βιοτεχνίες
και συνεχώς εξελίσσονται αισθητικά.

Είναι συμβατά με τα κονιάματα,
τα ασφαλτικά και το σκυρόδεμα.

11. ΤΕΧΝΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

Τα προϊόντα του τσιμέντου είναι αυτά που το χρησιμοποιούν ως βασική πρώτη ύλη και χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:



Σχήμα 11.1 Οπλισμένη τοιχοποιία

- Τεχνητούς λίθους
- Πλάκες
- Σωλήνες
- Προκατασκευασμένα

11.1. Τεχνητοί λίθοι

Οι **τεχνητοί λίθοι** είναι προϊόντα από τσιμέντο, αδρανή, άμμο και νερό.

11.1.1. Τσιμεντόλιθοι

Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι γνωστοί σε όλους **τσιμεντόλιθοι**. Παράγονται σε διαστάσεις από 0.1 - 0.3m πλάτος, 0.2 - 0.25m ύψος και 0.4 - 0.6m μήκος.

Οι τσιμεντόλιθοι δονούνται σε ειδικά διαμορφωμένα καλούπια και αναπτύσσουν τις αντοχές τους είτε στον αέρα είτε σε υψικαμίνους. Αποκτούν τις μέγιστες τιμές της αντοχής τους σε 28 ημέρες, λόγω της συνδετικής ύλης που χρησιμοποιούμε, το τσιμέντο, και έχουν καλύτερη αντοχή από τα τούβλα.

Συνδυάζονται κατά τη δόμησή τους με κατασκευή δοκών από οπλισμό σε οριζόντιες ζώνες και γέμισμα των κενών των τσιμεντόλιθων με τσιμεντοκονία (αντισεισμική κατασκευή, σχήμα 11.1).

Το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι η μικρή θερμομονωτική ικανότητα και η μεγάλη υδατοαπορροφητικότητα, που περιορίζει αισθητά τη χρήση τους (κυρίως σε δόμηση αποθηκών και βιομηχανικών χώρων).

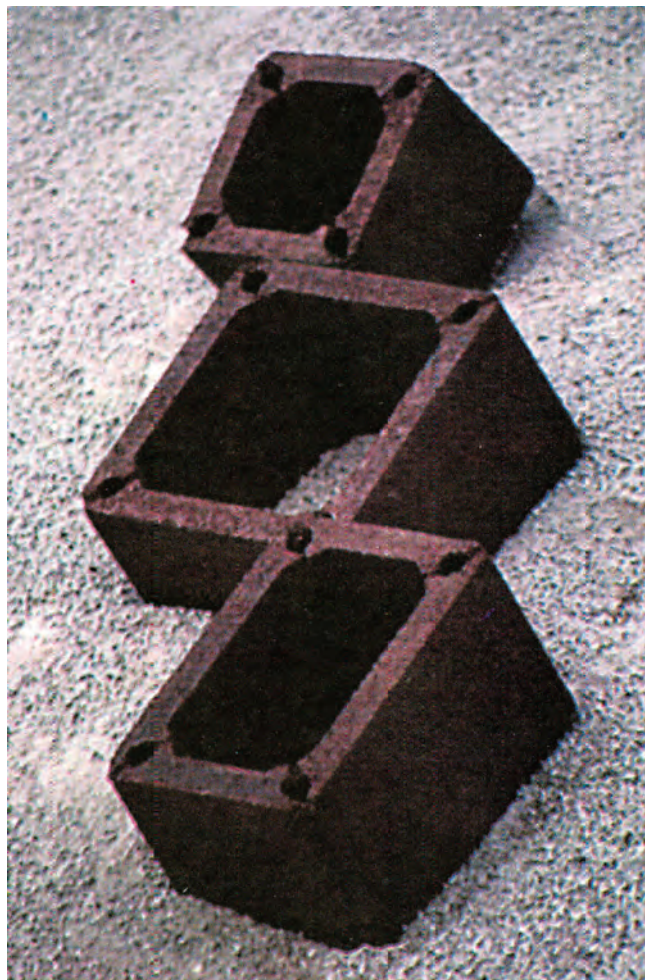
11.1.2. Κισσηρόλιθοι

Λόγω του μεγάλου βάρους και της κακής θερμομονωτικής ικανότητας των τσιμεντόλιθων, τα αδρανή αντικαταστάθηκαν από ελαφρόπετρα (κίσσηρη). Οι λίθοι αυτοί ονομάζονται κισσηρόλιθοι.

Οι κισσηρόλιθοι παράγονται σύμφωνα με τους Βρετανικούς κανονισμούς (BS 6073 part 1). Παρέχουν άριστες θερμομονωτικές ικανότητες καλύπτοντας πλήρως τον κανονισμό θερμομόνωσης των κτηρίων.



Σχήμα 11.2 Τσιμεντόλιθοι



Σχήμα 11.3 Κισσηρόλιθοι

Οι κισσηρόλιθοι έχουν καλή ηχοαπορροφητική ικανότητα και μικρή υδατοαπορροφητικότητα.

11.1.3. Ογκόλιθοι

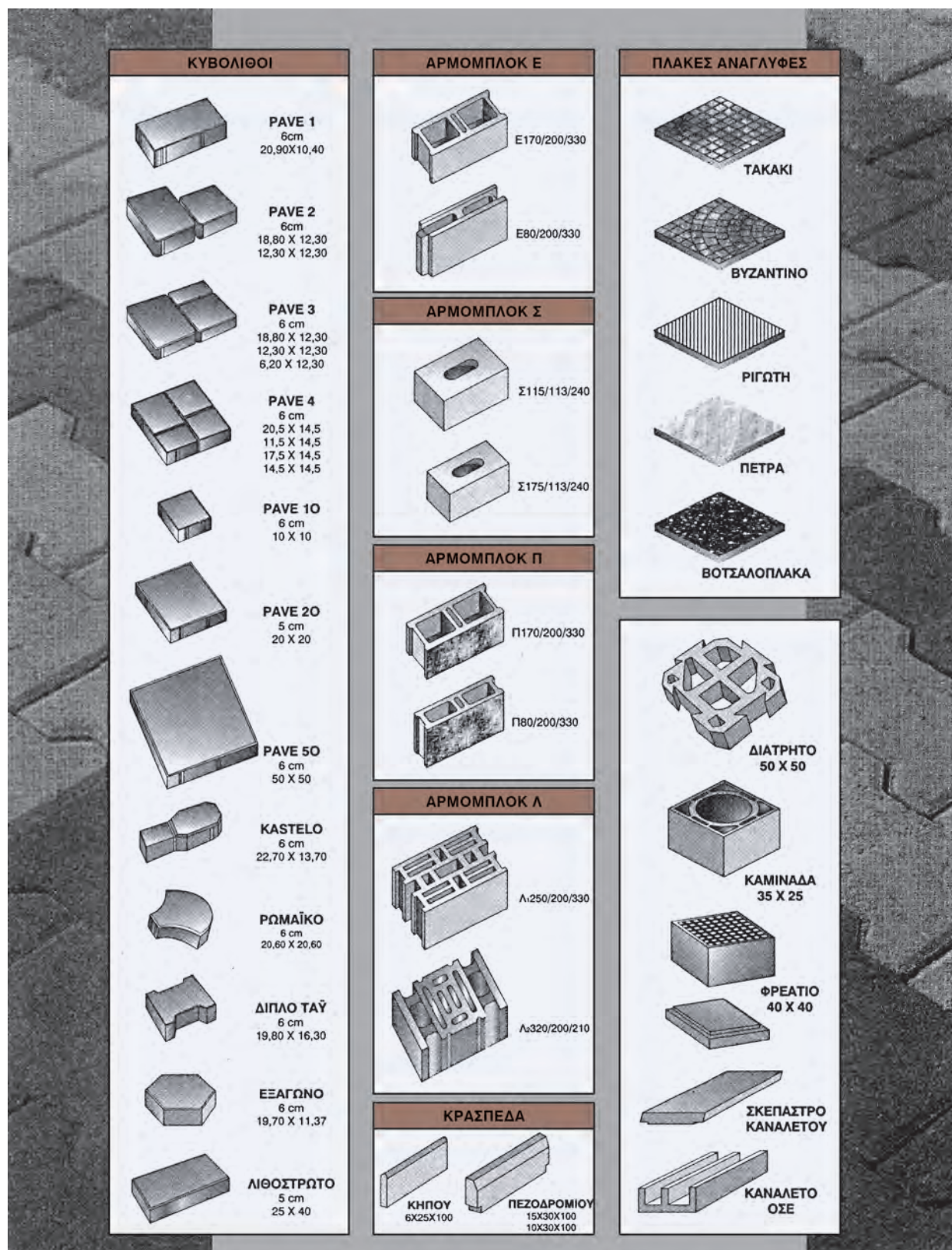


Σχήμα 11.4 Ογκόλιθοι

Άλλη μια χρήση λίθων είναι οι **ογκόλιθοι**. Αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως σε λιμενικά έργα για την προστασία των ακτών από τη διάβρωση των κυμάτων.

11.1.4 Κυβόλιθοι

Το σχήμα τους είναι συνήθως πρισματικό, αλλά κατασκευάζονται και σε οποιοδήποτε σχήμα ανάλογα με τις ανάγκες του έργου.



Σχήμα 11.5 Προϊόντα τσιμέντου

11.2. Πλεονεκτήματα των τεχνητών λίθων

Τα πλεονεκτήματα των τεχνητών λίθων είναι:

- (α) Η σταθερή ποιότητα.
- (β) Η εύκολη τροποποίηση των ιδιοτήτων τους ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις του έργου.
- (γ) Μπορούν να παραχθούν σε οποιαδήποτε διάσταση και μορφή με την κατάλληλη διαμόρφωση καλουπιών.
- (δ) Προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια από κατάρρευση ή φωτιά λόγω των γνωστών ιδιοτήτων τους.
- (ε) Ανάλογα με την κατασκευή μπορεί να τροποποιηθεί το βάρος τους με χρήση ελαφρότερων αδρανών (κισσηρόλιθοι).
- (στ) Είναι οικονομικότεροι λόγω της βιομηχανικής παραγωγής τους.



Σχήμα 11.6 Επίστρωση δρόμου με κυβόλιθους

11.3. Πλάκες

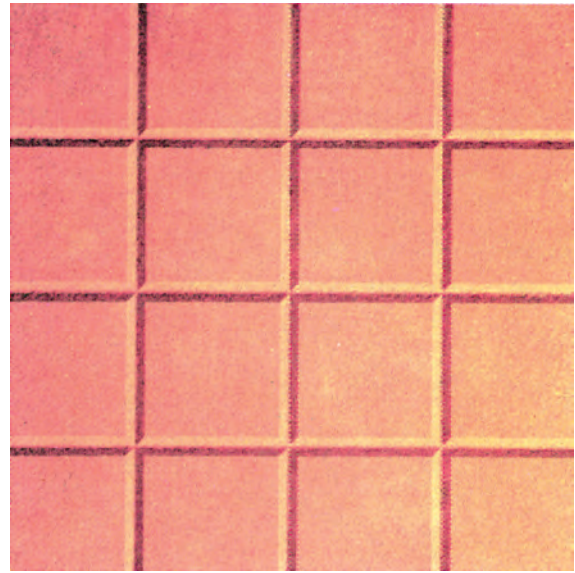
11.3.1. Τσιμεντόπλακες

Από λεπτά αδρανή και τσιμέντο κατασκευάζονται οι **τσιμεντόπλακες**. Οι διαστάσεις και ο τρόπος κατασκευής τους καθορίζεται από πρότυπες προδιαγραφές.

Ανάλογα με τον χώρο εφαρμογής τα υλικά τροποποιούνται. Για πλάκες πεζοδρομίου, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται λευκό τσιμέντο Portland και σκληρά αδρανή (πυριτικά, γρανίτες κ.ά. σχήμα 11.8). Εάν είναι επιθυμητός ο χρωματισμός των πλακών χρησιμοποιούνται και χρώματα τσιμέντου, τα οποία προστίθενται στη μάζα του κονιάματος, ή προστίθενται βότσαλα.



Σχήμα 11.7 Επίστρωση αναβαθμών με κυβόλιθους



Σχήμα 11.8 Πλάκες πεζοδρομίου

11.3.2. Αμιαντόπλακες

Με χρήση ινών αμιάντου, μαρμαροκονίας και τσιμεντοκονιάματος κατασκευάζονται λεπτά φύλλα σε ποικίλες διαστάσεις, τα φύλλα **αμιαντοτσιμέντου**. Τα φύλλα αυτά είναι γνωστά με το όνομα «**ελλενίτ**», από το όνομα της εταιρείας, που τα κατασκευάζει.

Τα φύλλα αυτά έχουν μεγάλη αντοχή στην πίεση, είναι απολύτως στεγανά, αντέχουν στις καιρικές συνθήκες, είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και δεν καίγονται εύκολα.

Χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό μέχρι πρόσφατα για στέγαση εργοστασίων, αποθηκών, υπόστεγων ακόμη και οικιών, πριν την απαγόρευσή τους από την Ευρωπαϊκή Ένωση για την καρκινογενή επίδραση των ινών του αμιάντου. Χρησιμοποιούνται μόνον όταν δεν έχουν άμεση επαφή με το περιβάλλον, ώστε να μη διαφεύγουν ίνες αμιάντου στην ατμόσφαιρα.

11.3.3. Πλάκες ινοτσιμέντου

Με χρήση ινών κυτταρίνης και τσιμέντου Portland κατασκευάζονται πλάκες ινοτσιμέντου, σωλήνες ύδρευσης - αποχέτευσης και στέγασης αποθηκών.

Λόγω των ιδιοτήτων τους, άκαυστες, αδιάβροχες, σχετικά ελαφρές, χρησιμοποιούνται για εσωτερικά - εξωτερικά χωρίσματα, επενδύσεις τοίχων - ψευδοροφών.

11.4. Σωλήνες

Η ανάγκη κατασκευής μεγάλων σωλήνων διαμέτρου $> 1\text{m}$ για ύδρευση, αποχέτευση, αποχέτευση βιομηχανικών αποβλήτων, οδήγησε στην κατασκευή σωλήνων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Στην κατασκευή σωλήνων γίνεται εφαρμογή και του προεντεταμένου σκυροδέματος, όταν οι σωλήνες έχουν μεγάλες διαμέτρους (4 και 5 μέτρων). Τέτοιοι σωλήνες χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά νερού από τον ταμιευτήρα της Αθήνας (λίμνη Υλίκη) στην πρωτεύουσα.



Σχήμα 11.9 Τσιμεντοσωλήνες

Τσιμεντοσωλήνες χρησιμοποιούνται για διέλευση και προστασία ηλεκτρικών και τηλεφωνικών καλωδίων.

Όταν είναι απαραίτητη η χρήση μεγαλύτερων σωλήνων, αυτοί κατασκευάζονται τότε στο εργοτάξιο με χρήση καλουπιών. Εκτός των ευθύγραμμων σωλήνων κατασκευάζονται και πολλές διακλαδώσεις, σιφώνια κ.ά., για την ευκολότερη κατασκευή των δικτύων στα οποία αυτοί τοποθετούνται.

11.5. Προκατασκευασμένα

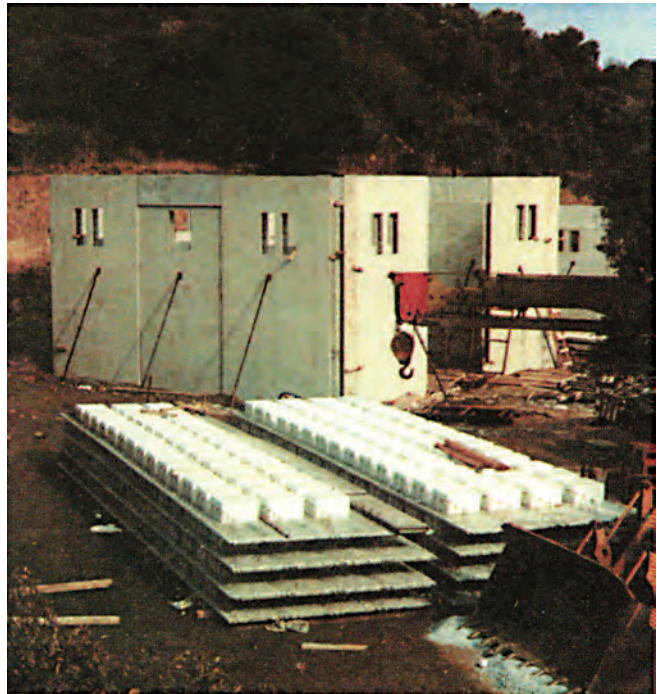
Το σκυρόδεμα που δεν διαστρώνεται στο εργοτάξιο αλλά έρχεται έτοιμο με ενσωματωμένο τον οπλισμό του στη μορφή και τις διαστάσεις που απαιτείται, ονομάζεται **προκατασκευασμένο σκυρόδεμα**. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία κατασκευάζονται ταχύτατα στο εργοστάσιο με βοήθεια μηχανικών μέσων, με έλεγχο κάθε σταδίου και απόλυτη προστασία από τις καιρικές συνθήκες.

Η μεγάλη ανάγκη για την μείωση του κόστους και χρόνου κατασκευής διαφόρων μεγάλων έργων (σχολεία, εργοστάσια) έδωσε μεγάλη ώθηση στην κατασκευή των έργων από προκατασκευασμένα στοιχεία.

Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μόνο ορισμένα προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία ή να προκατασκευασθεί το σύνολο του έργου. Η ανύψωση και τοποθέτηση των στοιχείων γίνεται με χρήση γερανών.

Μεγάλη εφαρμογή υπήρξε μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο όπου οι ανάγκες για γρήγορη ανοικοδόμηση ήταν επιτακτική.

Ενώ η προκατασκευή βρήκε μεγάλη εφαρμογή στις ευρωπαϊκές χώρες, στην Ελλάδα δεν είναι διαδεδομένη.



Σχήμα 11.10 Πρόπλακες με πολυστερίνη

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Αναφέρατε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στο κτίσιμο κατασκευών με τσιμεντόλιθους.
2. Πού χρησιμοποιούνται: α) οι κισσηρόλιθοι, β) οι ογκόλιθοι;
3. Αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη χρήση φύλλων αμιαντοτσιμέντου.
4. Ποιος είναι ο τρόπος κατασκευής σωλήνων σκυροδέματος ανάλογα με τη διάμετρό τους.
5. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα από τη δόμηση με προκατασκευή; Γιατί δε χρησιμοποιείται στην Ελλάδα η μέθοδος αυτή;

ΞΥΛΟ - ΞΥΛΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

Το ξύλο είναι από τα παλαιότερα δομικά υλικά
που χρησιμοποιήθηκαν
και εξακολουθεί να χρησιμοποιείται
ευρύτατα στα έργα.

Βρίσκεται στη φύση και λαμβάνεται με την υλοτομία
από τους κορμούς των δένδρων.

Είναι ελαφρύ και «ζεστό» υλικό
και υπερτερεί αισθητικά των άλλων.

Έχει μικρή διάρκεια ζωής,
είναι ευπαθές στις κλιματολογικές,
περιβαλλοντικές επιδράσεις
και στους μικροοργανισμούς.

Είναι πολύ εύφλεκτο.

Σήμερα, με νέες τεχνολογίες και με τα νέα υλικά
για την προστασία του,
έχουν βελτιωθεί οι ιδιότητές του.

Με την παρασκευή τεχνητής ξυλείας,
οι εφαρμογές του διευρύνθηκαν.

Έχει πολύ καλή συμβατότητα με τα ασφαλικά,
τις ρητίνες
και τα βερνίκια - χρώματα,
τα οποία χρησιμοποιούνται για τη βελτίωσή του.

12. ΞΥΛΟ - ΞΥΛΙΝΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ



Το **ξύλο** είναι ένα από τα παλαιότερα δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και σήμερα ευρύτατα σε πολλές εφαρμογές.

Παλαιότερα μαζί με τους λίθους, αποτελούσαν τα ξύλα τα μόνα υλικά για δομικούς σκοπούς. Σε χώρες με μεγάλη παραγωγή ξυλείας (Καναδάς, Σκανδιναβικές χώρες) οι κατασκευές ήταν ολόκληρες από ξύλο.

Η μεγάλη διάδοση της χρήσης του οφείλεται στην ευκολία μορφοποίησής του, στο μικρό βάρος του, την καλή αντίσταση στις καιρικές μεταβολές και στη θαυμάσια εμφάνισή του.

Το ξύλο αισθητικά υπερτερεί όλων των άλλων υλικών λόγω της μεγάλης ποικιλίας της μορφής και των χρωμάτων του και δημιουργεί ένα αίσθημα ζεστασιάς.

Η εφαρμογή του ξύλου σε κατασκευές φερόντων στοιχείων (δοκοί, υποστυλώματα) αλλά και μη φερόντων στοιχείων (πόρτες, παράθυρα, δάπεδα κ.ά.) κάνει τη χρήση του ακόμη και σήμερα ευρύτατα διαδεδομένη. Στα μειονεκτήματά του συγκαταλέγεται η μικρή διάρκεια ζωής (διότι προσβάλλεται εύκολα από διάφορους μικροοργανισμούς που τρέφονται από αυτό), το εύφλεκτο του υλικού, η ευπάθειά του στις κλιματολογικές συνθήκες και η ανισοτροπία του.

Η ανακάλυψη νέων υλικών για την προστασία του καθώς και νέων τεχνολογιών για την παρασκευή του έχει βελτιώσει τις ιδιότητές του και έχει περιορίσει σημαντικά τα μειονεκτήματά του.

12.1. Προέλευση

Το ξύλο είναι οργανικό προϊόν προερχόμενο από ζωντανούς οργανισμούς, τα δένδρα. Αποτελείται από παράλληλες λεπτές ίνες κυτταρίνης ενωμένες μεταξύ τους με μια φυσική κολλώδη ουσία, τη λιγνίνη. Οι ίνες δίνουν στο ξύλο αξιόλογη αντοχή κατά μήκος της διεύθυνσής τους, ενώ σε διεύθυνση κάθετη προς αυτές είναι σημαντικά χαμηλότερη η αντοχή του.

Εξετάζοντας μία εγκάρσια τομή ενός κορμού δένδρου παρατηρούμε τους ομόκεντρους κύκλους, που ονομάζονται ετήσιοι δάκτυλοι, και σχετίζονται με την ηλικία και το είδος του δένδρου. Οι δάκτυλοι αυτοί σχετίζονται με την ανάπτυξη του δένδρου στο χρόνο.

Τα δέντρα διαιρούνται σε 2 μεγάλες κατηγορίες:

1. Τα ενδογενή
2. Τα εξωγενή





12.2. Ενδογενή

Στα **ενδογενή** η ανάπτυξη γίνεται με σχηματισμό νέων κυτταρινικών ινών, που ενσωματώνονται στη μάζα των ινών που σχηματίστηκαν νωρίτερα.

12.3. Εξωγενή

Στα **εξωγενή** η ανάπτυξη γίνεται με το σχηματισμό στρωμάτων από κυτταρινικές ίνες ανάμεσα στο φλοιό και τον κορμό του ξύλου.

Η ξυλεία που χρησιμοποιείται για δομικούς σκοπούς προέρχεται από εξωγενή δένδρα. Αυτά με την σειρά τους κατατάσσονται σε 2 κατηγορίες:

1. Τα κωνοφόρα (βελονόφυλλα)
2. Τα πλατύφυλλα

12.3.1. Κωνοφόρα

Τα **κωνοφόρα** δένδρα δίνουν τη «μαλακή» ξυλεία (πεύκο, έλατο). Στα κωνοφόρα οι ετήσιοι δάκτυλοι είναι ευδιάκριτοι και αναπτύσσονται ομοιόμορφα καθ' όλη την διάρκεια της ζωής τους. Η μαλακή ξυλεία είναι αυτή που καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό της χρησιμοποιούμενης ξυλείας στη δομική.

12.3.2. Πλατύφυλλα

Τα **πλατύφυλλα** δένδρα δίνουν τη «σκληρή» ξυλεία (δρυς, οξιά). Στα πλατύφυλλα εμφανίζονται διάσπαρτοι πόροι και ακτίνες διαφορετικού χρώματος (χρυσαλλίδες).

Από τα πλατύφυλλα παράγεται ξύλο για πατώματα και στέγες.

12.4. Υλοτομία

Η **υλοτομία** γίνεται κατά τους φθινοπωρινούς ή χειμερινούς μήνες, περιόδους κατά τις οποίες το δένδρο έχει τους λιγότερους χυμούς. Οι παράγοντες που καθορίζουν την υλοτομία είναι η ηλικία, η υγεία και η μορφή των δένδρων.

Προτιμούνται γενικά δένδρα με ίσιους (κατακόρυφους) κορμούς. Η κοπή τους γίνεται με χρήση αλυσοπρίονου ή με τσεκούρι κοντά στο έδαφος. Σπανιότερα αυτή γίνεται με χρήση εκρηκτικών.

Δομική ξυλεία λαμβάνουμε κατά κύριο λόγο από τον κορμό και τα μεγάλα κλαδιά.

12.5. Προκατεργασία - καθαρισμός

Ανάλογα με τη χρήση της ξυλείας, οι κορμοί καθαρίζονται. Αφού αφαιρεθεί πρώτα η κορυφή και τα μικρά κλαδιά, στη συνέχεια οι κορμοί εξομαλύνονται και αποφλοιώνονται για προστασία του ξύλου από έντομα και μύκητες κατά την διάρκεια παραμονής τους στο δάσος και για ευκολία κατά τη μεταφορά τους.

Τα μειονεκτήματα της αποφλοίωσης είναι τα «σκασίματα» του ξύλου και οι επιφανειακές φθορές του.

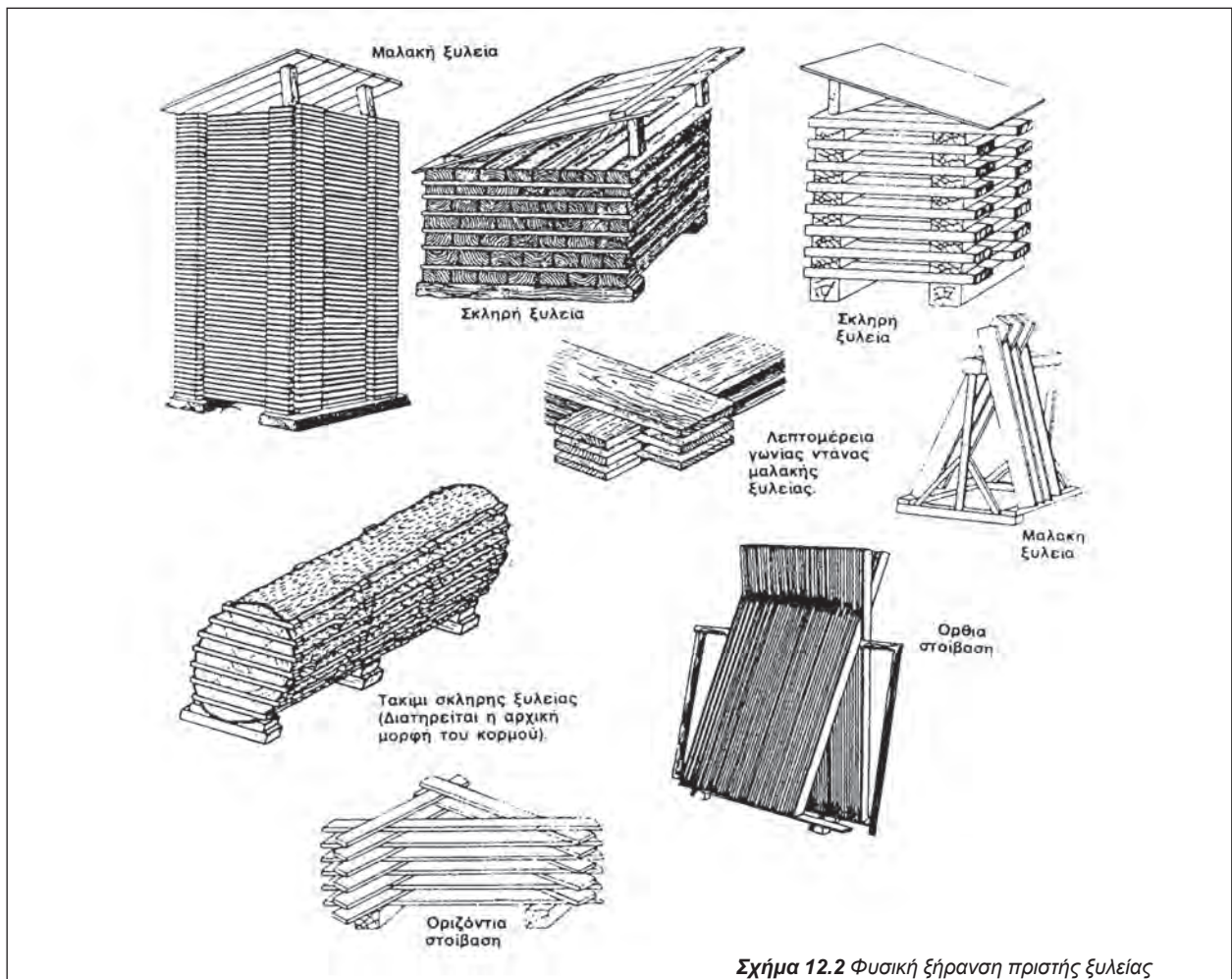
12.6. Μεταφορά - συγκομιδή

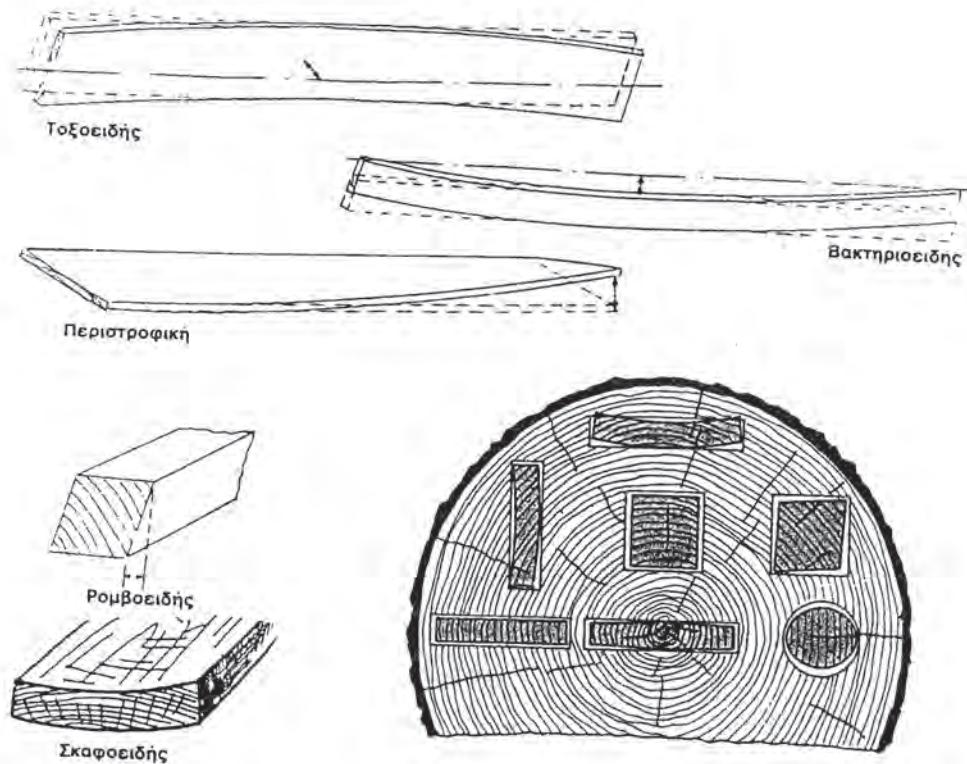
Η μεταφορά των κορμών στα εργοστάσια κατεργασίας πρέπει να γίνεται το συντομότερο μετά την κοπή τους. Αυτή γίνεται με ζώα, με αυτοκίνητα, με ολίσθηση σε κεκλιμένες επιφάνειες και μέσα από ποτάμια.

12.7. Κατεργασία

Η **κατεργασία** του ξύλου περιλαμβάνει την έκπλυσή του και την ξήρανσή του. Η έκπλυσή του γίνεται στα εργοστάσια με σκοπό την απομάκρυνση των χυμών που περιέχει, αφενός για την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων προσβολής των χυμών του από μικροοργανισμούς και αφετέρου για να σκληρυνθεί και να αποκτήσει μεγαλύτερη αντοχή. Η έκπλυσή του ξύλου γίνεται ή μέσα σε μεγάλες δεξαμενές είτε σε ειδικά περιστρεφόμενα μηχανήματα με διαβροχή, για αρκετές εβδομάδες (2 - 3 μήνες).

12.8. Ξήρανση





Σχήμα 12.3 Παραμορφώσεις λόγω ξήρανσης

Μετά την κοπή του το ξύλο περιέχει υγρασία σε ποσοστό 50% κατά βάρος. Πολλές φορές το ποσοστό αυτό της υγρασίας φτάνει το 140% (οξιά) και το 250% (έλατο) του βάρους του ξηρού ξύλου. Για την μικρότερη δυνατή διακύμανση των διαστάσεων των δομικών στοιχείων από ξύλο και τη μείωση της προσβολής από μικροοργανισμούς η υγρασία πρέπει να είναι <20%.

Μετά τον πριονισμό, και κατά την παραμονή του στο ύπαιθρο, το ξύλο χάνει το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας του μέχρι να αποκτήσει μια τιμή γύρω στο 10-20% (υγρασία περιβάλλοντος).

Η **ξήρανση** μπορεί να γίνει φυσική ή τεχνητή (ξηραντήριο).

Η φυσική ξήρανση γίνεται με την κυκλοφορία του αέρα μέσα από τις αλληπάλληλες στρώσεις του ξύλου όπως αυτό τοποθετείται σε ντάνες. Μεταξύ των στρώσεων παρεμβάλλονται πήχες 2 - 4cm, που εμποδίζουν την επαφή των ξύλων μεταξύ τους. Οι ντάνες της ξυλείας τοποθετούνται σε υπόστεγα και σε απόσταση 0.5m από το έδαφος.

Η διάρκεια της ξήρανσης επηρεάζεται από:

- (α) Το είδος του ξύλου
- (β) Την αρχική υγρασία
- (γ) Τις κλιματολογικές συνθήκες
- (δ) Το πάχος της ξυλείας
- (ε) Τις διαστάσεις και τη διαμόρφωση της ντάνας
- (στ) Την απόσταση (πάχος) των πήχων

Μειονέκτημα της φυσικής ξήρανσης είναι η μεγάλη διάρκεια και αδυναμία επίτευξης της επιθυμητής υγρασίας.

Η τεχνητή ξήρανση γίνεται σε θαλάμους, μέσα στους οποίους ρυθμίζονται οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας, ώστε να γίνει γρηγορότερα από τη φυσική και πιο ομοιόμορφη. Αυτό επιτυγχάνεται με διοχέτευση ατμού ή θερμού αέρα.

Ανάλογα από το μέρους του κορμού από όπου προήλθαν οι διάφοροι τύποι πριστής ξυλείας, έχουμε και διαφορετικές παραμορφώσεις.

Για ελαχιστοποίηση των παραμορφώσεων ο πριονισμός του κορμού πρέπει να γίνεται κατά δύο τρόπους:

- Κατά τη χορδή
- Κατά την ακτίνα

Ο πριονισμός του κορμού κατά τη χορδή, δίνει μεγαλύτερο ποσοστό χρήσιμης ξυλείας και είναι ευκολότερος, ενώ κατά την ακτίνα του, δίνει ξυλεία που δεν συρρικνώνεται και δεν παραμορφώνεται κατά την ξήρανση του ξύλου.

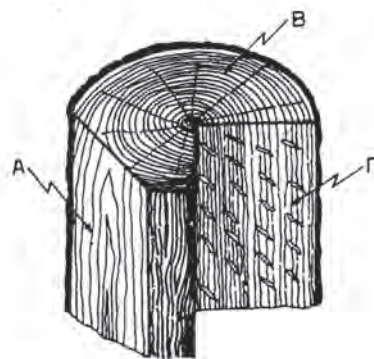
12.9. Αποθήκευση

Πολύ μεγάλη σημασία έχει η **αποθήκευση** της ξυλείας. Οι αποθηκευτικοί χώροι πρέπει να είναι προφυλαγμένοι από τις εξωτερικές επιδράσεις (ιδιαίτερα την υγρασία) και να είναι καλά αεριζόμενοι. Τα ξύλα πρέπει να μην έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος για την αποφυγή προσβολής από μύκητες και έντομα.

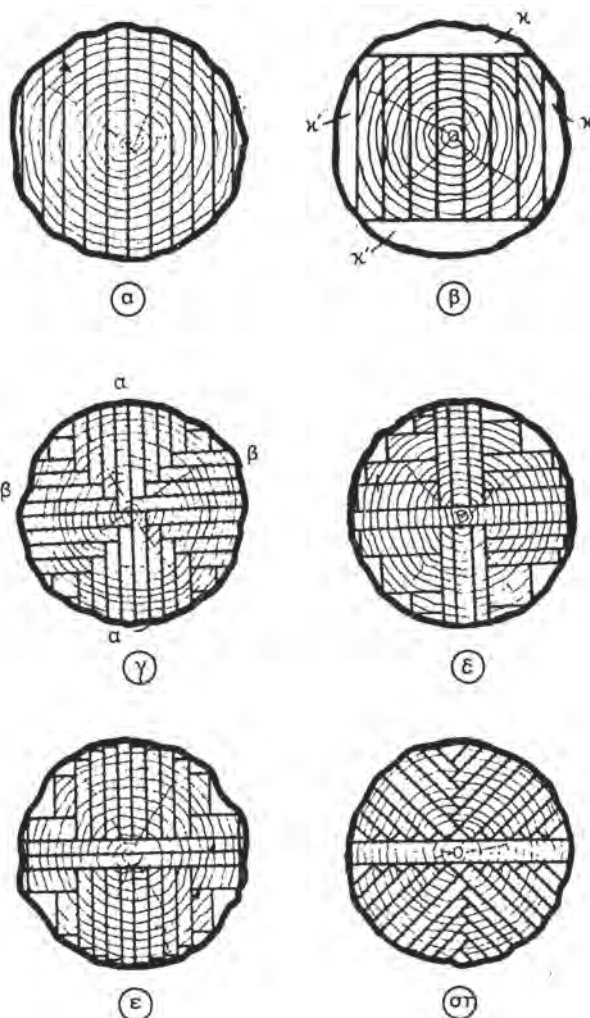
Τα σκληρά ξύλα τοποθετούνται σε στρώσεις, ενώ τα μαλακά τοποθετούνται όρθια.

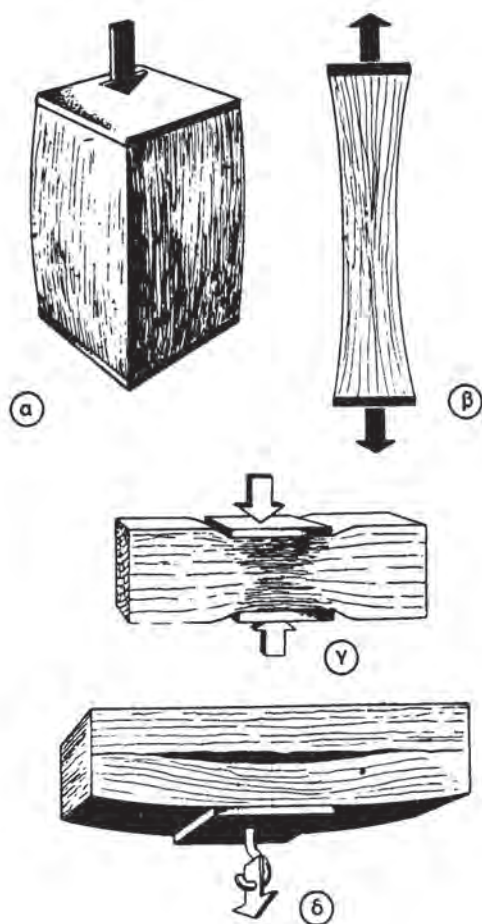
12.10. Δομή κορμού

Σε κάθετη τομή στον κορμό, παρατηρούνται τα διάφορα μέρη που τον απαρτίζουν. Αυτά είναι από τον πυρήνα προς τον φλοιό: η

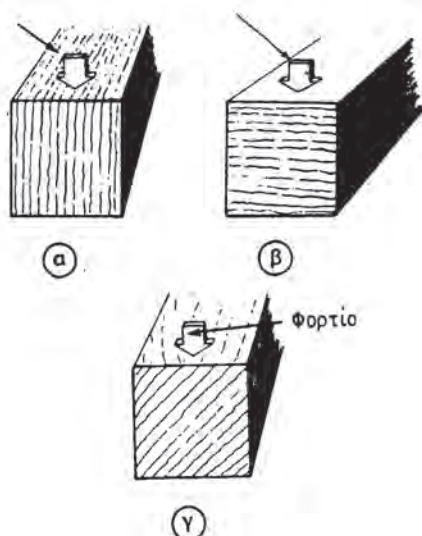


Σχήμα 12.4 Τρόποι κοπής πριστής ξυλείας





Σχήμα 12.5 Τρόποι φόρτισης ξύλων



εντεριώνη (ψύχα), το καρδιόξυλο (εγκάρδιο ή καρδιά), ο σομφός, το κάμβιο και ο φλοιός.

Η **εντεριώνη** είναι το ασθενέστερο μέρος του κορμού και περιβάλλεται από το εγκάρδιο. Αυτό περιβάλλεται από τον σομφό. Ο **σομφός** είναι αυτός που χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό. Τον σομφό περιβάλλει το κάμβιο που είναι ο φορέας όλων των θρεπτικών ουσιών. Ο εξωτερικός δακτύλιος είναι ο **φλοιός** του δένδρου.

Τα κύτταρα του ξύλου πολλαπλασιάζονται από την άνοιξη μέχρι το φθινόπωρο. Το ανοιξιότικο ξύλο ονομάζεται **πρώιμο** και είναι ανοιχτότερο με μικρότερη πυκνότητα, ενώ το καλοκαιρινό ονομάζεται **όψιμο** και είναι πιο σκουρόχρωμο και με μεγαλύτερη πυκνότητα.

12.11. Ιδιότητες

12.11.1. Πυκνότητα

Το ξύλο είναι υλικό με μεγάλες πορώδεις που ανάλογα με το είδος κυμαίνεται από 10 - 90%. Η πυκνότητα εξαρτάται από την υγρασία του και γι' αυτό το ξύλο αναφέρεται ως υγροσκοπικό υλικό.

Ανάλογα με την υγρασία τους τα ξύλα διακρίνονται σε χλωρά, με υγρασία >26%, και ξηρά με υγρασία από 18% - 25%.

Ο Ευρωκώδικας 5 ορίζει ως χαρακτηριστική πυκνότητα αυτή που μετράται σε 20°C και σχετική υγρασία περιβάλλοντος 65%.

12.11.2. Θερμική αγωγιμότητα

Μία από τις σπουδαιότερες ιδιότητες του ξύλου είναι η θερμική του αγωγιμότητα, που είναι σχετικά μικρή και εξαρτάται από το είδος της ξυλείας, την φαινόμενη πυκνότητα, την υγρασία και τον προσανατολισμό των ινών. Η θερμική αγωγιμότητα είναι 1.8 φορές μεγαλύτερη κατά μήκος των ινών από ό,τι κάθετα σε αυτές, (μέσος όρος 0.15 - 0.27 Kcal/mh°C).

12.11.3. Σκληρότητα

Η σκληρότητα του ξύλου εξαρτάται από την πυκνότητά του, από την υγρασία που περι-

έχει το ξύλο και από την επιφάνεια στην οποία αυτό υφίσταται την τριβή (παράλληλη ή κάθετη προς τις ίνες).

Τα ξύλα είτε προέρχονται από διαφορετικά δένδρα είτε από το ίδιο, αλλά εξάγονται από διαφορετικά τμήματα, παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην σκληρότητα.

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας εξετάζεται σε ξύλα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε κατασκευές που υφίστανται τριβές (πατώματα).

12.11.4. Αντοχή σε εφελκυσμό - θλίψη

Η μηχανική αντοχή του ξύλου σχετίζεται με την ελαστικότητά του και την διεύθυνση των φορτίσεων. Το ξύλο ως ανισότροπο υλικό συμπεριφέρεται καλύτερα σε καταπονήσεις παράλληλες προς την διεύθυνση των ινών του παρά κάθετα σε αυτές.

Η αντοχή σε εφελκυσμό παράλληλα προς τη διεύθυνση των ινών του ξύλου είναι 10 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη κάθετα σε αυτές.

Αντίθετα, η αντοχή σε θλίψη του ξύλου παράλληλα με τη διεύθυνση των ινών του είναι μικρότερη από αυτή που εκδηλώνει κάθετα σε αυτές.

12.11.5 Αντοχή σε κάμψη

Η μεγαλύτερη αντοχή του ξύλου σε κάμψη παρουσιάζεται όταν η δύναμη που εξασκείται είναι κάθετη στις ίνες. Αυτό εξηγείται γιατί σε μια καμπτόμενη δοκό στο κάτω μέρος αυτής αναπτύσσονται εφελκυστικές δυνάμεις, ενώ στο άνω μέρος θλιπτικές δυνάμεις παράλληλες προς τη διεύθυνση των ινών.

Όσο σκληρότερο είναι το ξύλο και όσο μικρότερη υγρασία έχει, τόσο μεγαλύτερες είναι οι δυνάμεις που μπορεί αυτό να παραλάβει.

Παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή ενός ξύλου είναι η ύπαρξη ρόζων και η αλλαγή διεύθυνσης των ινών του.

12.11.6. Ελαστικότητα

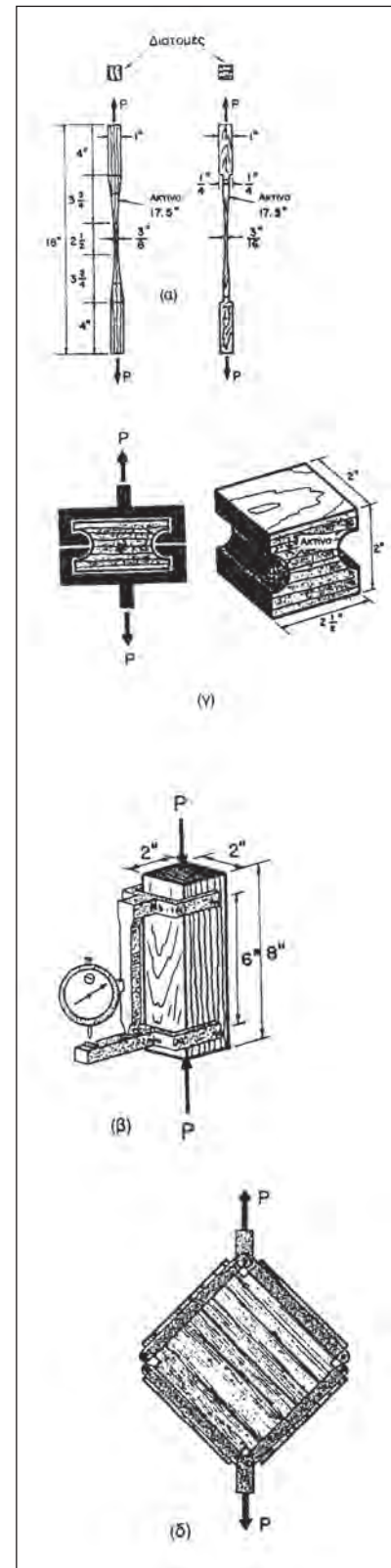
Η ελαστικότητα του ξύλου είναι πολύ μεγάλη και μετά την αποφόρτισή του επανέρχεται στο αρχικό του σχήμα.

Η ελαστικότητα εξαρτάται από το είδος και τη διάταξη των ινών του ξύλου, την υγρασία και το ειδικό βάρος του.

Στην ιδιότητα αυτή στηρίζεται και η κατασκευή καμπύλων δοκών από ξύλο, μουσικών οργάνων κ.ά.

12.11.7. Υγροσκοπικότητα

Το ξύλο είναι πολύ υγροσκοπικό υλικό. Απορροφά την υγρασία και την αποδίδει στο περιβάλλον. Αυτή η ιδιότητα προκαλεί διόγκωση ή συρρίκνωσή του με ανάλογες επιπτώσεις στην κατασκευή όπου αυτό χρησιμοποιείται.



Σχήμα 12.6 Έλεγχοι μηχανικών ιδιοτήτων ξύλου

12.11.8. Έλεγχος των ιδιοτήτων του ξύλου

Ο έλεγχος των ιδιοτήτων του ξύλου γίνεται βάσει των Ευρωπαϊκών Προτύπων EN 384 και EN 408. Το μέσο μέτρο ελαστικότητας E_{mean} , και η χαρακτηριστική αντοχή σε κάμψη $f_{m,k}$ υπολογίζονται βάσει των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από πειράματα κάμψης (πίνακας 12.1).

Πίνακας 12.1. E και σ για τους διάφορους τύπους ξύλων

Είδος ξύλου	Μέτρο Ελαστικότητας E σε Kg/cm ²		Όριο αναλογίας	Στατική αντοχή MPa				
	παράλληλα προς τις ίνες	κάθετα προς τις ίνες		εφελκυσμός παράλληλα προς τις ίνες	θλίψη παράλληλα προς τις ίνες	θλίψη κάθετα προς τις ίνες	διάτμηση κάθετα προς τις ίνες	κάμψη
Δρυς	100 000 - 108 000	8 000 - 11 000	150 - 500	100	40	15	30	60
Οξιά	130 000-180 000	-	100 - 600	134	35	-	-	67
Ξυλεία κωνοφόρων	90 000-110 000	4 000 - 8 000	150 - 230	80	80	8	25	43

12.11.9. Προστασία του ξύλου

Το ξύλο για να διατηρηθεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα χρειάζεται προστασία από τους μύκητες, τα έντομα, την υγρασία και την φωτιά.

12.11.10. Προστασία από μύκητες

Οι μύκητες προσβάλλουν κυρίως τον σομφό του ξύλου όταν βρουν κατάλληλες συνθήκες υγρασίας >25%, αερισμού και θερμοκρασίας 10-35°C, και τον μετατρέπουν τελικά σε σάπια μάζα ή σκόνη. Περισσότερο ευπαθή στους μύκητες είναι τα μαλακά ξύλα.

Κυριότερα μέτρα προστασίας του ξύλου είναι: η καλή ξήρανσή του και η χρήση αντισηπτικών ουσιών για παρεμπόδιση της ανάπτυξης παρασίτων.

Οι συνηθέστερες προληπτικές κατεργασίες είναι η επάλειψη (χρώματα, βερνίκια), το βάπτισμα (άλατα, ελαιώδη πισσέλαια) και ο εμποτισμός (καταιονισμός, διάχυση) του ξύλου.

12.11.11. Προστασία από υγρασία

Αποτελεσματικός τρόπος αντιμετώπισης της εσωτερικής υγρασίας του ξύλου είναι το καλό ξέπλυμα της εξωτερικής επιφάνειάς του και στη συνέχεια η έκθεσή του, σε ξηρό περιβάλλον.

Ο καλός αερισμός του ξύλου, ο εμποτισμός του με ελαιώδεις ουσίες ή ρητίνες, η επάλειψή του με πίσσα και η βαφή της επιφάνειάς του



Σχήμα 12.7 Στέγη κατεστραμμένη από φωτιά

με επικαλυπτικές ύλες, όπως τα ελαιοχρώματα, τα βερνίκια κ.ά., το προστατεύουν αποτελεσματικά. Η βαφή του πρέπει να επαναλαμβάνεται συχνά ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

12.11.12 Προστασία από τα έντομα

Ορισμένα έντομα προκαλούν μεγάλες καταστροφές στα ξύλα πριν ή και μετά την κοπή (σαράκι του ξύλου).

Τα μέτρα προφύλαξης είναι:

(α) Η διατήρηση των επιφανειών του σε όσο το δυνατόν καλύτερη κατάσταση για την αποφυγή σχισμών,

(β) επάλειψη των επιφανειών του με βερνίκι ή ελαιόχρωμα.

Εάν το ξύλο προσβληθεί, πρέπει να εμποτιστεί με ουσίες που νεκρώνουν τα έντομα.

12.11.13. Προστασία από τη φωτιά

Επειδή το ξύλο είναι εξαιρετικά εύφλεκτο υλικό και συντελεί στην ανάπτυξη και μετάδοση της πυρκαϊάς (σχήμα 12.7), ο κίνδυνος περιορίζεται με επάλειψη των επιφανειών του με άκαυστα υλικά (χρώματα φωτιάς, ουσίες με βάση τον αμίαντο) ή με επένδυσή του με λεπτά μεταλλικά φύλλα, γυψοσανίδες ή φύλλα αμιάντου.

12.12. Είδη ξυλείας

Τα κυριότερα είδη ξύλων είναι:

12.12.1. Το Έλατο

Το έλατο έχει μεγάλο ύψος (3.5 - 50m). Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην κατασκευή ξυλοτύπων. Έχει μικρή διάρκεια ζωής.

12.12.2. Το Σουηδικό πεύκο

Το ύψος του Σουηδικού πεύκου φτάνει τα 30m. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική και επιπλοποιία.

12.12.3. Το Λαρτσινό πεύκο

Το Λαρτσινό πεύκο αναπτύσσεται στην Ελλάδα. Έχει αντοχή στις τριβές και χρησιμοποιείται για την κατασκευή πατωμάτων και κλιμακοστασίων.

12.12.4. Το Πιτς - πάλιν και το Όρεγκον - πάλιν

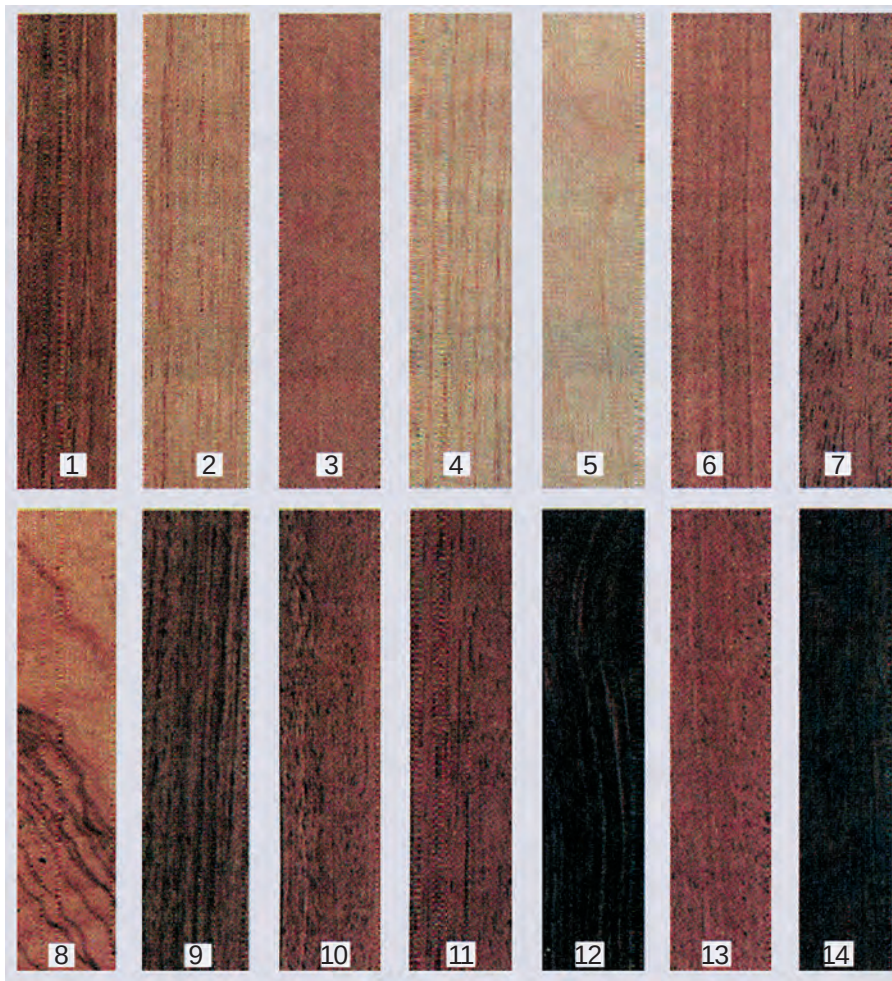
Το Πιτς - πάλιν και το Όρεγκον - πάλιν είναι είδη πεύκου της Β. Αμερικής. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή πατωμάτων, κλιμακοστασίων και κουφωμάτων.

12.12.5. Κέδρος

Ο κέδρος είναι μαλακό ξύλο και χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή στεγών.

12.12.6. Δρυς

Η δρυς θεωρείται από τα καλύτερα ξύλα λόγω της ωραίας εμφάνισής της. Είναι ξύλο βαρύ, συμπα-



Σχήμα 12.8 Είδη ξυλείας

1. Διάφορα είδη ξύλων που χρησιμοποιούνται σε επιστρώσεις δαπέδων.

1. Δρυς, 2. Καστανιά, 3. Οξιά, 4. Μελιά, 5. Σφενδάμι, 6. Afromorsia, 7. Iroko, 8 Ελιά, 9. Teak, 10. Angélique, 11. Doussié, 12. Έβενος, 13. Merbau, 14. Wengé

γές και σκληρό με μεγάλη διάρκεια ζωής και χαρακτηριστικές χρυσαλλίδες. Χρησιμοποιείται για κατασκευή πατωμάτων και επίπλων.

12.12.7. Οξιά

Η οξιά διακρίνεται για την πυκνότητα των ινών της και έχει μικρή ελαστικότητα. Με κατεργασία (βρέξιμο και θέρμανση) μπορεί να πάρει διάφορα σχήματα. Λόγω της ιδιότητας αυτής χρησιμοποιείται στην επιπλοποιία.

12.12.8. Καστανιά - καρυδιά

Η καστανιά και η καρυδιά είναι ξύλα σκληρά και χρησιμοποιούνται κυρίως στην επιπλοποιία.

12.12.9. Λεύκα

Η λεύκα είναι μαλακό ξύλο και χρησιμοποιείται για την παρασκευή χαρτοπολτού.

12.12.10. Ιρόκο

Το ιρόκο είναι σκληρό ξύλο και χρησιμοποιείται για κατασκευή πατωμάτων και επενδύσεις εσωτερικών χώρων.

12.12.11. Μαόνι

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία αυτού του ξύλου. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική και επιπλοποιία.

12.13. Τεχνητή ξυλεία

Για την παραγωγή τεχνητής ξυλείας χρησιμοποιούνται τα ονομαζόμενα **άχρηστα υλικά**.



Σχήματα 12.9, 12.10, 12.11, 12.12 Κατασκευές από φυσική ξυλεία



Τα υλικά αυτά προέρχονται από τις τεράστιες ποσότητες που αφήνει η υλοτομία (κλαδιά, φύλλα κ.ά.) και με κατάλληλες μηχανικές και χημικές μεθόδους παράγεται το τεχνητό ξύλο.

Η τεχνητή ξυλεία παράγεται σε μορφή φύλλων, πλακών και δοκών.

Τα σημαντικότερα είδη είναι:

- Τα αντικολλητικά φύλλα (κόντρα πλακέ)
- Συγκολλητή ξυλεία
- Ινοσανίδες - μοριοσανίδες (νοβοπάν, χάρντμπορντ)

12.13.1. Τα αντικολλητικά φύλλα (κόντρα πλακέ)

Παράγονται με τη συγκόλληση λεπτών φύλλων ξύλου με τρόπο ώστε οι ίνες του ενός φύλλου να είναι κάθετες στις ίνες του άλλου. Τα φύλλα του ξύλου παράγονται από λεύκες, σκλήθρο, σημύδα κ.ά.



Για τη συγκόλληση των φύλλων χρησιμοποιούνται ειδικές κόλλες (συνήθως καζεΐνη) με εφαρμογή μεγάλης πίεσης.

Στην αγορά διατίθενται και αντικολλητικά φύλλα ανώτερης ποιότητας (καπλαμάς) που χρησιμοποιούνται για την επένδυση μοριοσανίδων και ινοσανίδων για ωραία εμφάνιση χωρίς υψηλό κόστος.

Τα αντικολλητικά φύλλα χρησιμοποιούνται για κατασκευή θυρών, ντουλαπιών, επίπλων, σε ξύλινες επενδύσεις ακόμη για την ναυπήγηση ελαφρών σκαφών κ.ά.

12.13.2. Συγκολλητή ξυλεία

Αυτή παράγεται με τη συγκόλληση ξύλων σχετικά μεγάλων διαστάσεων. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή δοκών που χρησιμοποιούνται ως φέροντα στοιχεία πλακών, πατωμάτων, στεγών και διαχωριστικών πετασμάτων.

Η συγκολλητική ξυλεία πλεονεκτεί έναντι της κοινής γιατί μπορούν να κατασκευασθούν στοιχεία με διάφορες μορφές (τόξα, τρίγωνα κ.ά.). Τα στοιχεία από συγκολλητή ξυλεία έχουν μεγαλύτερες μηχανικές αντοχές και δεν απορροφούν υγρασία.

12.13.3. Ινοσανίδες - μοριοσανίδες (νοβοπάν, χάρντμπορντ)

Με τις **ινοσανίδες** και **μοριοσανίδες** αξιοποιούνται όλα τα απορρίμματα από την επεξεργασία του ξύλου και της ξυλείας με κακή ποιότητα.

Οι ινοσανίδες παράγονται από τον πολτό του ξύλου με μια συνθετική ρητίνη. Χρησιμοποιούνται για ηχομονωτικά, για ελαφρά χωρίσματα, φύλλα ντουλαπιών και έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή χωρίς να έχουν τα προβλήματα που έχουν τα ξύλα.

Οι μοριοσανίδες έχουν παρόμοιο τρόπο κατασκευής με τις ινοσανίδες με τη διαφορά ότι εδώ δεν έχουμε αποΐνωση. Έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τις ινοσανίδες αλλά μικρότερες μηχανικές αντοχές.

12.14. Χαρτί

Το **χαρτί** παράγεται από την κυτταρίνη του ξύλου ή άλλα υλικά που περιέχουν κυτταρίνη. Έχει την ιδιότητα να ανακυκλώνεται. Με κατάλληλη επεξεργασία του ξύλου παράγεται η χαρτομάζα και στη συνέχεια το χαρτί.

Το χαρτί χρησιμοποιείται στην οικοδομική ως πισσόχαρτο, στην επικάλυψη των τοίχων (ταπετσαρίες) ή την κατασκευή καλουπιών για στρογγυλές κολόνες κ.ά.

Σημαντική εφαρμογή του χαρτιού είναι η φορμάικα που έχει μεγάλη αντοχή στην τριβή και δεν επηρεάζεται από το νερό και τα χημικά μέσα καθαρισμού.

Χρησιμοποιείται για την κάλυψη ξύλινων επιφανειών (τραπέζια, πάγκοι κουζίνας και ντουλαπιών).

12.15. Νέες τεχνολογίες του ξύλου

Νέες τεχνολογίες έχουν ανακαλυφθεί για να βελτιώσουν τις ιδιότητες του ξύλου και να διευρύνουν τις χρήσεις του. Αυτές είναι:



Σχήμα 12.13 Χρήση χαρτινών καλουπιών

- Η άτμιση
- Η επεξεργασία σε υψίσυχνα ρεύματα
- Η πλαστικοποίηση και ο εμποτισμός με πολυμερή

12.15.1. Άτμιση

Είναι η διεργασία κατά την οποία το ξύλο με την επίδραση ατμού απομακρύνει τους χυμούς και τον χρωματισμό του και προετοιμάζεται για την επομένη κατεργασία.

12.15.2. Υψίσυχνα ρεύματα

Χρησιμοποιούνται με σκοπό την ξήρανση ή τη θέρμανση του ξύλου κατά τη συγκόλληση και τη διαμόρφωσή του.

12.16. Πλαστικοποίηση

Με την πλαστικοποίηση αυξάνουμε την πλαστιμότητα του ξύλου με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η διαμόρφωση καμπύλων στοιχείων (έπιπλα). Ο εμποτισμός με πολυμερή δίνει στο τελικό προϊόν μεγαλύτερη αντοχή και μεγαλύτερο μέτρο ελαστικότητας.

12.17. Χρήση δομικής ξυλείας

Οι χρήσεις της δομικής ξυλείας ανάλογα με το δομικό στοιχείο δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Έργο	Ξύλο
Στέγες	Έλατο, κέδρος
Κουφώματα	Έλατο, πεύκο, δρυς
Δάπεδα	Πεύκο, δρυς, οξιά, καστανιά, πιτς-παίν
Σκάλες	Πεύκο, πιτς-παίν
Γέφυρες	Δρυς, καστανιά, σουηδικό πεύκο, κέδρος
Ικριώματα	Έλατο, πεύκο
Ξυλότυποι	Έλατο

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Από ποιες κατηγορίες δέντρων προέρχεται η δομική ξυλεία και σε ποιες κατηγορίες αυτή κατατάσσεται;
2. Πώς επηρεάζει η υγρασία την παραγωγή της ξυλείας και πώς αυτή ξηραίνεται;
3. Με ποιο τρόπο αποθηκεύονται τα ξύλα (ανάλογα με τη σκληρότητά τους);
4. Ποιοι παράγοντες επιδρούν στην αντοχή του ξύλου;
5. Ποιοι οι μεγαλύτεροι εχθροί του ξύλου και ποια τα μέτρα προστασίας του;
6. Ποια τα κυριότερα είδη των Ελληνικών ξύλων που χρησιμοποιούμε στη δόμηση και σε ποια δομικά στοιχεία χρησιμοποιούμε το καθένα απ' αυτά;
7. Ποια υλικά χρησιμοποιούμε στην παραγωγή τεχνητής ξυλείας και ποια τα κυριότερα είδη της;
8. Ποιο είδος τεχνητής ξυλείας έχει μεγαλύτερη αντοχή και πού το χρησιμοποιούμε;
9. Περιγράψτε τρόπους κοπής των ξύλων καθώς και τα προϊόντα που παίρνουμε από κάθε τύπο κοπής.
10. Δικαιολογήστε τη διαφορά αντοχής του ξύλου σε σχέση με τη διεύθυνση των ινών του.

ΜΕΤΑΛΛΑ - ΚΡΑΜΑΤΑ

Τα μέταλλα χρησιμοποιήθηκαν ως δομικό υλικό
τους δύο τελευταίους αιώνες.
Βρίσκονται στο υπέδαφος υπό μορφή μεταλλευμάτων.
Τήκονται σε βιομηχανικές μονάδες
και μορφοποιούνται εύκολα.
Το πιο διαδεδομένο μέταλλο στη δόμηση
είναι ο χάλυβας,
ο οποίος χρησιμοποιείται είτε σε αυτούσια μορφή
είτε σε συνδυασμό με το σκυρόδεμα (οπλισμός),
σε όλα τα μεγάλα τεχνικά έργα.
Άλλα μέταλλα που χρησιμοποιούνται είναι
το αλουμίνιο (κουφώματα)
και ο χαλκός (σωληνώσεις).

13. ΜΕΤΑΛΛΑ - ΚΡΑΜΑΤΑ

Η χρήση των **μετάλλων** έχει μια ιστορία 35 αιώνων. Τα πρώτα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο χαλκός και ο σίδηρος. Στην αρχή η χρήση τους περιοριζόταν σε κατασκευή όπλων, μαγειρικών σκευών και νομισμάτων.

Οι πρώτες μεταλλικές κατασκευές έγιναν στα τέλη του 17^{ου} αιώνα, από χυτοσίδηρο και ήταν σιδηροτροχίες, γέφυρες, δοκοί και υποστυλώματα.

Η πρώτη γέφυρα κατασκευάστηκε στον ποταμό Severn ανοίγματος 30.5m. Η χρήση του σιδήρου έκτοτε επεκτάθηκε πολύ. Την τελευταία πεντηκονταετία αντικαταστάθηκε από τον χάλυβα (κράμα σιδήρου). Ένα από τα σημαντικότερα έργα από χάλυβα είναι ο πύργος του Eiffel που κατασκευάστηκε το 1889 με ύψος 300m και βάρος 9700t. Το 1890 στην Σκωτία κατασκευάστηκε η Forth Bridge με δύο ανοίγματα 521m, ύψους 45.7m από την επιφάνεια του νερού και βάρους 50000t.

Άλλα μεγάλα τεχνικά έργα είναι η γέφυρα Mackina (1957) με συνολικό μήκος 2595m, η κρεμαστή γέφυρα στο San Francisco (Golden Gate), η γέφυρα Selo στην Ισπανία που συνδέει δύο νησιά με μήκος 8,900m και δόθηκε στην κυκλοφορία το 1988.

Στη σύγχρονη εποχή κατασκευάζονται έργα με χάλυβες υψηλής αντοχής, με αλουμίνιο, με **κράματα** σιδήρου, νικελίου, χρωμίου, αλουμινίου, μαγγανίου, κ.ά.

Εκτός από χαλύβδινες έχουν κατασκευαστεί γέφυρες με κράματα αλουμινίου. Οι πρώτες οδικές γέφυρες ήταν: η γέφυρα στο Quebec του Καναδά, η γέφυρα Arvida, κ.ά. Χαρακτηριστικό των γεφυρών από αλουμίνιο είναι η μεγάλη διαφορά βάρους από τις αντίστοιχες από χάλυβα. Η γέφυρα Arvida ζύγιζε μόνο 181t αντί των 405t αν ήταν κατασκευασμένη από χάλυβα.

Τα μέταλλα λαμβάνονται από τα μεταλλεύματα που βρίσκονται στο υπέδαφος με τη μορφή διαφόρων ενώσεων κυρίως οξειδίων, θειούχων και ανθρακικών. Η παραγωγή τους γίνεται μέσα από μία σειρά εργασιών που ονομάζεται **μεταλλουργία**.

13.1. Δομή των μετάλλων

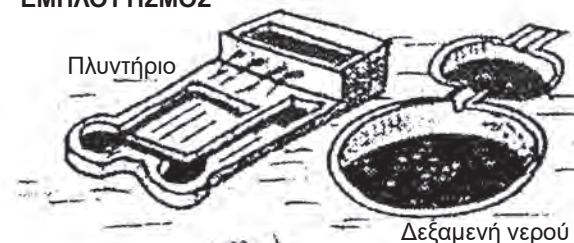
Όλα τα μέταλλα έχουν κρυσταλλική δομή. Οι κρύ-

ΕΞΩΡΥΞΗ



Μετάλλευμα αργυρούχου μόλυβδου (αργυρίτης)

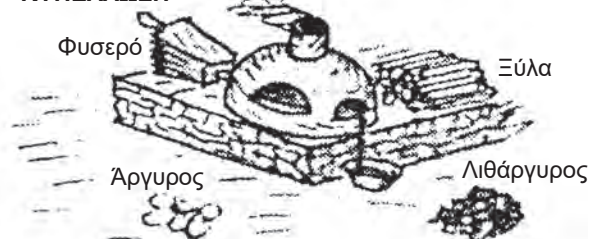
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΣ



ΤΗΣΗ



ΚΥΠΕΛΛΩΣΗ



ΑΝΑΤΗΞΗ ΤΩΝ ΛΙΘΑΡΓΥΡΩΝ



Σχήμα 13.1 Κατεργασία αργυρούχου μεταλλεύματος



Σχήμα 13.2 Πύργος του Eiffel

σταλλοί τους είναι σώματα ανισότροπα και κατά συνέπεια εμφανίζουν διαφορετικές τιμές σε ορισμένα φυσικά μεγέθη τους (αντοχή, αγωγιμότητα κ.ά.) ανάλογα με την κατεύθυνση ή το επίπεδο μέτρησης του μεγέθους.

Τα μέταλλα δεν εμφανίζουν μορφή ενιαίου και συνεχούς κρυστάλλου αλλά ακανόνιστο σχήμα με τυχαίο προσανατολισμό που ονομάζονται κόκκοι ή κρυσταλλίτες. Το μέγεθος των κόκκων αυτών είναι μεταξύ 0.02 και 0.2mm.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μετάλλων είναι:

- Η μεγάλη μηχανική αντοχή τους (αντοχή σε θλίψη, εφελκυσμό, κάμψη, διάτμηση, στρέψη κ.ά.)
- Η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητά τους (τα μέταλλα - κράματα είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας)
- Η συγκολλητότητά τους
- Η ικανότητά τους να τροποποιούν τις μηχανικές ιδιότητές τους με κατάλληλη μηχανική, θερμική ή ηλεκτρική κατεργασία
- Η ελατότητά τους
- Η ολκιμότητά τους
- Η ελαστικότητα (μπορούν να αναπτύξουν σημαντικές παραμορφώσεις μέχρι να φτάσουν το σημείο θραύσης)
- Το εύτηκτό τους (έχουν την ικανότητα να υποστούν μορφοποίηση με τήξη και χύτευση σε κατάλληλους τύπους)
- Το εύχυτό τους

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά δεν εμφανίζονται σε όλα τα μέταλλα στον ίδιο βαθμό. Η επιλογή του καταλληλότερου γίνεται ανάλογα με το έργο και τις συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον του.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των μεταλλικών υλικών είναι η σχετική ευκολία με την οποία διαβρώνονται σε υγρό περιβάλλον και η μικρή

αντοχή τους στην πυρκαγιά.

Στη δόμηση χρησιμοποιούνται κυρίως κράματα σιδήρου, όπως οι **χάλυβες** και ο **χυτοσίδηρος**. Η χρήση του χάλυβα σε συνεργασία με το σκυρόδεμα σε μορφή ράβδων οπλισμού ή τενόντων προέντασης έδωσε τεράστια ώθηση στην κατασκευή τεχνικών έργων από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 13.3 Tower Bridge στο Λονδίνο

13.2. Ιδιότητες των μετάλλων

Οι ιδιότητες των μετάλλων διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες
2. Μηχανικές ιδιότητες
3. Τεχνολογικές ιδιότητες

13.2.1. Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Οι ιδιότητες αυτές αφορούν το ειδικό βάρος, τη θερμοκρασία τήξης, την θερμική - ηλεκτρική αγωγιμότητα, τον συντελεστή γραμμικής μεταβολής κ.ά.

Τα μέταλλα ανάλογα με το ειδικό βάρος τους διακρίνονται σε ελαφρά, βαριά και πολύ βαριά.

13.2.2. Μηχανικές ιδιότητες

Οι μηχανικές ιδιότητες αφορούν τη συμπεριφορά των υλικών στις επιδράσεις εξωτερικών και εσωτερικών δυνάμεων. Οι ιδιότητες αυτές είναι:

13.2.2.1. Σκληρότητα

Η σκληρότητα είναι η αντίσταση της επιφάνειας ενός σώματος στη χάραξή της από ένα άλλο σώμα. Η σκληρότητα μετράται σε κλίμακα Mohs (πετρώματα), ενώ στα μέταλλα οι πιο γνωστές μέθοδοι μέτρησης της σκληρότητας είναι:

- (α) η μέθοδος Brinell
- (β) η μέθοδος Rockwell
- (γ) η μέθοδος Vickers

Μονάδα μέτρησης είναι το Kg/cm^2 ή Kg/mm^2 .

13.2.2.2. Φορτίσεις

Το μέτρο αντοχής προσδιορίζεται από την τάση αντοχής (σ_{av}) ή την τάση θραύσης ($\sigma_{\theta\rho}$). Τα μέταλλα παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε κάθε είδους παραμόρφωση. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντοχή σε εφελκυσμό.

13.2.2.3. Ελαστικότητα

Μία από τις σπουδαιότερες ιδιότητες των μεταλλικών υλικών είναι η ικανότητά τους να παραμορφώνονται χωρίς να θραύονται, κάτω από την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων. Για ορισμένες τιμές των δυνάμεων οι παραμορφώσεις είναι προσωρινές. Η ιδιότητα αυτή καλείται **ελαστικότητα**. Εάν οι δυνάμεις είναι μεγαλύτερες οι παραμορφώσεις είναι μόνιμες και η ιδιότητα καλείται πλαστικότητα. Εάν η επίδραση της δύναμης υπερβεί ένα όριο τα μέταλλα θραύονται.

13.2.2.4. Ερπυσμός

Ερπυσμός είναι η ανάπτυξη παραμορφώσεων κάτω από σταθερή τάση σε υψηλές θερμοκρασίες. Σε συνηθισμένες εφαρμογές των μετάλλων στη δόμηση το φαινόμενο του ερπυσμού συνήθως αγνοείται.

13.2.2.5. Κρούση

Η αντοχή σε **κρούση** εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την ταχύτητα κρούσης και το μέγεθος των κόκκων της κρυσταλλικής δομής. Μείωση της θερμοκρασίας δυσχεραίνει την ανάπτυξη πλαστικών παραμορφώσεων. Η αντοχή σε κρούση μειώνεται όσο μεγαλύτεροι είναι οι κόκκοι του υλικού.

13.2.2.6. Κόπωση

Η **κόπωση** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο τα υλικά αστοχούν σε επαναλαμβανόμενη φόρτιση. Τα επαναλαμβανόμενα φορτία προκαλούν ανάπτυξη ρωγμών που πιθανό να οδηγήσουν σε αστοχία του υλικού. Η αντοχή σε κόπωση αυξάνεται όσο αυξάνεται η εφελκυστική αντοχή, μειώνεται η θερμοκρασία και μειώνεται το μέγεθος των κόκκων στη δομή των μετάλλων.

Γενικά οι εφελκυστικές τάσεις δίνουν μικρότερη αντοχή σε κόπωση από ό,τι οι θλιπτικές.

13.2.3. Τεχνολογικές ιδιότητες

13.2.3.1. Ελατότητα

Τα μέταλλα μπορούν να αλλάζουν σχήμα και μορφή με την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων χωρίς την μεταβολή των υπόλοιπων ιδιοτήτων τους.

13.2.3.2. Ολκιμότητα

Τα μέταλλα λαμβάνουν μετά από την έλξη τους μέσω κατάλληλης συσκευής την μορφή σύρματος.

13.2.3.3. Συγκολλητότητα

Τα μέταλλα μπορούν να συγκολληθούν μεταξύ τους δίνοντας σώματα μεγάλης αντοχής.

13.2.3.4. Εύχυτον

Είναι η ικανότητα των μετάλλων να πάρουν οποιοδήποτε σχήμα μετά από την πήξη τους και την έγχυσή τους σε καλούπια.

13.3. Κράματα

Τα μεταλλικά υλικά σπάνια αποτελούνται από καθαρά μέταλλα. Κατά κανόνα είναι μίγματα μετάλλων που ονομάζονται **κράματα**.

Τα κυριότερα κράματα που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή δομικών υλικών είναι:

- Ο χάλυβας (κράμα σιδήρου και άνθρακα)
- Ο νικελιούχος - χρωμιούχος χάλυβας (κράμα νικελίου - χρωμίου και σιδήρου)
- Ο μπρούτζος (κράμα χαλκών και ψευδαργύρου)
- Κράματα μολύβδου

13.3.1. Ιδιότητες των κραμάτων

Οι ιδιότητες των κραμάτων είναι συνδυασμός των ιδιοτήτων των συστατικών τους ή βελτιωμένες. Απαραίτη προϋπόθεση για το σχηματισμό ενός κράματος είναι η δυνατότητα των στοιχείων που το συνιστούν να αποτελέσουν ένα ομοιογενές μίγμα όταν είναι σε υγρή κατάσταση.

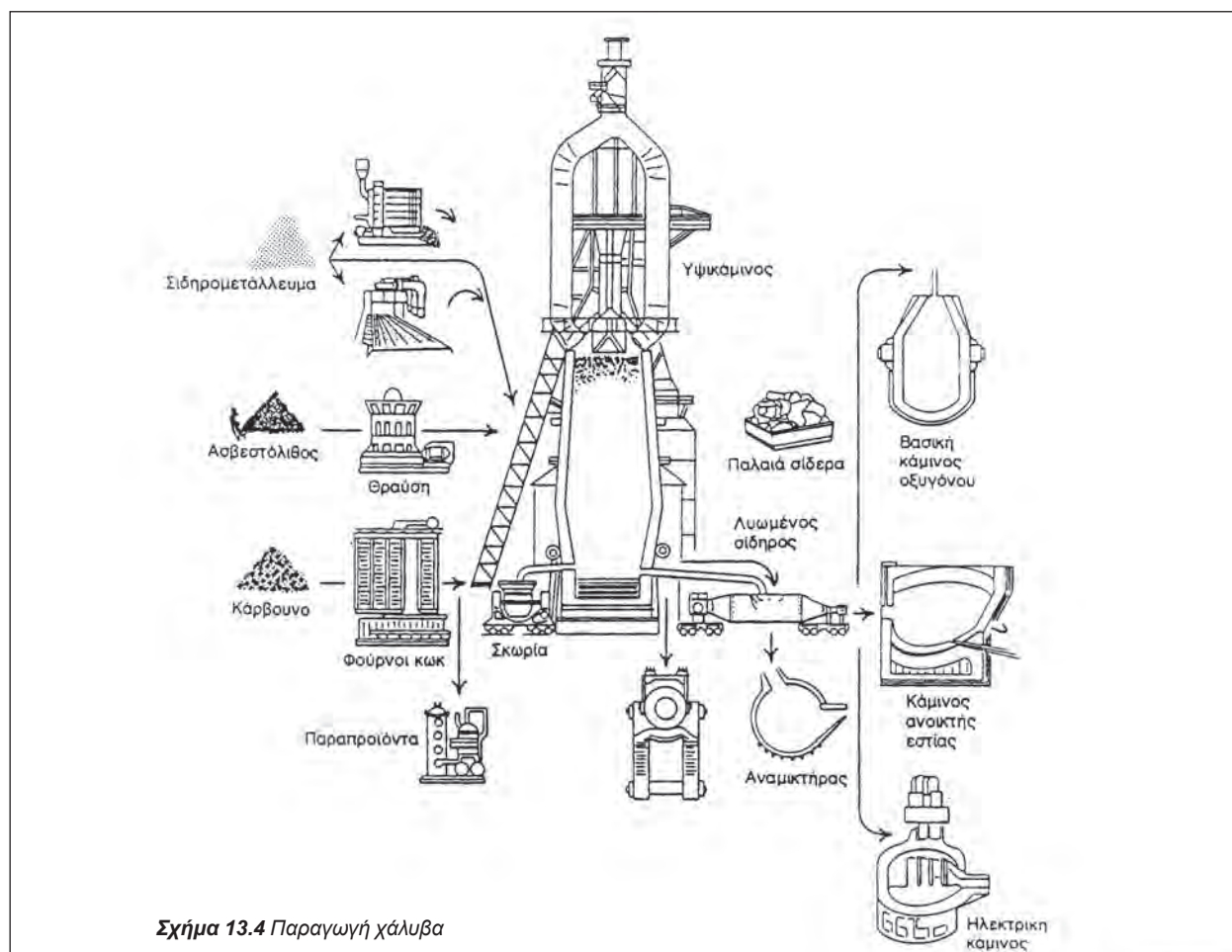
Από τα σημαντικότερα προβλήματα ασυμβατότητας που εμφανίζονται στους συνδυασμούς μετάλλων μεταξύ τους είναι η γαλβανική διάβρωση, που οφείλεται σε διαφορά δυναμικού ισορροπίας σε ηλεκτρολυτικό περιβάλλον. Δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα που προσβάλλει κάποιο από τα μέταλλα (το ασθενέστερο) . Για την αποφυγή του παραπάνω φαινομένου γίνεται ειδική κατεργασία των μετάλλων που ονομάζεται **γαλβανισμός**.

13.4. Σίδηρος

Ο σίδηρος εξάγεται από πλήθος ορυκτών στα οποία βρίσκεται στη φύση. Είναι το πιο διαδεδομένο ορυκτό στο φλοιό της γης. Εξάγεται κυρίως από τα ακόλουθα ορυκτά: το λεμονίτη, το μαγνητίτη, το σιδηρίτη και το σιδηροπυρίτη.

Διακρίνουμε 3 είδη σιδήρου:

1. Τον χυτοσίδηρο (μαντέμι)
2. Τον χάλυβα (σίδηρο)
3. Τον ειδικό χάλυβα (ατσάλι)



13.4.1. Χυτοσίδηρος

Ο **χυτοσίδηρος** είναι σκληρό και εύθραυστο υλικό (μεγάλο ποσοστό άνθρακα). Η αντοχή του σε θλίψη είναι μεγάλη ενώ σε εφελκυσμό μικρή. Παρουσιάζει ικανότητα στην απόσβεση κραδασμών. Μορφοποιείται με χύτευση και χρησιμοποιείται στην κατασκευή μεγάλης ποικιλίας δομικών υλικών, όπως κιγκλιδώματα, σκάλες, σωληνώσεις και καλύμματα φρεατίων.

13.4.2. Χάλυβας

Ο ρόλος του άνθρακα στο χάλυβα είναι καθοριστικός. Με αύξηση του άνθρακα αυξάνεται η αντοχή και η σκληρότητα αλλά μειώνεται η πλαστικότητα και η συγκολλησιμότητα. Εκτός του άνθρακα ο χάλυβας μπορεί να έχει διάφορες προσμίξεις, η επίδραση των οποίων δίνεται στον πίνακα 13.1.

13.4.2.1. Παραγωγή χάλυβα

Οι μέθοδοι παραγωγής χάλυβα είναι:

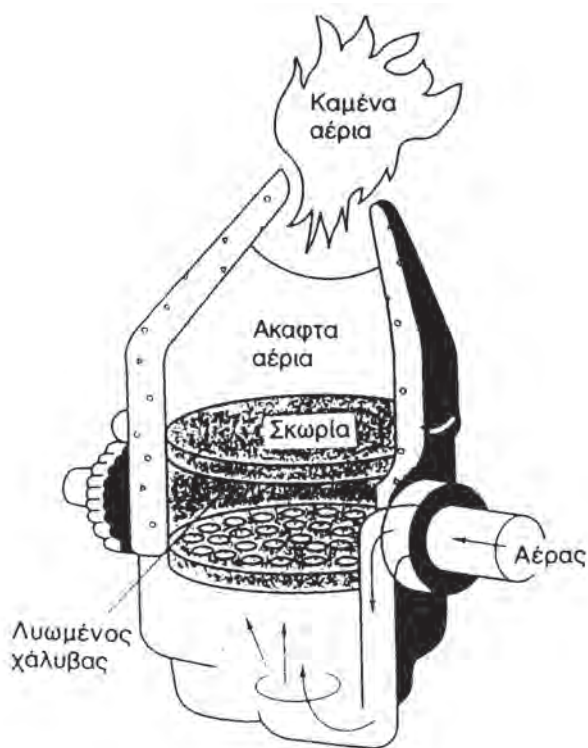
- (α) Μέθοδος Bessemer και Thomas
- (β) Μέθοδος βασικής καμίνου οξυγόνου
- (γ) Μέθοδος καμίνου ανοικτής εστίας
- (δ) Μέθοδος ηλεκτρικής καμίνου

(α) Μέθοδος Bessemer - Thomas. Η μέθοδος Bessemer εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1855. Χρησιμοποιούσε μία χαλύβδινη κάμινο με πυρίμαχη επένδυση. Από τον πυθμένα διοχετευόταν αέρας υπό πίεση. Το οξυγόνο οξειδωνε τις προσμίξεις (C, Si, Mn, P) και μετά απομακρύνονταν.

Με τον τρόπο αυτό ήταν δυνατός ο έλεγχος της περιεκτικότητας σε άνθρακα. Έτσι, πρώτα γινότανε πλήρης αφαίρεση του άνθρακα και κατόπιν πρόσθεταν χάλυβα γνωστής περιεκτικότητας σε άνθρακα.

Η μέθοδος Thomas ήταν πιο βελτιωμένη από την προηγούμενη ως προς το πυρίμαχο υλικό που ήταν πλούσιο σε MgO και CaO.

Ο χρόνος παρασκευής του χάλυβα ήταν μεταξύ $\frac{1}{2}$ και 1 ώρας (σχήμα 13.5).

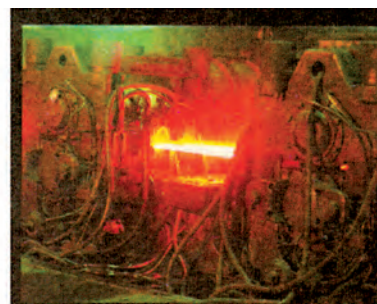
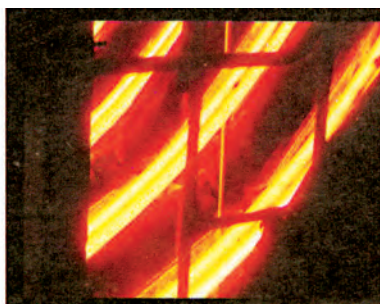


Σχήμα 13.5 Μετατροπέας Bessemer

(β) Κάμινος οξυγόνου. Η κάμινος οξυγόνου είναι παραλλαγή της μεθόδου Bessemer και η πλέον διαδεδομένη μέθοδος σήμερα. Η διαφορά τους έγκειται στο ότι η παροχή O_2 γίνεται από το στόμιο του μετατροπέα.

(γ) Κάμινος ανοικτής εστίας. Η κάμινος ανοικτής εστίας είναι αβαθής με μεγάλη επιφάνεια επένδυσης. Λειτουργεί σε θερμοκρασίες 1500 - 1700°C. Οι πολύ υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν τήξη των κραμάτων του σιδήρου και δίνουν την δυνατότητα παραγωγής χάλυβα με καθορισμένη ποσότητα άνθρακα. Με τη μέθοδο αυτή επιτυγχάνουμε μεγαλύτερη ομοιογένεια, αλλά ταυτόχρονα αυξάνουμε το κόστος παραγωγής.

(δ) Ηλεκτρική κάμινος. Η μέθοδος αυτή λόγω απαίτησης υψηλών θερμοκρασιών (2000°C) στην παραγωγή, χρησιμοποιείται για παρασκευή ειδικών χαλύβων. Σήμερα η χρήση της επεκτείνεται και στην παραγωγή του κοινού χάλυβα (σχήμα 13.6).



Σχήμα 13.6 Παραγωγή χάλυβα με ηλεκτρική κάμινο

13.4.2.2. Δομικός χάλυβας

Οι χρήσεις των **δομικών** χαλύβων είναι περιορισμένες σε σχέση με αυτές του σκυροδέματος στον Ελλαδικό χώρο.

Τα στοιχεία από δομικό χάλυβα παράγονται με θερμή ή ψυχρή κατεργασία και έχουν τυποποιημένες μορφές διατομών. Διατίθεται σε διάφορες μορφές όπως σε ράβδους και ελάσματα, σε σύρματα, σε σωλήνες, σε χαλυβδόφυλλα και σε βοηθητικά στοιχεία για την ένωση των δομικών υλικών (καρφιά, κοχλίες κ.ά.).

Σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 3 υπάρχουν οι παρακάτω κατηγορίες χαλύβων Fe360, Fe 430, Fe 510, Fe E 275, Fe E 355. Οι χάλυβες αυτοί περιέχουν 0.25 - 0.4% άνθρακα ενώ η περιεκτικότητα σε μαγγάνιο, πυρίτιο και χαλκό δεν ξεπερνά το 1.6%, 0.60% και 0.60% αντίστοιχα (σχήματα 13.10, 13.11).

13.4.2.3. Χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος

Οι χάλυβες **οπλισμένου** σκυροδέματος καλύπτονται από τον Κανονισμό για την Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα (1995) και ακολουθούν τις διατάξεις των προτύπων ΕΛΟΤ - 959 και ΕΛΟΤ - 971. Διακρίνονται ανάλογα με τη μέθοδο παραγωγής, τη μορφή της επιφάνειάς τους και τη συγκολλησιμότητά τους.

Στην Ελλάδα οι ψαθυροί χάλυβες (ψυχρής εξέλασης) είναι ακατάλληλοι για χρήση οπλισμού του σκυροδέματος λόγω της συμπεριφοράς τους σε σεισμικές καταπονήσεις (θραύονται).

Χάλυβας S220 λέγεται ο κοινός χάλυβας (St I) με όριο διαρροής 220MPa. Είναι λείος και παράγεται με θερμή εξέλαση.

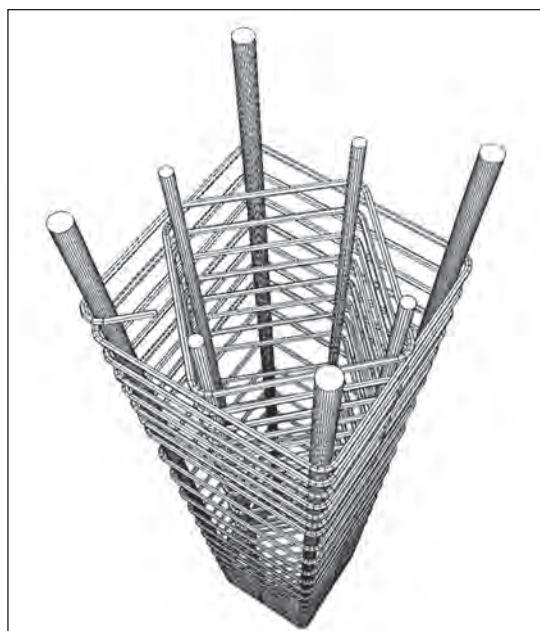
Χάλυβας S440 είναι ο αντίστοιχος (S III) και έχει όριο διαρροής 400MPa. Στην επιφάνειά του φέρει νευρώσεις για αύξη-

ση της συνάφειας με το σκυρόδεμα.

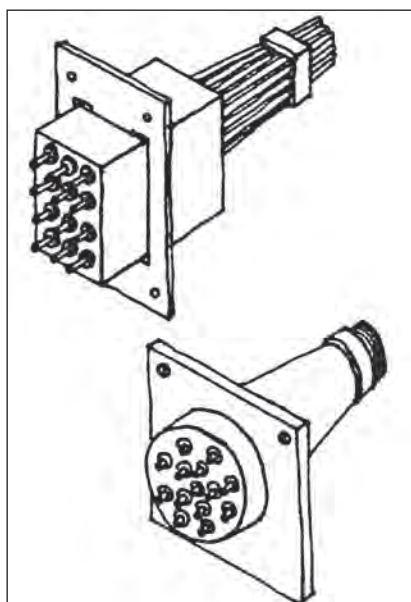
Παράγεται με θερμή εξέλαση με διατομές από Φ8, Φ10, Φ12, Φ14, Φ16, Φ18, Φ20, Φ22, Φ25, Φ28 και Φ32 και σε μήκη έως 14 μέτρα.

Χάλυβας S500 ή S500s, είναι ο αντίστοιχος (St IV). Είναι παρόμοιος με τον χάλυβα S400 με τη διαφορά ότι έχει όριο διαρροής τα 500MPa και είναι συγκολλησιμος (σχήμα 13.12).

Δομικό πλέγμα S500. Τα δομικά πλέγματα είναι εργοστασιακά προϊόντα. Χρησιμοποιούνται ράβδοι Φ4, Φ6, Φ8, Φ10, Φ12, Φ14, και Φ16, οι οποίες τοποθετούνται κάθετα μεταξύ τους και ηλεκτροσυγκολλώνται.



Σχήμα 13.7 Χάλυβας οπλισμένου σκυροδέματος



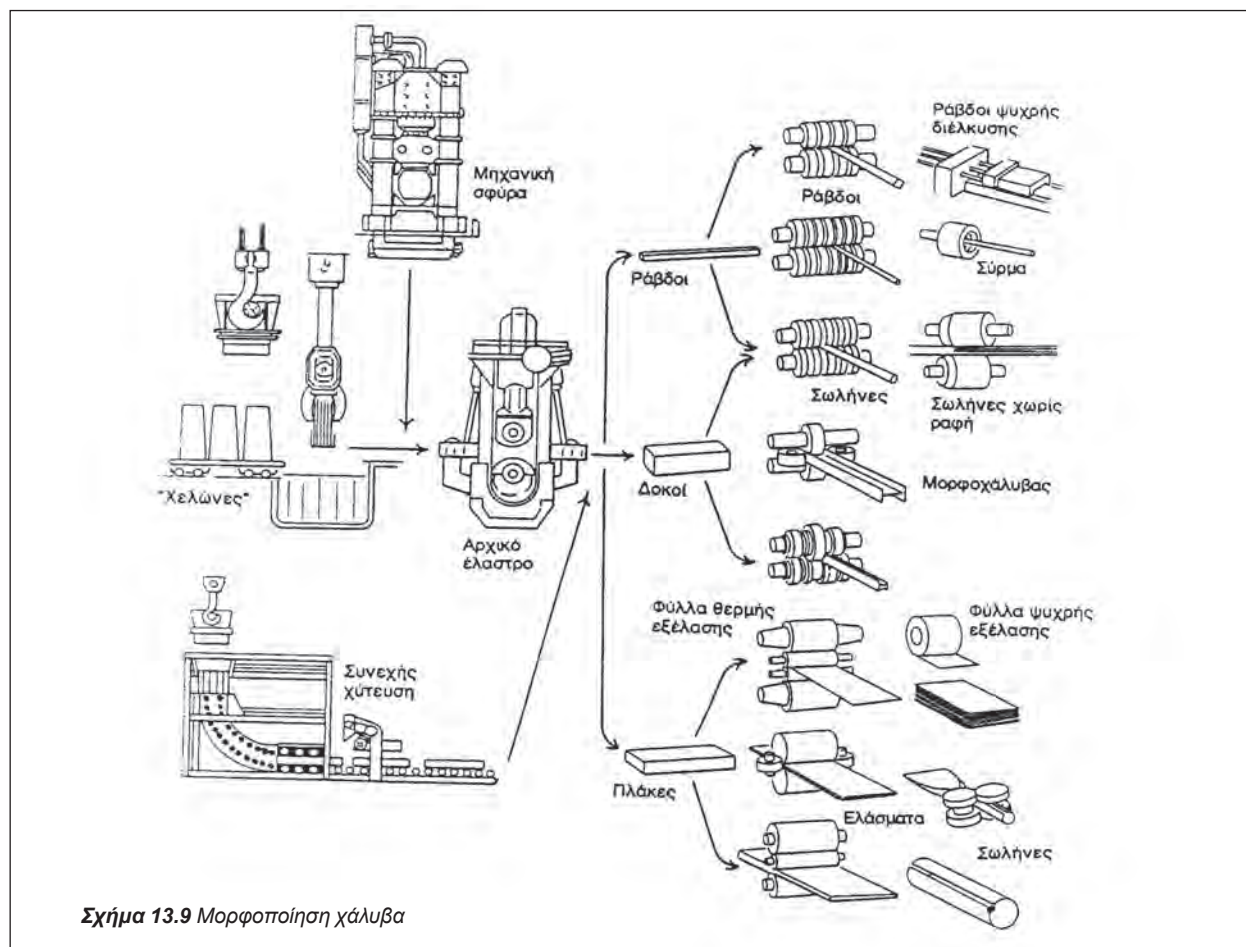
Σχήμα 13.8 Προεντεταμένος χάλυβας

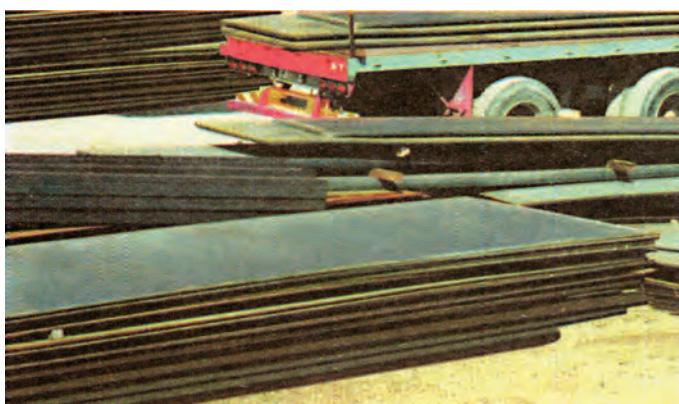
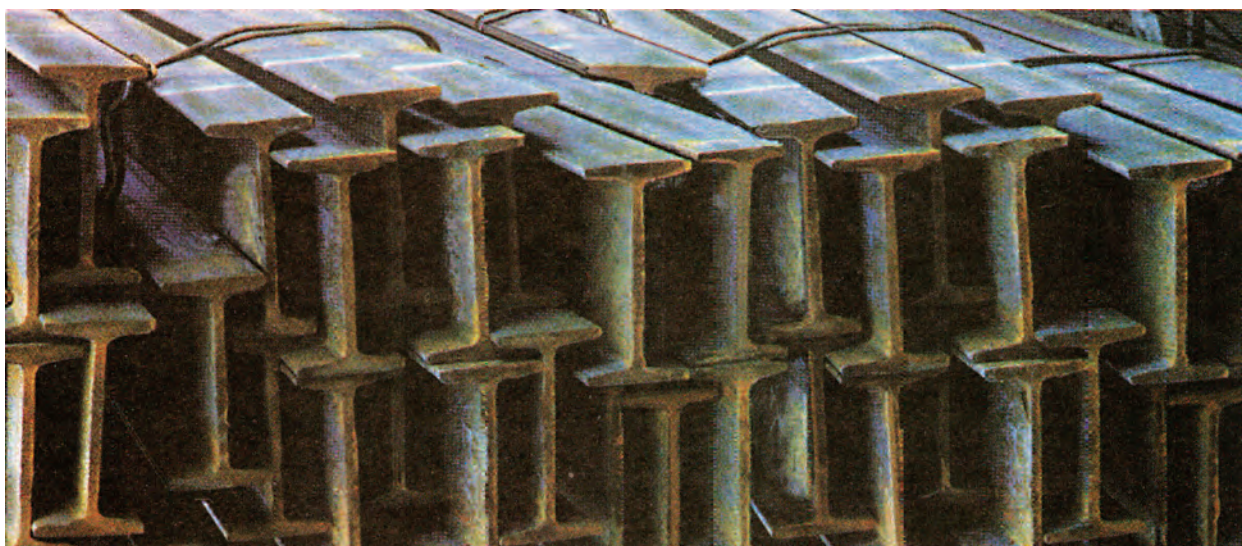
13.4.2.4. Χάλυβας προέντασης

Ο χάλυβας **προέντασης** πρέπει να είναι υψηλών προδιαγραφών (υψηλής αντοχής). Αυτό απαιτείται για τη μείωση των διατομών του, για να ελαχιστοποιείται το ποσοστό της δύναμης της προέντασης που χάνεται λόγω των παραμορφώσεων του σκυροδέ-

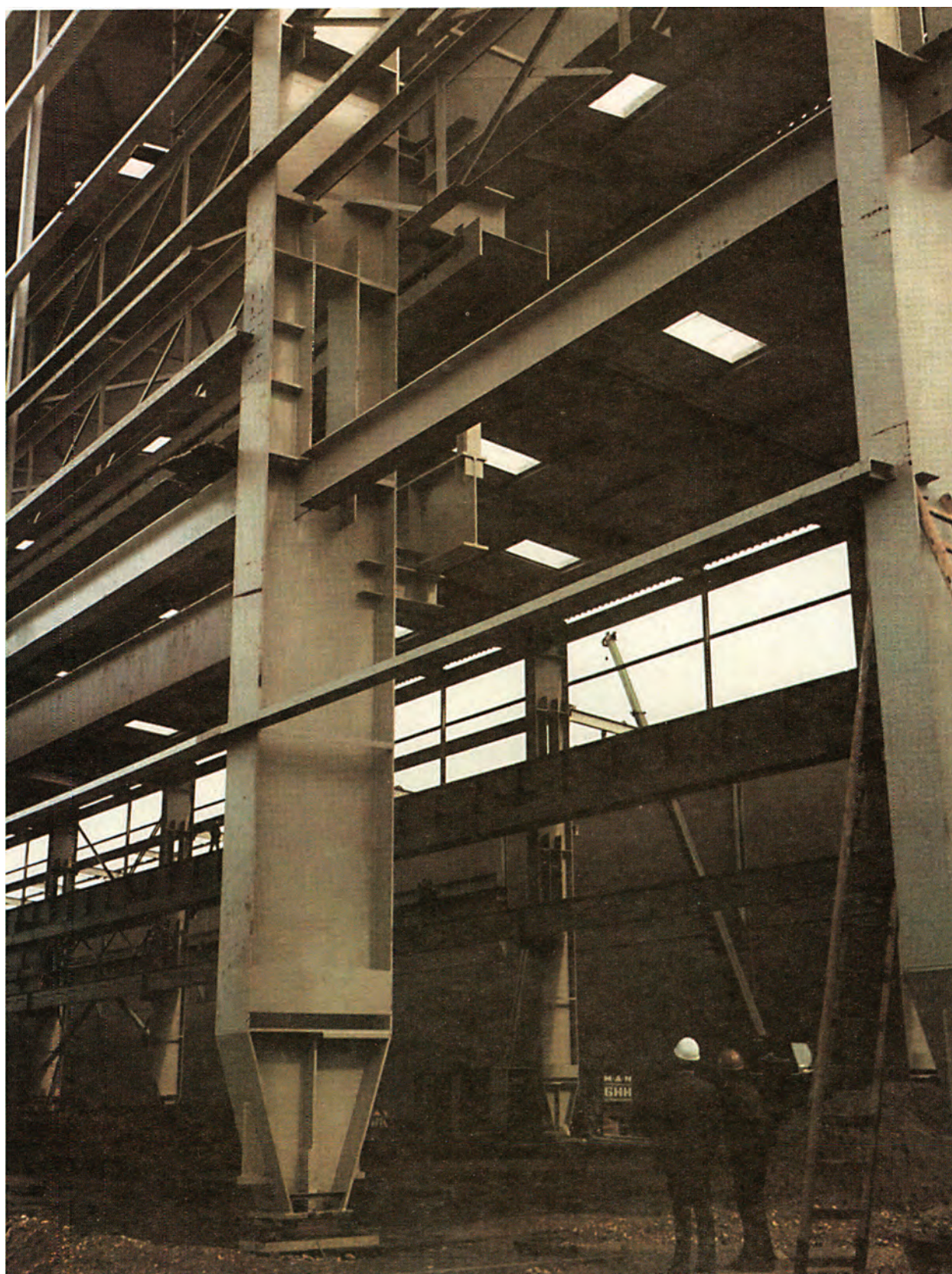
Πίνακας 13.1. Επίδραση προσμίξεων στο χάλυβα

Στοιχείο	Επίδραση
Άζωτο	Αύξηση αντοχής και σκληρότητας
Άνθρακας	Αύξηση αντοχής και σκληρότητας, μείωση πλαστιμότητας, δυσθραυστότητας και συγκολλησιμότητας
Αργίλιο	Αφαίρεση οξειδίων από λυωμένο χάλυβα, μείωση μεγέθους κόκκων, αύξηση αντοχής και δυσθραυστότητας
Βανάδιο	Μικρές ποσότητες (για παράδειγμα 0.1 - 0.3%) αυξάνουν την αντοχή
Θείο	Θεωρείται γενικά ανεπιθύμητο. Μείωση πλαστιμότητας, δυσθραυστότητας και συγκολλησιμότητας
Μαγγάνιο	Αύξηση αντοχής, μείωση δυσάρεστων επιδράσεων του θείου
Μόλυβδος	Αύξηση αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες
Νικέλιο	Αύξηση αντοχής και δυσθραυστότητας
Πυρίτιο	Αφαίρεση οξειδίων από λυωμένο χάλυβα
Τιτάνιο	Αύξηση σκληρότητας και αντοχής σε ερπυσμό
Φώσφορος	Αύξηση αντοχής και σκληρότητας, μείωση πλαστιμότητας και δυσθραυστότητας
Χαλκός	Αύξηση αντοχής, σκληρότητας και κυρίως ανθεκτικότητας σε διάβρωση
Χρώμιο	Αύξηση αντοχής, σημαντική βελτίωση ανθεκτικότητας σε διάβρωση

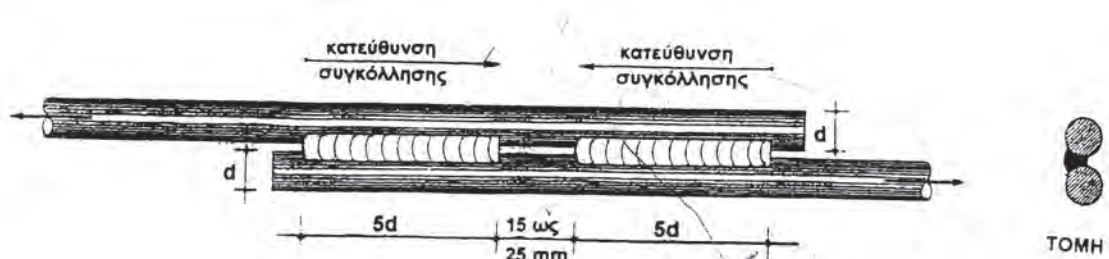




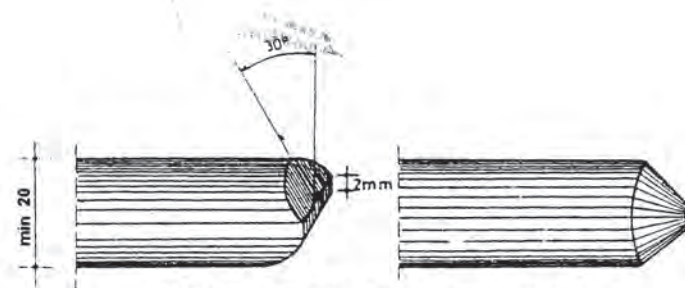
Σχήμα 13.10 Δομικοί χάλυβες
α) Δοκοί IPN, IPE, HEA και HEB
β) Λαμαρίνες
γ) Σωλήνες



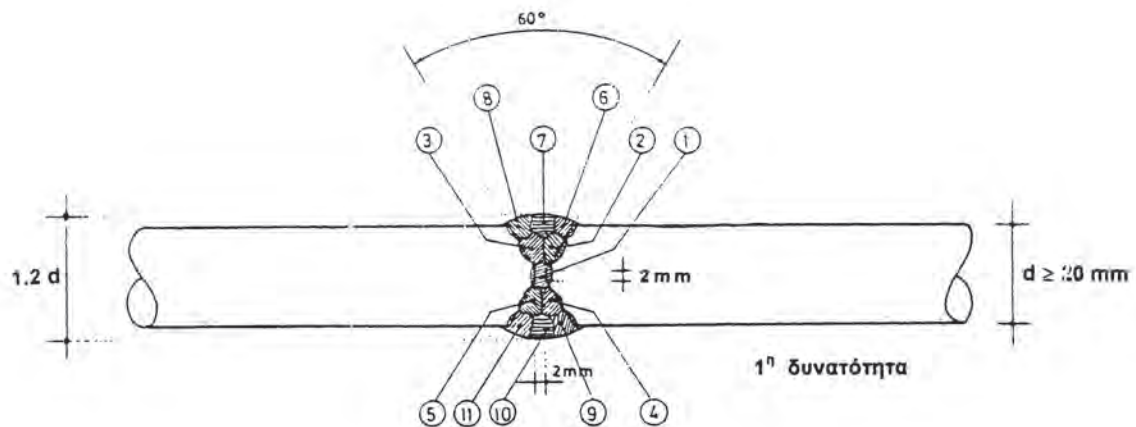
Σχήμα 13.11 Κτήριο από δομικό χάλυβα



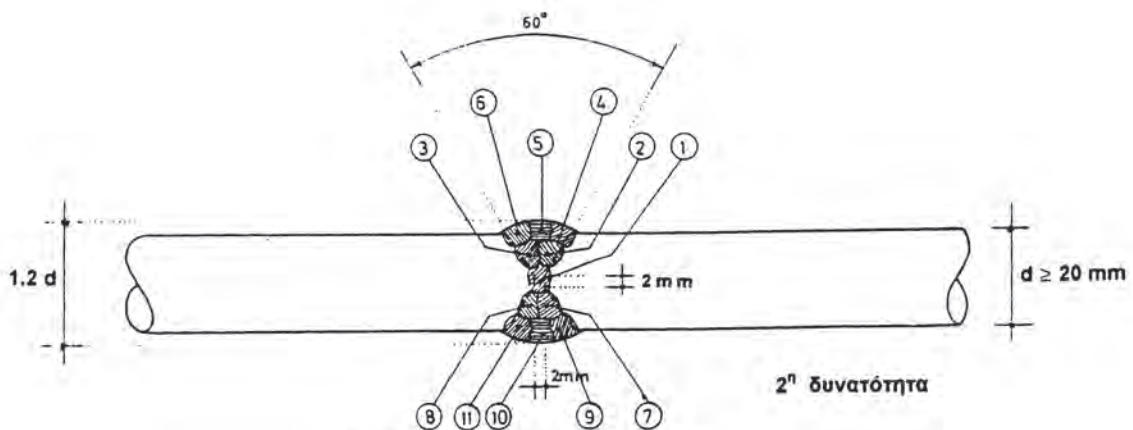
ΣΧΗΜΑ 1. Ηλεκτροσυγκόλληση με υπερκάλυψη



α) Προετοιμασία επιφανειών μετώπου



1^η δυνατότητα



2^η δυνατότητα

β) Διαδοχική εκτέλεση ραφών

Σχήμα 13.12 Συγκόλληση χάλυβα

ματος, (ερπυσμός, συστολή ξήρανσης) και για να μειώνεται η χαλάρωσή του (πτώση τάσης υπό σταθερή παραμόρφωση).

Πρέπει να είναι προελεγμένος χωρίς τραυματισμούς και σκουριές.

Οι χάλυβες προέντασης έχουν όριο διαρροής μεταξύ 550 - 1800MPa. Διατίθενται σε μορφή συρματόσχοινων (2,3,7 ή 15 σύρματα διαμέτρου μέχρι 5mm πλεκόμενα σε μία διατομή).

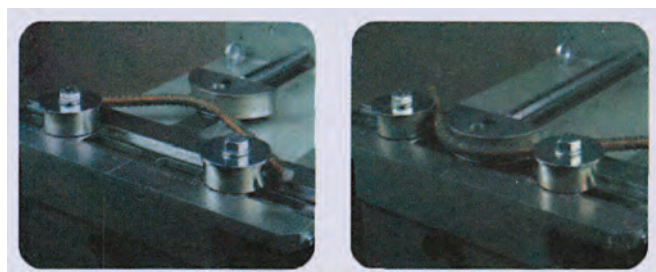
13.4.2.5. Σήμανση

Οι χάλυβες με νευρώσεις πρέπει να δείχνουν τη χώρα προέλευσής τους, την ποιότητά τους και το εργοστάσιο παραγωγής τους.

Διεθνής προδιαγραφή σήμανσης υπάρχει μόνο για την χώρα προέλευσης. Σύμφωνα με το ENV 10080 η σήμανση της χώρας για χάλυβα που χρησιμοποιείται περισσότερο στην Ελλάδα είναι:

Αυστρία - Γερμανία /, Βέλγιο - Ολλανδία Λουξεμβούργο - Ελβετία //, Γαλλία ///, Ιταλία ////, Βρετανία - Ιρλανδία - Ισλανδία /////, Δανία - Σουηδία- Φιλανδία //, Ισπανία - Πορτογαλλία // και Ελλάδα //, με οκτώ γραμμές σημαίνεται ακόμη η Τουρκία, η Τσεχία και η Σλοβακία.

13.4.2.6. Ποιοτικός έλεγχος



Σχήμα 13.14 Μηχανή αναδίπλωσης

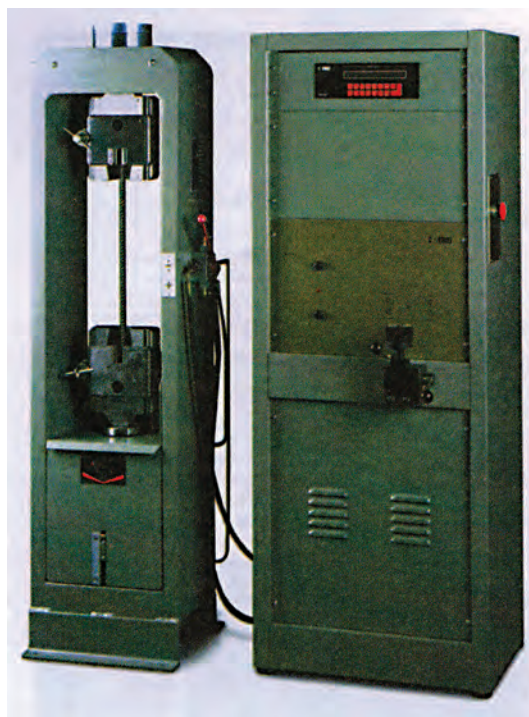
Η συγκολλησιμότητα ελέγχεται με την δοκιμή του εφελκυσμού και τη δοκιμή της κάμψης.

Η αντοχή σε εφελκυσμό ενός συγκολλημένου δοκιμίου πρέπει να μην είναι μικρότερη από το 30% του αντιστοίχου πριν την συγκόλληση.

Ο έλεγχος χημικής σύνθεσης γίνεται βάσει του Προτύπου ΕΛΟΤ - 971 και στοχεύει στον καθορισμό της συγκολλησιμότητας του χάλυβα. Πρέπει τα ποσοστά των στοιχείων $C+Mn/6+(Cr+Mo+v)/5 + (n+Ni)/15$ να μην είναι $>0.52\%$ στη σύνθεση του τελικού προϊόντος.

Οι χάλυβες οπλισμένου σκυροδέματος ελέγχονται βάσει δειγματοληψιών και δοκιμών, όπως περιγράφονται στο ΦΕΚ 746 (1995). Η λήψη γίνεται σε παρτίδες ανά 10 τόνους με συγκεκριμένο αριθμό ανά δοκιμή και σε ράβδους μήκους $>20\phi$ της διαμέτρου του χάλυβα.

Οι δοκιμές που γίνονται είναι για έλεγχο εφελκυσμού και αναδίπλωσης και κάμψης - ανάκαμψης, όπως επίσης και προσδιορισμού των ορίων διαρροής του χάλυβα. Τους παραπάνω ελέγχους πρέπει να ικανοποιούν όλα τα δοκίμια.



Σχήμα 13.13 Μηχανή για έλεγχο θλίψης και εφελκυσμού

13.4.2.7 Απαιτήσεις - δοκιμές

- Απαγορεύεται η παραγωγή χάλυβα οπλισμένου σκυροδέματος με επανέλαση ετοιμών προϊόντων.
- Απαγορεύεται η χρήση οπλισμού που παρουσιάζει στην εξωτερική του εμφάνιση απολεπίσεις και παραμορφώσεις, αλλοιώσεις ή ρωγμές.
- Τα πιστοποιητικά ελέγχου ποιότητας εκδίδονται από τον ΕΛΟΤ. Οι δειγματοληψίες ενεργούνται στην μονάδα παραγωγής τους για τους εγχώριους ή στα τελωνεία εισαγωγής τους για τους εισαγόμενους (τρίτων χωρών) και στους χώρους αποθήκευσής τους για τους χάλυβες από χώρες της Ε.Ε.

13.4.3. Ατσάλι

Το ατσάλι είναι κράμα χάλυβα και άλλων μετάλλων, κυρίως νικελίου, χρωμίου, μαγγανίου, στα οποία οφείλει και ορισμένες από τις ιδιότητές του.

13.5. Συντήρηση σιδηρών κατασκευών

Η συντήρηση έχει ως κύριο στόχο την προστασία από την αλλοίωση της εξωτερικής επιφάνειας των σιδηρών κατασκευών λόγω επίδρασης του περιβάλλοντός τους. Οι μέθοδοι προστασίας είναι ενεργητικές (χρήση ειδικών κραμάτων) ή παθητικές (επικάλυψη με χρήση επικαλυπτικών ουσιών, βαφών, επιμεταλλώσεων, σμάλτωμα, συνθετικά φύλλα κ.ά.).

13.6. Μέταλλα (μη σιδηριούχα)

13.6.1. Αλουμίνιο

Το **αλουμίνιο** σε καθαρή μορφή ονομάζεται **αργίλιο**. Στη φύση βρίσκεται ενωμένο με άλλα στοιχεία σε διάφορα μεταλλεύματα. Τα κυριότερα από αυτά είναι οι βωξίτες, που αποτελούνται από ένυδρο οξείδιο του αργιλίου που έχει προσμίξεις οξειδίων του σιδήρου, του πυριτίου, του τιτανίου κ.ά. Στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν πολλά και πλούσια κοιτάσματα βωξιτών.

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματά του έναντι του χάλυβα είναι το μικρό του ειδικό βάρος, 2,700 Kg/m³ έναντι 7,850Kg/m³ του χάλυβα.

Το σπουδαιότερο χαρακτηριστικό του είναι ότι δεν επηρεάζεται από τις διαβρωτικές επιδράσεις του περιβάλλοντος. Χάρη σ' αυτήν την ιδιότητά του χρησιμοποιείται ευρύτατα στη δόμηση για την κατασκευή κουφωμάτων, χωρισμάτων, κικλιδωμάτων, φύλλων για κάλυψη στεγών κ.ά.

Το καθαρό αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση. Για αύξηση των μηχανικών ιδιοτήτων του αναμιγνύεται με άλλα μέταλλα (κράματα αλουμινίου, πίνακας 13.2).

Με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας και των μηχανημάτων κατεργασίας του αλουμινίου, σήμερα στην Ελλάδα φτιάχνονται αλουμινένια κουφώματα εξαιρετικής ποιότητας.

Τα κουφώματα αλουμινίου ανταποκρίνονται σε όλες τις απαιτήσεις του σύγχρονου κουφώματος. Δεν χρειάζονται συντήρηση και έχουν μεγαλύτερη αντοχή στο χρόνο από κάθε άλλο υλικό. Το αλουμίνιο αξιοποίησε την ανοδίωση και την ηλεκτροστατική βαφή προσφέροντας οποιαδήποτε απόχρωση επιθυμεί ο καταναλωτής.

Θα πρέπει να τονισθεί η ιδιότητα του αλουμινίου να ανακυκλώνεται εξοικονομώντας πλουτοπαραγωγικούς πόρους και προστατεύοντας το περιβάλλον.

Το κόστος των αλουμινοκατασκευών είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο για σιδηροκατασκευές, αλλά, λόγω της εκτεταμένης χρήσης και της αυξημένης βιομηχανικής παραγωγής του, η διαφορά κόστους συνεχώς μειώνεται.

Πίνακας 13.2. Επίδραση διαφόρων μετάλλων στην αντοχή κραμάτων αλουμινίου

Συμβολισμός	Στοιχεία κράματος					Εφελκυστική Αντοχή (MPa)
	Mn	Mg	Si	Cu	Zn	
Al						70
Al Mn	0.8 - 1.5					100
Al Mg 3	0.0 - 0.4	2.6 - 3.3				180
Al Mg 5	0.0 - 0.6	4.3 - 5.5				240
Al Mg Mn	0.5 - 1.5	1.6 - 2.5				180
Al Mg Si 1	0.0 - 1.0	0.6 - 1.4	0.6 - 1.6			320
Al Cu Mg 2	0.3 - 1.1	1.2 - 1.8		3.8 - 4.9		440
Al Zn Mg Cu 1.5	0.0 - 0.3	2.1 - 2.9	0.0 - 0.5	1.2 - 2.0	5.1 - 6.1	520

13.6.2. Δομικά υλικά από αλουμίνιο

Υπάρχουν διάφορες κατεργασίες για βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του αλουμινίου. Οι κατεργασίες αυτές είναι: η χύτευση, η έλαση, η σφυρηλάτηση και η επιφανειακή σκλήρυνση.

Με χύτευση παράγονται χειρολαβές και αντικείμενα για διακόσμηση.

Με έλαση παράγονται φύλλα που χρησιμοποιούνται ως προστατευτικά έναντι των περιβαλλοντικών επιδράσεων.

Με έλξη κατασκευάζονται ράβδοι διαφόρων διατομών και τυποποιημένα προφίλ (profil) για να χρησιμοποιηθούν ως φερόντα στοιχεία στην κατασκευή. Από ράβδους και ελάσματα κατασκευάζονται κιγκλιδώματα εξωστών και σκούρα παραθύρων (ρολά, πατζούρια).

Αλουμίνιο σε μορφή σκόνης χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χρωμάτων.

13.6.3. Συντήρηση

Για τη συντήρησή του χρησιμοποιείται η ανοδίωση (χημικά ή με ηλεκτρόλυση). Μ' αυτή δημιουργούνται αντιδιαβρωτικά στρώματα. Με κατάλληλα οργανικά χρώματα δίνουμε διάφορες αποχρώσεις στο αλουμίνιο.

Άλλες μέθοδοι συντήρησης του αλουμινίου είναι η χρωμίωση και η φωσφάτωση.



Σχήμα 13.15 Αλουμινοκατασκευές

13.7. Χαλκός

Ο **χαλκός** είναι από τα αρχαιότερα υλικά που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος. Απαντάται στη φύση με τη μορφή οξειδίων, θειούχων και ανθρακούχων ενώσεων. Είναι μαλακό υλικό.

Στα βασικά χαρακτηριστικά του συγκαταλέγεται η εξαιρετική ηλεκτρική αγωγιμότητα, η ανθεκτικότητά του στη διάβρωση και η μεγάλη του ευκαμψία. Οι ιδιότητες αυτές είναι που καθιέρωσαν τη χρήση του στην κατασκευή καλωδίων ρεύματος και σωληνώσεων ύδρευσης.

Ο χαλκός σχηματίζει μια μεγάλη ποικιλία κραμάτων. Προσδίδει σε αυτά ηλεκτρική αγωγιμότητα και υψηλή αντίσταση στη διάβρωση, ενώ οι προσμίξεις με άλλα μέταλλα βελτιώνουν τις μηχανικές ιδιότητές του. Από τα κράματα χαλκού τα πλέον γνωστά είναι ο ορείχαλκος και ο μπρούτζος.

Ο ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού και ψευδαργύρου με μικρές ποσότητες κασσιτέρου, μολύβδου, φώσφορου, μαγγανίου και αλουμινίου. Χρησιμοποιείται για την παρασκευή εξαρτημάτων σωληνώσεων.

Ο μπρούτζος είναι κράμα χαλκού και κασσιτέρου σε ποσοστό 5 - 20% και μικρές ποσότητες άλλων μετάλλων.

Έχει μεγάλη αντοχή στη φθορά και γι' αυτό χρησιμοποιείται με μορφή λεπτών φύλλων για την κάλυψη στεγών, μνημειακών κτισμάτων και σωλήνων αποχέτευσης ομβρίων. Χρησιμοποιείται επίσης σε διακοσμητικές εφαρμογές και για χειρολαβές κουφωμάτων.

Λόγω της υψηλής τιμής του χαλκού, τα κράματά του χρησιμοποιούνται πολύ περιορισμένα στην οικοδομική.



Σχήμα 13.16
Χαλκοσωλήνες

13.7.1. Συντήρηση του χαλκού

Ο χαλκός οξειδώνεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η αντιδιαβρωτική προστασία του γίνεται με στίλβωση και επιφανειακή επάλειψη με λανολίνη ή μηχανική στίλβωση. Επίσης γίνεται με επικάλυψή του με στρώμα βερνικιού ή κασσιτέρου.

13.8. Ψευδάργυρος (τσίγκος)

Το μέταλλο αυτό είναι λευκοκυανού χρώματος και προέρχεται από ανθρακικά και πυριτικά μεταλλεύματα. Παρασκευάζεται με πύρωση των μεταλλευμάτων. Έτσι δημιουργούνται οξείδια ψευδαργύρου, που στη συνέχεια πυρώνονται σε καμίλους. Μέσα σε αυτές ο **ψευδάργυρος** εξαερώνεται και επαναστερεοποιείται μετά τη διέλευσή του από ψυκτικό θάλαμο. Ο καθαρισμός του μετάλλου γίνεται με ανάτηξη και ηλεκτρόλυση.

Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι η ανθεκτικότητά του σε διάβρωση. Χρησιμοποιείται και για τον γαλβανισμό του χάλυβα.

Το οξείδιο του ψευδαργύρου χρησιμοποιείται στη χρωματοουργία (παρασκευή λευκού χρώμα-

τος). Ο χλωριούχος και θειϊκός ψευδάργυρος χρησιμοποιείται για εμποτισμό ξύλινων στοιχείων, για προστασία από τη σήψη, και ως υλικό κατασκευής υδρορροών.

13.9. Κασσίτερος

Το μέταλλευμα από όπου προέρχεται ο **κασσίτερος** είναι ο κασσιτερίτης. Το υλικό αυτό λαμβάνεται με πύρωση και ανάτηξη. Έχει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση και τη δράση των οξέων, μεγάλη ελατότητα και ευκαμψία. Χρησιμοποιείται για επικασσιτέρωση υλικών από χάλυβα και χαλκό λόγω του ότι είναι ανοξειδωτος.

13.10. Νικέλιο - χρώμιο - κάδμιο - τιτάνιο

Το **νικέλιο** είναι χρώματος αργυρόλευκου. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες και σε διάβρωση. Είναι πολύ ελατό με μεγάλη αντοχή και σκληρότητα. Χρησιμοποιείται στην επινικέλωση μετάλλων (ανοξειδωτά) και ως κράμα μαζί με άλλα μέταλλα για την κατασκευή καλωδίων σιδηρών γεφυρών και οπλισμού του προεντεταμένου σκυροδέματος.

Το **χρώμιο** είναι χρώματος κυανόλευκου. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανθεκτικότητα σε διάβρωση και σκληρότητα. Χρησιμοποιείται κυρίως στην παραγωγή του ανοξειδωτού χάλυβα.

Το **κάδμιο** είναι και αυτό χρώματος κυανόλευκου. Χαρακτηρίζεται από την ανθεκτικότητα σε διάβρωση με μικρό συντελεστή τριβής και μεγάλη αντοχή σε κόπωση.

Το **τιτάνιο** είναι ελαφρύ μέταλλο μεγάλης αντοχής. Χρησιμοποιείται στην κατασκευή ειδικών οπλισμών και σε μορφή οξειδίου για την παρασκευή ειδικών χρωμάτων.

13.11. Μόλυβδος

Ο **μόλυβδος** εξάγεται από τον γαληνίτη. Η πύρωση μετατρέπει το μέταλλευμα σε οξείδιο του μολύβδου και στην συνέχεια σε μόλυβδο. Ο μόλυβδος χαρακτηρίζεται από το μεγάλο βάρος (11350 Kg/m^3), την ευκαμψία του και την μαλακότητά του. Έχει μεγάλη ανθεκτικότητα σε διάβρωση και οξεία.

Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται θωράκιση από ραδιενεργή ακτινοβολία (ακτίνες X).

Λόγω της ανθεκτικότητας σε διάβρωση χρησιμοποιείται σε λεπτά φύλλα για την κάλυψη των στεγών.

Απαγορεύεται η χρήση του για την κατασκευή σωλήνων ύδρευσης, ενώ χρησιμοποιείται για την κατασκευή σωλήνων αποχέτευσης. Σήμερα δεν χρησιμοποιείται ως συστατικό χρωμάτων.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μετάλλων; Είναι σε όλα τα μέταλλα τα ίδια;
2. Ποια είναι τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των μεταλλικών υλικών;
3. Τι ονομάζουμε: α) ελαστικότητα, β) όριο διαρροής και γ) όριο θραύσης ενός μετάλλου;
4. Δύο μέταλλα έχουν διαφορετική δομή. Το πρώτο έχει μεγάλους κόκκους και βρίσκεται σε θερμοκρασία 0°C. Το δεύτερο έχει μικρότερους κόκκους και βρίσκεται σε θερμοκρασία 20°C. Ποιο από τα δύο μέταλλα θα σπάσει πρώτο αν ρίξουμε πάνω σε αυτά δύο ίδιες σφαίρες μεγάλου βάρους;
5. Πώς ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο, ενώ το επαναλαμβανόμενο φορτίο επιβολής σε ένα μέταλλο είναι μικρότερο από το όριο θραύσης του, αυτό θραύεται; Ποιοι παράγοντες αυξάνουν το φαινόμενο;
6. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ελατότητας και ολκιμότητας ενός μετάλλου;
7. Πότε δύο μέταλλα μπορούν να γίνουν κράμα; Πώς αντιμετωπίζεται το φαινόμενο ασυμβατότητας μεταξύ τους;
8. Ποιο στοιχείο τροποποιεί τις ιδιότητες του χάλυβα; Με ποια μέθοδο παραγωγής δίνεται η δυνατότητα καθορισμού της ποσότητας του στοιχείου αυτού;
9. Ποιοι χάλυβες χρησιμοποιούνται στη χώρα μας και γιατί; Αναφέρετε τα είδη χαλύβων που κυκλοφορούν και τη σήμανση των ελληνικών χαλύβων.
10. Ποιο είδος χαλύβων χρησιμοποιείται για προένταση; Ποιες οι ιδιότητές τους και ποια η μορφή τους;
11. Ποιες οι απαιτήσεις του χάλυβα που χρησιμοποιείται στα δομικά έργα και ποιες δοκιμές γίνονται σε αυτόν;
12. Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του αλουμινίου ως δομικού υλικού. Ποιες οι κύριες χρήσεις του αλουμινίου;
13. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του χαλκού και ποιες οι χρήσεις του στη δόμηση;
14. Να αναφέρετε μεθόδους συντήρησης για το χάλυβα, το αλουμίνιο και το χαλκό.

ΚΕΡΑΜΙΚΑ

Τα κεραμικά παράγονται σε βιομηχανίες
από όπτηση πηλού και μορφοποιούνται
σε διάφορα σχήματα.

Διακρίνονται σε πορώδη και συμπαγή.
Έχουν μεγάλη εφαρμογή στην οικοδομική
με τη χρήση οπτοπλίνθων,
κεραμιδιών,
πλακιδίων
και ειδών υγιεινής.

Τα ειδικά κεραμικά (τούβλα, πλακίδια)
έχουν ωραία αισθητική
και τοποθετούνται ως τελική επιφάνεια.

Είναι συμβατά με κονιάματα,
ασφαλτικά, πλαστικά,
μόλυβδο, γύψο και χαρτί.

Λόγω της χρήσης του πηλού
έχουν σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής.

14. ΚΕΡΑΜΙΚΑ

Κεραμικά ονομάζουμε τα προϊόντα που παρασκευάζονται με την μορφοποίηση, ξήρανση και όπτηση μίγματος αργίλου, πυριτικής άμμου και νερού. Οι διάφορες προσμίξεις σε οξείδια του σιδήρου, μαγνησίου, άνθρακα και τα άλατα που περιέχουν οι πρώτες ύλες, προσδίδουν τις ιδιότητες και το χρώμα του τελικού προϊόντος.

Η μορφοποίησή τους γίνεται με την άσκηση εξωτερικής πίεσης. Ο βαθμός της πίεσης εξαρτάται από την περιεκτικότητα της ύλης σε νερό. Αν το μίγμα είναι υδαρό (εύπλαστο), η μορφοποίησή του γίνεται με τα χέρια. Το μορφοποιημένο προϊόν αφήνεται να στεγνώσει στον αέρα ή ψήνεται.

Κάθε ένα από τα προϊόντα του μίγματος εξυπηρετεί έναν ειδικό σκοπό. Έτσι ο καολινίτης ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) δίνει την απαραίτητη συνεκτικότητα. Η άμμος περιορίζει τη συρρίκνωση κατά την ξήρανση εξασφαλίζοντας σταθερότητα στο μίγμα.

Τα αργιλοπυριτικά άλατα του νατρίου, του καλίου ή του ασβεστίου (άστριοι) επιτρέπουν την όπτηση σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες. Δημιουργείται από αυτά μία υαλώδης φάση με την οποία γεμίζουν οι πόροι του υλικού και συγκολλώνται τα κοκκώδη συστατικά του.

Τα κεραμικά διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Πορώδη (οπτόπλινθοι, κέραμοι, πλακίδια επίστρωσης και σωλήνες αποχέτευσης)
- Συμπαγή (είδη υγιεινής)

14.1. Παραγωγή κεραμικών

Η διαδικασία παραγωγής των κεραμικών είναι η ίδια για όλα τα είδη. Διαφορά υπάρχει μόνο στη σύνθεση των πρώτων υλών, ανάλογα με το είδος που πρόκειται να παραχθεί.



Μετά τον καθορισμό της σύνθεσης των υλικών (πηλοκονίας - άμμου - νερού) δίδεται το σχήμα σε κατάλληλα καλούπια. Τα μορφοποιημένα προϊόντα οδηγούνται στον θάλαμο ξήρανσης και στο τελικό στάδιο ψήνονται και επιτυγχάνεται η στερεοποίηση του προϊόντος.

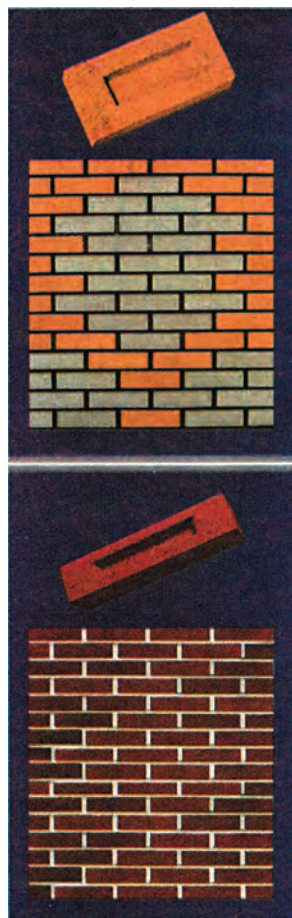
Το ψήσιμο γίνεται σε καμίνια. Στους 700°C ο πηλός στερεοποιείται και δεν επιδέχεται προσθήκη νερού. Στους 900°C ολοκληρώνεται η οξείδωση των ενώσεων του θείου και του άνθρακα. Μέχρι τους 1200 - 1400°C γίνεται η τήξη της άμμου και των εύτηκτων συστατικών της πηλοκονίας της μάζας. Μετά την ολοκλήρωση της όπτησης τα προϊόντα αφήνονται να κρυώσουν για λίγες μέρες ώστε να μην δημιουργηθούν ραγίσματα από την απότομη ψύξη.

14.2. Οπτόπλινθοι

Στους **οπτοπλίνθους** η σωστή ανάμιξη των συστατικών είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την καλή ποιότητά τους.

Το χρώμα τους εξαρτάται από την περιεκτικότητα της αργίλου σε οξείδια. Η υψηλή περιεκτικότητα σε οξείδιο του σιδήρου δίνει κόκκινα τούβλα, ενώ σε αργιλική μάργα, δίνει κιτρινωπά τούβλα.

Το ψήσιμο των οπτοπλίνθων ολοκληρώνεται στους 1000°C καθορίζοντας την ποιότητά τους.



Σχήμα 14.1 Συμπαγείς οπτόπλινθοι

14.2.1. Συμπαγείς

Οι **συμπαγείς** οπτόπλινθοι έχουν στην επιφάνεια έδρασης αβαθή σκάφη ή αυλακώσεις για καλύτερη πρόσφυση του κονιάματος και μείωση του φορτίου της τοιχοποιίας.

Οι συνήθεις διαστάσεις των συμπαγών οπτοπλίνθων είναι 20x9.5x4cm. Αυτοί έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή.

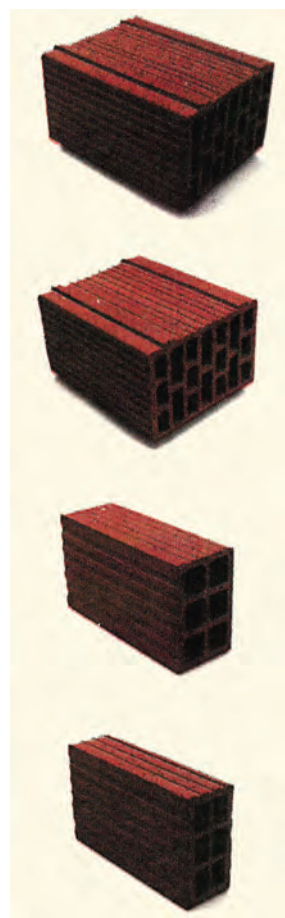
14.2.2. Διάτρητοι

Οι **διάτρητοι** οπτόπλινθοι έχουν τις οπές παράλληλες προς τη μεγάλη διάσταση και φέρουν αυλακώσεις στην επιφάνεια. Χρησιμοποιούνται περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο λίθο για το χτίσιμο, γιατί είναι ελαφρείς, και έχουν καλή συμπεριφορά στις καιρικές συνθήκες και τον χρόνο.

Οι συνήθεις διαστάσεις τους είναι 19x9x6cm και 19x12x9cm. Οι οπές τους είναι τετραγωνικές, ορθογωνικές ή κυκλικές. Αυτοί με τις κυκλικές οπές πλεονεκτούν γιατί παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στις εξωτερικές πιέσεις.

Εκτός των κοινών οπτοπλίνθων υπάρχουν και τούβλα ειδικών κατασκευών όπως πυρίμαχα, τούβλα επενδύσεων και θερμομονωτικά ανάλογα με τη χρήση τους.

Τα πυρίμαχα τούβλα έχουν υψηλότερο σημείο



Σχήμα 14.2 Διάτρητοι οπτόπλινθοι

τήξης 1700°C και χρησιμοποιούνται για εστίες τζακιών, φούρνων κ.ά. Είναι συμπαγή και εμπλουτισμένα με ένυδρο πυριτικό αργίλιο.

Τα τούβλα επενδύσεων είναι και αυτά συμπαγή. Στο μίγμα τους έχουν προστεθεί ορυκτά ή χαλαζιακά αδρανή. Έχουν μικρή υδατοαπορροφητικότητα και χρησιμοποιούνται για ειδικές αισθητικές απαιτήσεις.

Τα θερμομονωτικά - ηχομονωτικά τούβλα διαθέτουν πολλά κενά και πορώδη ιστό για να εξασφαλίσουν τις αυξημένες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.



Σχήμα 14.3 Χώρος διαστρωμένος με κεραμικά

14.3. Ποιοτικός έλεγχος

Οι έλεγχοι γίνονται στο εργαστήριο σύμφωνα με το πρότυπο EN771 -1 και επίσης στο εργοτάξιο. Σε δειγματοληψία ανά 50,000 παραγόμενων τούβλων λαμβάνονται 50 τούβλα. Ο εργαστηριακός ποιοτικός έλεγχος των οπτοπλίνθων περιλαμβάνει:

- Έλεγχο κανονικότητας σχήματος και διαστάσεων - επιπεδότητα
- Μηχανική αντοχή (αντοχή σε θλίψη) και αντοχή του άκρου
- Μέτρηση της υδατοαπορροφητικότητας και αντοχή σε παγετό
- Αντοχή σε κρούση

Στο εργοτάξιο ελέγχονται:

- Η κανονικότητα του σχήματος και των διαστάσεων
- Η εμφάνιση ρωγμών
- Η ομοιομορφία του χρώματος
- Η εμφάνιση κηλίδων άσπρων ή μαύρων

Ένας πρώτος έλεγχος γίνεται με το χτύπημα ενός τούβλου πάνω σε ένα άλλο. Ο ήχος που παράγεται θα πρέπει να είναι καθαρός και μεταλλικός.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου τούβλου για το έργο, γίνεται με εκτίμηση των κλιματολογικών και περιβαλλοντικών συνθηκών, των απαιτήσεων θερμομόνωσης - ηχομόνωσης και της συμβατότητας με τα συνδυαζόμενα υλικά.

Τα κεραμικά υλικά είναι συμβατά με μόλυβδο, γύψο και χαρτί.

Το κτίσιμο των τούβλων γίνεται με κονιάματα ανάλογα με την απαιτούμενη αντοχή του στοιχείου που θα κατασκευαστεί. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην αρμολόγηση της τοιχοποιίας.

14.4. Κεραμίδια

Τα **κεραμίδια** χρησιμοποιούνται για την κάλυψη επικλινών στεγών. Η εφαρμογή τους γίνεται πάνω σε ξύλινους ή μεταλλικούς φορείς ή πάνω σε πλάκες οπλισμένου σκυροδέματος. Τα κεραμίδια χαρακτηρίζονται από την αδιαπερατότητά τους στο νερό, την καλή συμπεριφορά τους στον παγετό και στη φωτιά.

Η χρήση τους είναι αρκετά περιορισμένη στις πόλεις λόγω της ύπαρξης δωμάτων, αλλά έχουν μεγάλη εφαρμογή στις μικρές επαρχιακές πόλεις, στα χωριά και στους παραδοσιακούς οικισμούς.

Τα κυριότερα είδη κεραμιδιών είναι:

- Βυζαντινά
- Γαλλικά
- Ρωμαϊκά
- Ολλανδικά
- Γερμανικά



Σχήμα 14.4 Κεραμίδια Βυζαντινού τύπου

Στη χώρα μας χρησιμοποιούνται τα Βυζαντινού και Γαλλικού τύπου. Παράγονται επίσης ειδικές μορφές κεραμιδιών για την κορυφογραμμή, τα ακροκέραμα κ.ά.

Η μορφοποίησή τους γίνεται σε καλούπια και το ψήσιμό τους σε θερμοκρασία υψηλότερη από τους οπτόπλινθους.

Ο ποιοτικός έλεγχος αφορά την ακριβή διαστασιολόγηση και τη μορφή τους, χωρίς να παρουσιάζουν ρωγμές και στρέβλωση. Παρουσιάζουν αρκετή μηχανική αντοχή και δεν σπάνε κάτω από το βάρος ενός ανθρώπου μετρίου βάρους (περίπου 80Kg).

Ελέγχονται στο εργαστήριο:

- Αντοχή σε κάμψη (οριακή τιμή 100 Kg)
- Υδατοπερατότητα
- Αντοχή σε παγετό (κύκλοι ψύξης απόψυξης)
- Αντοχή υαλώματος σε χημική προσβολή

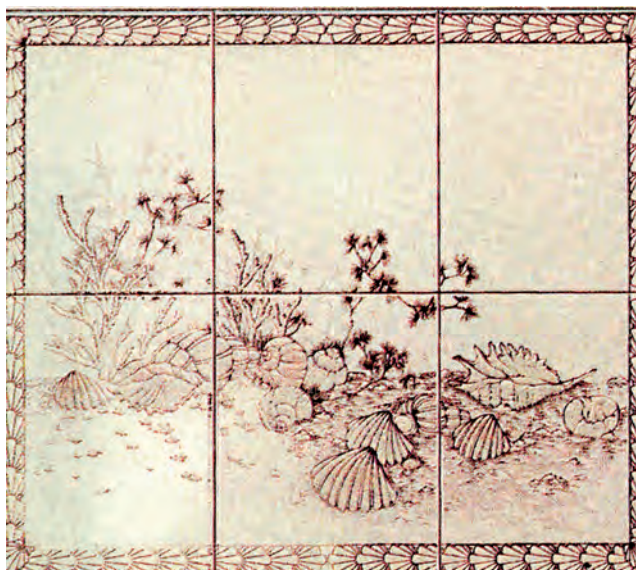
14.5. Κεραμικά πλακίδια

Είναι πλάκες με βασικά συστατικά αργιλοχώματα, πυριτόλιθους κ.ά.

Τα **πλακίδια** χρησιμοποιούνται σε επενδύσεις τοίχων, δαπέδων, εξωτερικών τοίχων κ.ά. Έχουν ποικίλα σχήματα (τετράγωνα, ορθογώνια, πολυγωνικά κ.ά). Τα πορσελάνινα πλακίδια κατασκευάζονται από λευκή άργιλο σε ποσοστό 60% και άμμο με άστριους 40%.

Από ειδικής σύνθεσης αργίλους κατασκευάζονται πλάκες με αυξημένες ιδιότητες (οξύμαχες, στεγανές, αντιολισθηρές κ.ά).

Πλακοστρώσεις χώρων με βαριά κυκλοφορία γίνονται με πλακίδια που έχουν σημαντική σκληρότητα, για να αποφεύγεται το φαινόμενο της ανομοιόμορφης επιφανειακής φθοράς τους λόγω τριβών.



Σχήμα 14.5 Κεραμικά πλακίδια με παραστάσεις

14.5.1. Παρασκευή πλακιδίων

Η παρασκευή των πλακιδίων γίνεται όπως και σε όλα τα άλλα κεραμικά προϊόντα. Δηλαδή οι πρώτες ύλες αλέθονται, κοσκινίζονται και αναμιγνύονται σε συγκεκριμένες δόσεις. Στη συνέχεια σχηματοποιούνται σε διάφορα μεγέθη και σχήματα με συμπίεση με υδραυλικές πρέσες (κυρίως).

Η μορφοποίηση σε πρέσα γίνεται ως εξής: οι νωπές πλάκες μεταφέρονται σε μια μηχανή με δύο κυλίνδρους ο ένας (από μπρούτζο) σπλιβώνει την ορατή επιφάνεια της πλάκας και ο άλλος (από χυτοσίδηρο) δημιουργεί αυλάκια για καλύτερη πρόσφυση με τα κονιάματα.

Το ψήσιμο γίνεται στους 1300°C. Μετά το ψήσιμο γίνεται η εφυάλωση. Για την ενσωμάτωση των ειδικών αλοιφών που επαλείφονται στην επιφάνειά τους απαιτείται και δεύτερη όπτηση των πλακιδίων.

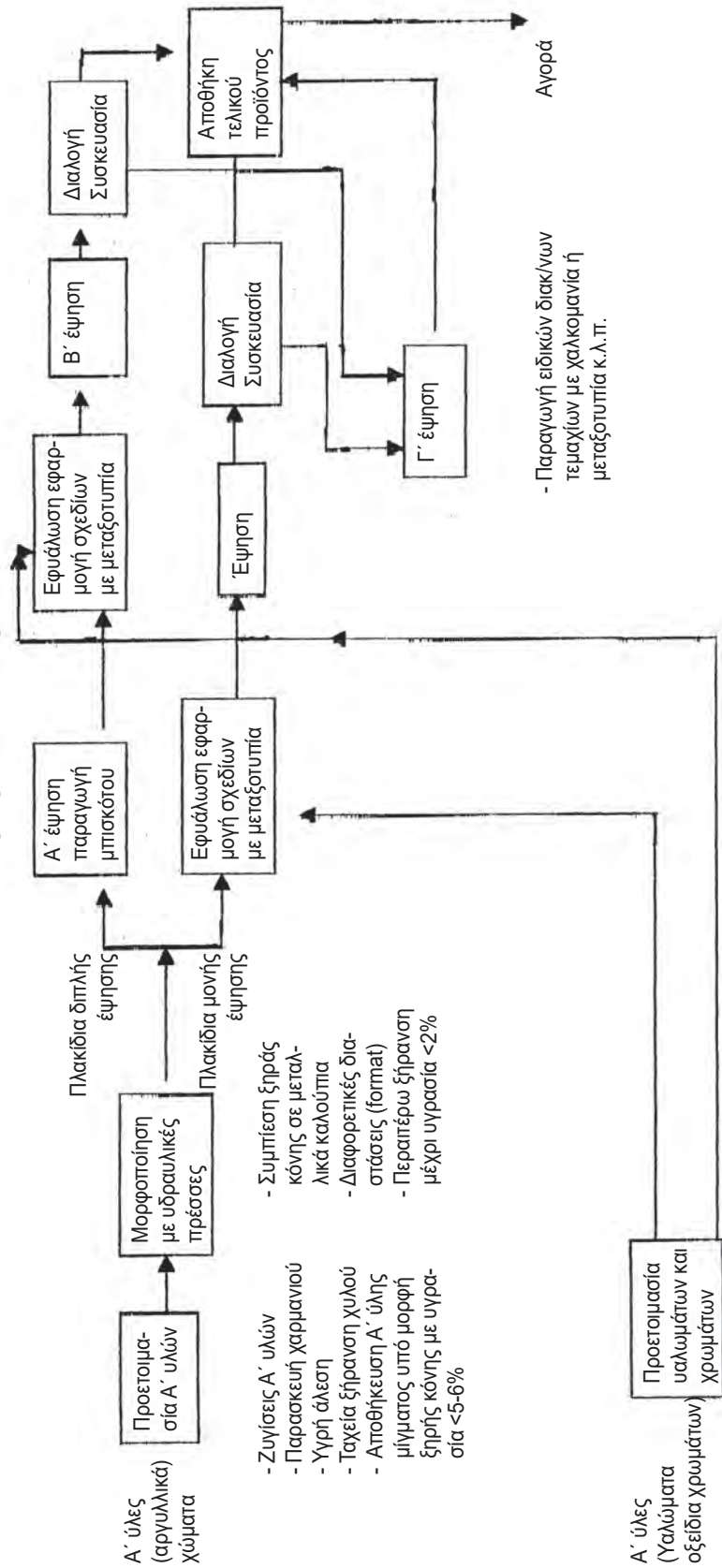
14.5.2. Κατηγοριοποίηση

Κατηγοριοποιούνται σε διάφορα Group ανάλογα με την μέθοδο σχηματοποίησής τους και το νερό % που μπορούν να απορροφήσουν, E (πίνακας 14.1).

Πίνακας 14.1. Κατηγορίες πλακιδίων ανάλογα με την απορρόφηση νερού

Σχηματοποίηση	Απορρόφηση νερού (E)			
	Group 1 E<30%	Group IIa 3%<E<6%	Group IIb 6%<E<10%	Group III E<10%
A	Group AI UNI EN 121	Group AIIa UNI EN 186	Group A IIb UNI EN 187	Group AIII UNI EN 188
B	Group BI UNI EN 176	Group BIIa UNI EN 177	Group BIIb UNI EN 178	Group BIII UNI EN 159
C	Group CI EN	Group CIIa EN	Group CIIb EN	Group CIII EN

ΡΟΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΠΡΕΣΣΑΡΙΣΤΩΝ ΠΛΑΚΙΔΙΩΝ
ΓΙΑ ΤΟΙΧΟ ΚΑΙ ΔΑΠΕΔΟ



Σχήμα 14.6 Διάγραμμα ροής παραγωγής πλακιδίων

ΚΕΡΑΜΙΚΑ

Αναλόγως της σκληρότητας της επιφανείας τους (αντοχή σε χάραξη και τριβή) χωρίζονται σε 4 ομάδες.

Group I	Για πολύ ελαφριά κυκλοφορία (τοίχοι εσωτερικών χώρων)
Group II	Για ελαφριά κυκλοφορία (τοίχοι και δάπεδα μπάνιου)
Group III	Για μέτρια κυκλοφορία (γραφεία και δωμάτια ξενοδοχείων)
Group IV	Για βαριά κυκλοφορία (δάπεδα επαγγελματικών και δημοσίων χώρων)

14.6. Ποιοτικός έλεγχος

Η επιλογή των πλακιδίων πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τη χρήση τους (Group I, II, III, IV, πίνακας 14.1.).

Ελέγχονται:

- Οι διαστάσεις των πλευρών τους και η ορθογωνικότητά τους
- Η επιπεδότητα
- Η απορροφητικότητα
- Η μηχανική αντοχή (σε κάμψη)
- Η γραμμική θερμική διαστολή
- Η αντοχή σε πάγο και σε θερμικό σοκ
- Η αντοχή σε χημικά
- Ρηγματώσεις (κρακελάρισμα)

14.6.1. Συντήρηση

Η συντήρηση των πλακιδίων δαπέδων και τοίχων είναι απλή και γίνεται με χρήση νερού με μικρές ποσότητες απορρυπαντικών.

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

	ΠΛΑΚΙΔΙΑ ΤΟΙΧΟΥ ΦΙΛΚΕΡΑΜ - JOHNSON	EN 159 ΕΛΟΤ ΟΜΑΣ Β III	ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ EN
 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΕΥΡΩΝ	± 0,25%	± 0,5%	ΕΛΟΤ EN 98
 ΕΥΘΥΤΗΤΑ ΠΛΕΥΡΩΝ	± 0,15%	± 0,3%	« 98
 ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΤΗΤΑ ΠΛΕΥΡΩΝ	± 0,25%	± 0,5%	« 98
 ΕΠΙΠΕΔΟΤΗΤΑ	+ 0,25% / - 0,15%	+ 0,5% / - 0,3%	« 98
 ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	15%	MIN 10%	« 99
 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ	22 N / mm ²	MIN 12N / mm ²	« 100
 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΟΗΣ)	MIN 3 ΤΟΙΧΟΥ MIN 5 ΔΑΠΕΔΟΥ	MIN 3 ΤΟΙΧΟΥ MIN 5 ΔΑΠΕΔΟΥ	« 101
 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΔΙΑΣΤΟΛΗ (20°-100° C)	6,0 X 10 ⁻⁶ k ⁻¹	max 9,0 X 10 ⁻⁶ k ⁻¹	« 103
 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΕΡΜΙΚΟ ΣΟΚ	ΑΝΤΕΧΕΙ	ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	« 104
 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΡΑΚΕΛΑΡΙΣΜΑ	ΑΝΤΕΧΕΙ	ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	« 105
 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΧΗΜΙΚΑ (ΕΚΤΟΣ HF)	ΕΓΓΥΗΜΕΝΗ	ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	« 122
 ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΠΟΤΡΙΨΗ	GROUP 1	—	« 154

Σχήμα 14.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά πλακιδίων

14.7. Σωλήνες

Από κοινές αργίλους κατασκευάζονται οι σωλήνες που χρησιμοποιούνται για δίκτυα αποχέτευσης, καπνοδόχους κ.ά.

Η όπτηση γίνεται στους 1300°C, σημείο τήξης των οξειδίων του πυριτίου και του αργιλίου.

Με κατάλληλη διαδικασία κατά την παραγωγή τους (εξυάλωση και επάλειψη) αποκτούν μηχανική αντοχή και στεγανότητα, ιδιότητες απαραίτητες για την χρήση τους.

14.8. Είδη Υγιεινής

Στην κατασκευή ειδών υγιεινής χρησιμοποιείται η λευκή άργιλος και ο καολίνης. Η μορφοποίηση γίνεται με τη βοήθεια καλουπιών. Η όπτηση γίνεται μέχρι την εξυάλωση και στην συνέχεια ψήνονται και για δεύτερη φορά με εφυάλωση για να αποκτήσουν μεγάλη σκληρότητα, υδατοστεγανότητα και αντοχή στα οξέα.

14.8.1. Ποιοτικός έλεγχος.

Η ανίχνευση των ρωγμών γίνεται με χρήση κατάλληλων διαλυμάτων για ανοιχτόχρωμες ή σκουρόχρωμες εφυαλώσεις αντίστοιχα.

Το στρώμα του υαλώματος δεν πρέπει να ραγίζει ή να αποκολλάται με κρούση σώματος 0.5Kg. Ελέγχεται επίσης η αντοχή τους σε οξέα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι κατηγορίες των κεραμικών;
2. Ποιοι είναι οι παράγοντες που επιδρούν κατά την κατασκευή των οπτοπλίνθων;
3. Σε ποιες κατηγορίες διαιρούνται και ποιοι απ' αυτούς χρησιμοποιούνται περισσότερο;
4. Ποιους ελέγχους κάνουμε κατά την παραλαβή των οπτοπλίνθων στο εργοτάξιο;
5. Αναφέρατε τα χαρακτηριστικά των κεραμιδιών και τις κύριες εφαρμογές τους.
6. Ποιοι τύποι κεραμιδιών χρησιμοποιούνται στη χώρα μας;
7. Σε ποιες κατηγορίες χωρίζονται τα πλακίδια ανάλογα με τη σκληρότητά τους; Ποια εφαρμογή έχει η κάθε κατηγορία στην οικοδομή;
8. Ποιοι έλεγχοι γίνονται στα πλακίδια;
9. Αναφέρατε τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των ειδών υγιεινής.

ΓΥΑΛΙ

Η ανάγκη της οπτικής επαφής με το περιβάλλον,
και η νέα αρχιτεκτονική αντίληψη στις κατασκευές
επέβαλε την χρήση του γυαλιού.

Σήμερα
κατασκευάζουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερα ανοίγματα
για την ικανοποίηση της ανάγκης αυτής.

Το γυαλί παράγεται από
σύντηξη πυριτικών υλικών
και ασβεστόλιθου.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι
η διαφάνεια.

Εφαρμόζεται στην οικοδομική,
στα κουφώματα,
στη διακοσμητική (υαλότουβλα)
και τελευταία σε προσόψεις κτηρίων γραφείων.

Η συμβατότητά του με το αλουμίνιο,
το σίδηρο
και το ξύλο

γίνεται μέσω χρήσης ρητινών.

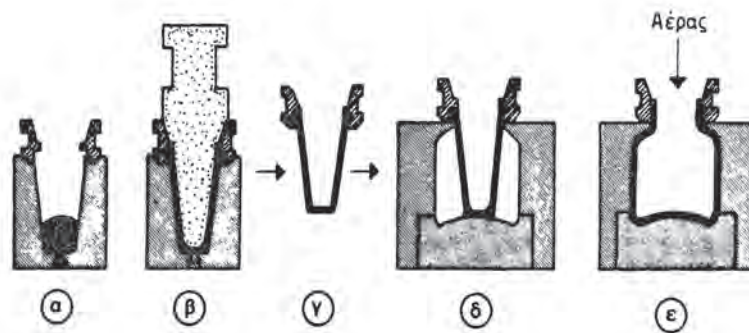
Είναι ακριβό υλικό.

15. ΓΥΑΛΙ

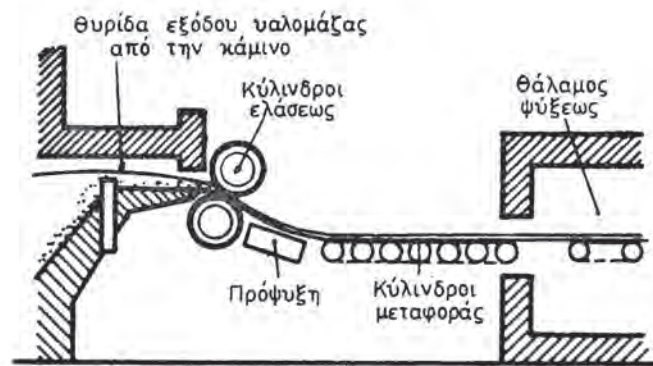


Το **γυαλί** είναι ανόργανο υλικό, που προέρχεται από τη σύντηξη διαφόρων ουσιών, σε συγκεκριμένες αναλογίες. Το βασικότερο συστατικό είναι η χαλαζιακή άμμος (οξείδιο του πυριτίου SiO_2). Τα άλλα συστατικά του είναι η ανθρακική σόδα (οξείδιο του νατρίου, Na_2CO_3) και ο ασβεστόλιθος (οξείδιο του ασβεστίου, CaCO_3).

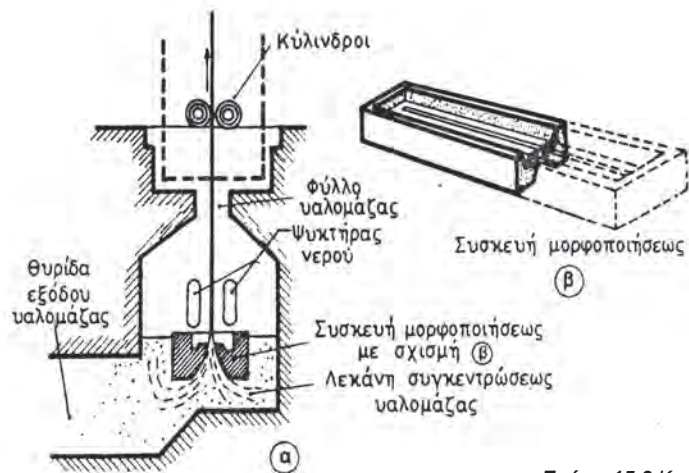
Ως δομικό υλικό χρησιμοποιήθηκε στο Βυζάντιο σε μικρή κλίμακα. Μόλις τον προηγούμενο αιώνα οι μέθοδοι παραγωγής βελτιώθηκαν μειώνοντας το κόστος του. Σήμερα κατασκευάζονται από γυαλί υαλόπλινθοι (γυαλότουβλα) μέχρι και υαλοΐνες. Στις σημερινές πόλεις μεγάλος αριθμός κτηρίων γραφείων έχουν προσόψεις με επικάλυψη υαλοπινάκων αντί για εξωτερικούς τοίχους.



Σχήμα 15.1 Χύτευση και συμπίεση υαλοζύμης



Σχήμα 15.2 Κατασκευή υαλοπινάκων



Σχήμα 15.3 Κατασκευή υαλοπινάκων με έλξη

15.1. Παρασκευή γυαλιού

Οι πρώτες ύλες (οξείδιο του πυριτίου, οξείδιο του νατρίου και οξείδιο του ασβεστίου) κονιορτοποιούνται και αφού αναμειχθούν διοχετεύονται σε καμίνι, όπου γίνεται η σύντηξή του σε θερμοκρασία 1600°C. Το λιωμένο μίγμα (υαλομάζα) έχει την μορφή παχύρρευστης διαυγούς μάζας. Η υαλομάζα μορφοποιείται με διάφορους τρόπους όπως, με έμφυση, με χύτευση, με κυλίνδρωση και με έλξη.

15.1.1. Η εμφύσηση

Η **εμφύσηση** είναι η παλαιότερη μέθοδος επεξεργασίας γυαλιού. Η υαλομάζα μορφοποιείται μέσω ενός σωλήνα στον οποίο διοχετεύεται αέρας. Σήμερα χρησιμοποιείται μόνο για την κατασκευή γυαλικών ειδικού σχήματος και διακοσμητικών αντικειμένων λόγω του μεγάλου κόστους της μεθόδου.

15.1.2. Η χύτευση

Η **χύτευση** του γυαλιού γίνεται σε καλούπια σε συνδυασμό με εφαρμογή πίεσης. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή υαλότουβλων και υαλοπινάκων (σχήμα 15.1).

15.1.3. Η κυλίνδρωση

Η **κυλίνδρωση** του γυαλιού είναι βιομηχανική μέθοδος παραγωγής υαλοπινάκων. Είναι ταχύτερη και με μικρότερο κόστος (σχήμα 15.2).

15.1.4. Η έλξη

Η **έλξη** είναι και αυτή μία νέα μέθοδος παρασκευής υαλοπινάκων. Σ' αυτή χρησιμοποιείται μία ειδική συσκευή με οριζόντια σχισμή, μέσα από την οποία προωθείται η υαλόμαζα με πίεση (σχήμα 15.3).

Νέα εξέλιξη στην παραγωγή υαλοπινάκων γίνεται με το χύσιμο της υαλόμαζας πάνω σε τηγμένο μέταλλο εξασφαλίζοντας έτσι λεία και επίπεδη επιφάνεια.

15.2. Κατηγορίες γυαλιών

Τα γυαλιά διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Κοινό γυαλί
- Κρύσταλλα
- Έγχρωμο γυαλί
- Γυαλιά για ειδικούς σκοπούς

15.3. Ιδιότητες του γυαλιού

Το γυαλί είναι συμπαγές, στερεό, εύθραυστο και διαφανές. Οι κυριότερες ιδιότητές του είναι:

- (α) Το ειδικό βάρος του κοινού γυαλιού είναι 2500Kg/m³ και των κρυστάλλων κυμαίνεται από 3000 - 6000 Kg/m³. Το φαινόμενο και το ειδικό βάρος ταυτίζονται γιατί το γυαλί δεν έχει κενά και γι' αυτό είναι απόλυτα υδατοστεγανό.

- (β) Το γυαλί έχει μεγάλη σκληρότητα (5 - 6 βαθμών της κλίμακας Mohs), με αποτέλεσμα να χρειάζεται σκληρός χάλυβας για να χαραχθεί, ή διαμάντι για να κοπεί.
- (γ) Η διαφάνεια είναι βασική ιδιότητα του γυαλιού. Κανένα άλλο δομικό υλικό δεν έχει αυτή την ιδιότητα. Η διαφάνειά του εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την καθαρότητα και το είδος των πρώτων υλών (το μολυβδόυχο γυαλί έχει μεγαλύτερη διαφάνεια από το ασβεστούχο). Το γυαλί δεν επιτρέπει την διέλευση της υπεριώδους ακτινοβολίας.
- (δ) Το γυαλί έχει μεγάλη αντοχή στις καιρικές συνθήκες, στη γήρανση και στην επίδραση των χημικών. Γυαλιά με περιεκτικότητα σε αλκάλια υπόκεινται σε επιφανειακές αλλοιώσεις, όταν εκτεθούν για μεγάλα διαστήματα σε χώρους με θερμό και υγρό αέρα, όπως ο αέρας των θερμοκηπίων. Αυτό οφείλεται στο ότι η αντίδραση του οξειδίου του νατρίου δημιουργεί αδιαφανές στρώμα.
- (ε) Η ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα του γυαλιού είναι πολύ μικρή και γι' αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή ηλεκτρομονωτικών και θερμομονωτικών υλικών.
- (στ) Η αντοχή του γυαλιού σε θλίψη κυμαίνεται από 200 MPa μέχρι και 1000 MPa. Η αντίστοιχη αντοχή του σε εφελκυσμό είναι από 50 -100 MPa. Οι παραπάνω αντοχές εξαρτώνται από την διατομή και την ποιότητα της επιφανείας του δοκιμίου. Από το γυαλί απουσιάζει η πλαστική παραμόρφωση, πράγμα που το καθιστά πολύ εύθραυστο.
- (ζ) Το γυαλί έχει μονωτικές ιδιότητες στον ήχο και την θερμότητα που βελτιώνονται θεαματικά όταν τοποθετείται έτσι ώστε να παρεμβάλλεται κενό (διπλά τζάμια).

15.4. Εφαρμογές του γυαλιού

Κύρια εφαρμογή του γυαλιού στη δόμηση είναι οι υαλοπίνακες οι οποίοι διακρίνονται:

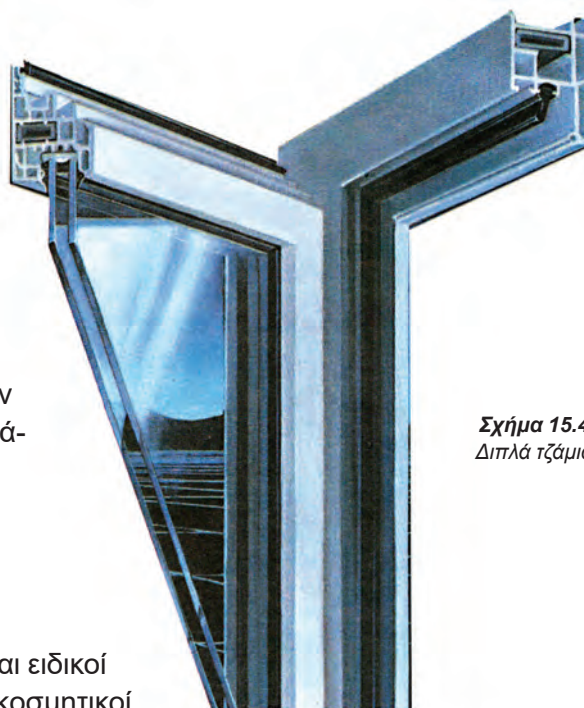
- σε κοινούς
- σε ειδικούς

15.5. Κοινοί υαλοπίνακες

Οι κοινοί υαλοπίνακες έχουν μεγάλη εφαρμογή στην οικοδομική (κουφώματα). Βρίσκονται σε διάφορα πάχη και αποχρώσεις (φυμέ).

15.6. Ειδικοί υαλοπίνακες

Εκτός των κοινών υαλοπινάκων κατασκευάζονται και ειδικοί υαλοπίνακες. Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν οι διακοσμητικοί



Σχήμα 15.4
Διπλά τζάμια

υαλοπίνακες, οι θαμποί υαλοπίνακες (ματ), οι προεντεταμένοι υαλοπίνακες και οι υαλοπίνακες ασφαλείας.

15.6.1. Διακοσμητικοί υαλοπίνακες

Σ' αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται όλα τα είδη με επιφανειακές διακοσμητικές επεξεργασίες.

Οι καθρέπτες είναι μια διακοσμητική εφαρμογή των υαλοπινάκων. Για την κατασκευή τους παλαιότερα χρησιμοποιείτο μίγμα υδραργύρου με κασσίτερο. Σήμερα χρησιμοποιείται η επαργύρωση, η κάλυψη δηλαδή με αλουμίνιο της κατοπτρικής επιφάνειάς του.

Οι χρωματιστοί υαλοπίνακες κατασκευάζονται από οξειδίο μετάλλου με τις πρώτες ύλες του γυαλιού. Με αυτούς κατασκευάζονται τα βιτρό (vitraux).

15.6.2. Υαλοπίνακες ασφαλείας

Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν όλοι οι υαλοπίνακες που έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία και προσφέρουν ασφάλεια σε περίπτωση θραύσης, λόγω πυρκαγιάς, κρούσης κ.ά.

Οι οπλισμένοι υαλοπίνακες έχουν ενσωματωμένο συρμάτινο πλέγμα, προσφέροντας ικανοποιητική ασφάλεια στη θραύση τους.



Σχήμα 15.5 Vitraux



Σχήμα 15.6 Υαλοπίνακες ασφαλείας

Οι υαλοπίνακες με μικρό συντελεστή διαστολής είναι άκαυστοι, χαρακτηριστικό που τους επιτρέπει να έχουν αντοχή σε περίπτωση πυρκαγιάς. Προσοχή πρέπει να δίνεται σε αυτή την περίπτωση στο πλαίσιο στήριξης του υαλοπίνακα που πρέπει να είναι πυράντοχο.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι σύνθετοι υαλοπίνακες. Οι σύνθετοι υαλοπίνακες αποτελούνται από φύλλα 2 ή 3 στρωμάτων που συγκολλώνται με διαφανείς ρητίνες. Οι σύνθετοι υαλοπίνακες ανάλογα με τις μηχανικές ιδιότητές τους διακρίνονται σε υαλοπίνακες Securit και αλεξίσφαιρους, που χρησιμοποιούνται για την προστασία κτηρίων, γραφείων, και θωρακισμένων αυτοκινήτων από βίαιες πράξεις.

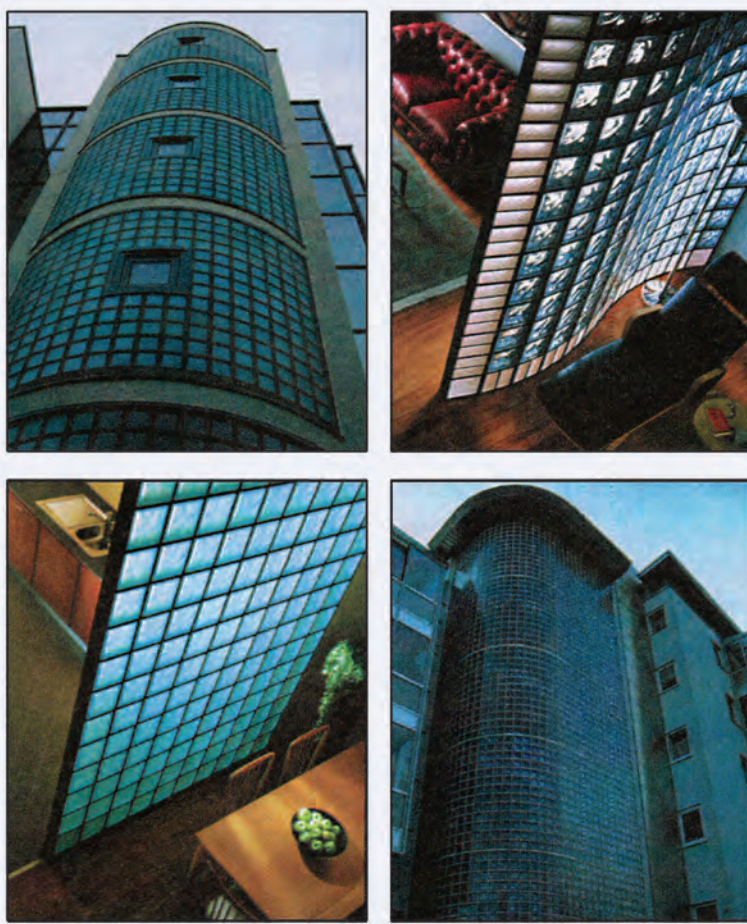
15.6.3. Προεντεταμένοι υαλοπίνακες

Οι προεντεταμένοι υαλοπίνακες αντανακλούν τη θερμική ακτινοβολία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για λόγους πυροπροστασίας.

15.7. Υαλότουβλα

Τα **υαλότουβλα** κατασκευάζονται από κοινό ή χρωματιστό γυαλί. Δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλες επιφάνειες λόγω του μεγάλου κόστους τους. Χρησιμοποιούνται για διακοσμητικούς λόγους και σε επιφάνειες όπου θέλουμε να έχουμε φως αλλά απαγορεύεται η χρήση ανοιγμάτων (φωτογραφίες). Το κενό ανάμεσά τους δρα ως ηχομονωτικό και θερμομονωτικό.

Τα υαλότουβλα κατασκευάζονται από τσιμεντοασβεστοκονίαμα λευκού τσιμέντου σε ορθογωνικές ή τετραγωνικές διατομές και σε ποικίλα χρώματα και δομούνται με τη βοήθεια των διαμορφωμένων τελειωμάτων που έχουν.



Σχήμα 15.7 Υαλότουβλα

15.8. Κεραμίδια από γυαλί

Είναι διαφανή κεραμίδια αντίστοιχων τύπων με τα κεραμικά και χρησιμοποιούνται για φωτισμό σε περιορισμένη έκταση, κυρίως σε χώρους που δεν μπορούν να κατασκευαστούν ανοίγματα.



Σχήμα 15.8 Κεραμίδια από γυαλί

15.9. Ποιοτικός έλεγχος

Στο εργαστήριο γίνονται οι παρακάτω έλεγχοι:

- Ο έλεγχος αντοχής σε θλίψη και εφελκυσμό (εξαρτάται από τη διατομή του γυαλιού)
- Η αντίσταση σε χημική προσβολή
- Η χημική του σύσταση
- Η διαφάνειά του
- Η χρωματική απόχρωσή του

Το γυαλί είναι συμβατό με το χαρτί και τα προϊόντα του, σχετικά συμβατό με τα υπόλοιπα υλικά. Στην συνεργασία του με άλλο υλικό (ξύλο, μέταλλα) απαιτεί παρέμβλημα άλλου υλικού (στόκος, πλαστικό). Δεν είναι συμβατό με το τσιμέντο.

15.10. Κρύσταλλα

Τα κρύσταλλα κατασκευάζονται με χύτευση ή κυλίνδρωση. Οι επιφάνειές τους στην συνέχεια λειαίνονται και στιλβώνονται. Στη σύνθεσή τους αντικαθίσταται το οξείδιο του ασβεστίου με οξείδιο του μολύβδου.

15.11. Γυαλιά για ειδικούς σκοπούς

Τα γυαλιά αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως στην βιομηχανία των οπτικών και είναι ειδικά κρύσταλλα μεγάλης καθαρότητας.



Σχήμα 15.9 Υαλοπίνακες κτηρίου γραφείων

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιο είναι το ειδικό βάρος του γυαλιού και ποιο το φαινόμενο ειδικό βάρος του; Συγκρίνετέ τα.
2. Πώς κόβουμε το γυαλί; Αναφέρετε σκληρότερα υλικά από αυτό στην κλίμακα Mohs. Ποια από τις αντοχές (θλίψη ή εφελκυσμός) του γυαλιού είναι μεγαλύτερη;
3. Ποια είναι η κυριότερη ιδιότητα του γυαλιού και από τι εξαρτάται αυτή;
4. Ποια χαρακτηριστικά έχουν οι άκαυστοι υαλοπίνακες; Πώς κατασκευάζονται οι υαλοπίνακες ασφαλείας;
5. Πού χρησιμοποιούμε υαλότουβλα και πώς τα χτίζουμε;
6. Ποιους εργαστηριακούς ελέγχους κάνουμε στο γυαλί;

ΜΟΝΩΤΙΚΑ

Η απαίτηση για εξοικονόμηση ενέργειας,
επέβαλε τη χρήση των μονωτικών υλικών.

Τα μονωτικά διακρίνονται σε
φυσικά και συνθετικά.

Είναι βιομηχανικά προϊόντα
που χρησιμοποιούνται σε όλες
τις σύγχρονες κατασκευές
προσφέροντας καλύτερες συνθήκες διαβίωσης
(προστασία από ψύχος, ζέστη και ηχορρύπανση).
Το κόστος τους είναι σχετικά υψηλό.

16. ΜΟΝΩΤΙΚΑ

Η αύξηση της κατανάλωσης των πρώτων υλών και η αλόγιστη εκμετάλλευση των πηγών ενέργειας άρχισε να γίνεται αισθητή μόνο τα τελευταία χρόνια. Έγινε συνείδηση σε όλους ότι οι πηγές αυτές δεν είναι ανεξάντλητες.

Η υπέρμετρη χρήση θερμικών μηχανών αλλοίωσε την ατμόσφαιρα. Παράλληλα οι θόρυβοι προκαλούν όχληση και κινδύνους στην υγεία των ανθρώπων.

Εκτός των καιρικών μεταβολών και της υγρασίας, οι φθορές στα έργα αυξάνονται με τους ρύπους που προκαλούνται στον αέρα, το νερό και το έδαφος. Η αλλοίωση της ατμόσφαιρας προκαλεί μεγάλες φθορές στα υλικά, μειώνοντας το συνολικό χρόνο ζωής του έργου, προκαλώντας μεγάλες οικονομικές ζημιές.

Έχει γίνει πλέον κοινή συνείδηση πως πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για περιορισμό της καταστροφής του περιβάλλοντος. Ένα από τα μέτρα αυτά είναι η μείωση των ποσοτήτων ενέργειας που χρησιμοποιούνται για θέρμανση και ψύξη οικιών και χώρων εργασίας.

Εκτός από τον περιορισμό της σπατάλης της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι απαραίτητη και η προστασία της υγείας του ανθρώπου από την υγρασία, την ηχορρύπανση και την ακτινοβολία. Για την επίτευξη αυτών, απαιτούνται υλικά που να έχουν ιδιότητες ικανές να περιορίσουν τις επιβλαβείς επιδράσεις των εξωτερικών παραγόντων στον άνθρωπο.

Τα υλικά αυτά είναι:

- Θερμομονωτικά
- Ηχομονωτικά
- Στεγανωτικά

16.1. Θερμομονωτικά

Όλα τα υλικά σε μικρό ή μεγάλο βαθμό, έχουν τη δυνατότητα να εμποδίζουν τη ροή της θερμότητας μέσα από τη μάζα τους.

Γενικά, όλα τα υλικά έχουν την ιδιότητα να δυσχεραίνουν τη διέλευση της θερμότητας ή της φωτιάς για μικρό ή μεγάλο διάστημα.

Τα υλικά που έχουν την ιδιότητα να επιβραδύνουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη μετάδοση της θερμότητας - φωτιάς ονομάζονται αντίστοιχα **θερμομονωτικά - πυράντοχα**.

16.1.1. Θερμομόνωση

Η κατανάλωση ενέργειας για ψύξη - θέρμανση των κτηρίων υπερβαίνει σύμφωνα με στατιστικές το 30% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Με μια σωστή θερμομόνωση σε ένα κτήριο, μπορεί να εξοικονομηθεί έως και το 50% του κόστους της απαιτούμενης ενέργειας για θέρμανση - ψύξη.

Οι συνθήκες διαβίωσης πρέπει να είναι σταθερές. Επομένως θα πρέπει να εμποδιστεί η εισβολή στους χώρους κατοικίας της θερμότητας ή του ψύχους του περιβάλλοντος και ταυτόχρονα να εμποδιστεί η διαφυγή της θερμότητας ή του ψύχους των δωματίων στο περιβάλλον.

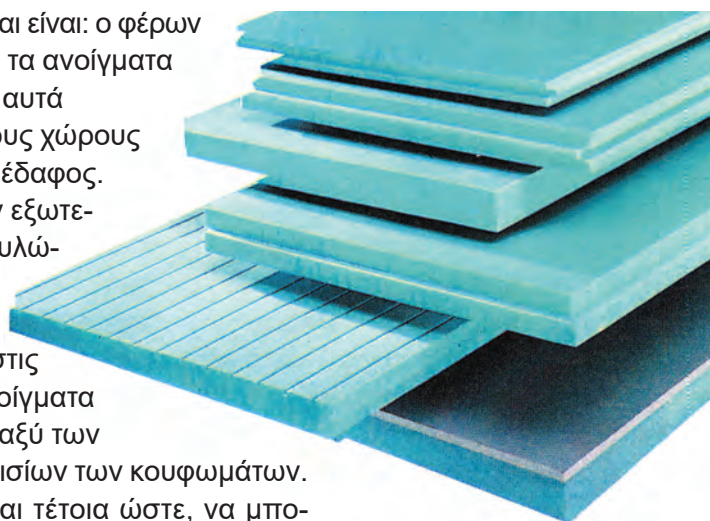
Σταθμό στην εξέλιξη των θερμομονωτικών υλικών αποτέλεσε η πρώτη ενεργειακή κρίση στις αρχές του '70, που επέβαλε τον περιορισμό των αναγκών σε θέρμανση.

Οι απαιτήσεις σε θερμομόνωση εξαρτώνται από την τοποθεσία, τον προσανατολισμό και τις επιφάνειες των υλικών που εκτίθενται στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τα δομικά στοιχεία που θερμομονώνονται είναι: ο φέρων οργανισμός, οι εξωτερικοί τοίχοι, η στέγη, τα ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες) και τα δάπεδα, όταν αυτά βρίσκονται σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους όπως η πιλοτή (pilotis), το υπόγειο και το έδαφος.

Τα μονωτικά υλικά τοποθετούνται στην εξωτερική επιφάνεια των δοκών και των υποστυλμάτων και άνω ή κάτω της πλάκας του δαπέδου και της οροφής των κτηρίων. Στην τοιχοποιία τοποθετούνται ανάμεσα στις δύο σειρές των οπτοπλινθοδομών. Τα ανοίγματα μονώνονται με την εξασφάλιση κενού μεταξύ των υαλοστασίων και με την μόνωση των πλαισίων των κουφωμάτων.

Σήμερα η εξέλιξη στα κουφώματα είναι τέτοια ώστε, να μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ διαφορετικών υλικών, όπως αλουμίνιο, πολυμερή, ξύλινα ή και συνδυασμούς αυτών, ανάλογα με τις απαιτήσεις της αισθητικής αλλά και της πρακτικής. Η μεγαλύτερη παραγωγή γίνεται σε κουφώματα αλουμινίου με δυνατότητα να εκπληρώνουν όλες τις ανάγκες του σύγχρονου κτηρίου για θερμομόνωση, ηχομόνωση και υδατοστεγανότητα.



Σχήμα 16.1 Θερμομονωτικές πλάκες



Σχήμα 16.2 Θερμομόνωση τοιχοποιίας

Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των μονωτικών είναι ο μικρός συντελεστής θερμοαγωγιμότητας λ (πίνακες 3.1, 3.2), που δείχνει το ποσό της θερμότητας που διέρχεται από την επιφάνεια του μονωτικού σε διάστημα μιας ώρας.

Τα κρίσιμα σημεία της θερμομόνωσης είναι οι θερμογέφυρες, δηλαδή μικρά τμήματα της κατασκευής που δύσκολα μονώνονται.

Η υγρασία με τη μορφή νερού ή υδρατμών επηρεάζει σημαντικά τη μονωτική

ικανότητα των δομικών στοιχείων. Το νερό μέσω των τριχοειδών πόρων του υλικού εισχωρεί στη μάζα του υλικού αντικαθιστώντας τον αέρα που βρίσκεται στους πόρους του. Το νερό έχει 25 φορές μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα από τον αέρα.

Τα μονωτικά υλικά χωρίζονται σε 3 κατηγορίες:

1. Τα ανόργανα
2. Τα οργανικά
3. Τα συνθετικά

16.2. Ανόργανα

16.2.1. Το αφρομπετόν

Χρησιμοποιείται για μονώσεις δαπέδων και δωματίων ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό υλικό.

16.2.2. Ινώδη μονωτικά ή ορυκτές ίνες

Τα **ινώδη** μονωτικά υλικά παράγονται από φυσικά πετρώματα (ίνες βασάλτη, πετροβάμβακα κ.ά.) και διαμορφώνονται σε πλάκες διαφορετικής σκληρότητας ανάλογα με την επιθυμητή εφαρμογή. Είναι άκαυστα με μεγάλη αντοχή στα οξέα, μύκητες και έντομα.

16.2.3. Ο αμίαντος

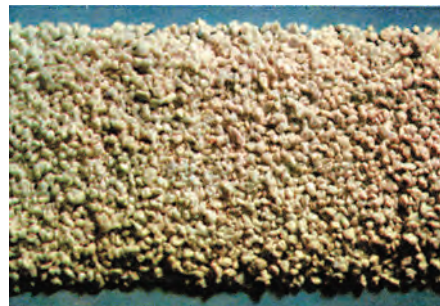
Ο **αμίαντος** προέρχεται από τον σερπενίτη (πέτρωμα) και αποτελείται από λεπτές ίνες. Σε συνδυασμό του με το τσιμέντο παράγονται διάφορα δομικά στοιχεία. Στις χώρες της Β. Αμερικής και της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έχει απαγορευθεί η χρήση του, λόγω της καρκινογένεσης που προκαλεί όταν εισπνέεται. Χρησιμοποιείται όπου χρειάζονται πυράντοχα υλικά αλλά με επίχρισμα για να μην έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον.

16.2.4. Η κίσσηρη

Η **κίσσηρη** είναι ελαφρύ προϊόν που χρησιμοποιείται στην παρασκευή κισσηροσκυροδέματος, για μονώσεις δωματίων και κατασκευή κισσηρόλιθων.

16.2.5. Ο περλίτης

Με τον διογκωμένο **περλίτη** παρασκευάζονται θερμομονωτικές πλάκες και επιχρίσματα τόσο για θερμομόνωση όσο και για ηχομόνωση (σχήμα 16.3).



Σχήμα 16.3 Διογκωμένος περλίτης

16.2.6. Η γύψος



Σχήμα 16.4 Γύψινα προϊόντα

Η **γύψος** σε συνδυασμό με άλλα υλικά όπως φυτικές ή ορυκτές



ίνες και χαρτόνι, χρησιμοποιείται για την κατασκευή γυψοσανίδων. Αυτές έχουν άριστες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες.

16.3. Οργανικά

16.3.1. Ινόπλακες

Πλάκες που κατασκευάζονται με χρήση φυτικών ή ορυκτών ινών.

16.3.2. Heraklith



Σχήμα 16.5 Heraklith

Είναι πλάκες που μοιάζουν με μοριοσανίδες και δίνουν ικανοποιητικές θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ικανότητες.

16.3.3. Φελλός

Χρησιμοποιείται κυρίως για ηχομονωτικούς σκοπούς και απορρόφηση κραδασμών, κάτω από δάπεδα ή ως υπόστρωμα πλαστικών δαπέδων, για βελτίωση της θερμομόνωσης και της ηχομόνωσης.

16.3.4. Νέα οικολογικά υλικά

Τα νέα υλικά κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο γεωργικών εφαρμογών με πρώτη ύλη το καλάμι Μίσχανθο και για συνδετικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν η γύψος και το τσιμέντο. Έδωσαν θερμική αγωγιμότητα $0.052 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$ και αρκετά καλή αντοχή.

Η έρευνα συνεχίζεται και για άλλα φυτά εκτός του Μισχάνθου συμπεριλαμβάνοντας ακόμη και γεωργικά υπολείμματα, όπως η βαμβακιά και τα καλαμπόκια, για την παραγωγή οικονομικών, οικολογικών, δομικών υλικών.

16.4. Συνθετικά

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση μονωτικά υλικά από συνθετικές ρητίνες που παρασκευάζονται με βάση τα πλαστικά υλικά. Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα είναι οι **πολυουρεθάνη** και η **πολυστερόλη**.

Από την αφρώδη πολυουρεθάνη κατασκευάζονται πλάκες με την επικόλληση και άλλων υλικών.

Έχουν πολύ χαμηλό συντελεστή θερμοαγωγιμότητας και εφαρμόζονται σε τεχνικά έργα, που απαιτείται υψηλή θερμομόνωση.

Η πολυστερίνη αποτελεί το κυρίως μονωτικό υλικό για κάλυψη δωμάτων, στεγών και τοίχων. Έχουν μεγάλη αντοχή στα άλατα, τα αλκάλια και τα φυτικά έλαια.

Με χρήση διογκωμένης πολυστερίνης και τσιμεντοκονίας παράγεται το πολυστερόλο (είδος σκυροδέματος). Χρησιμοποιείται όπου και το αφροπιπτόν.

16.5. Ηχομονωτικά

Ηχομόνωση είναι η απομόνωση ανεπιθύμητων ήχων εκτός της κατασκευής. Κατά τη διάρκεια της μελέτης, γίνεται ειδικός σχεδιασμός για την ηχομόνωση της κατασκευής.

Η ηχομόνωση μπορεί να γίνει στην πηγή του ήχου, με χρήση ειδικών υλικών, των ηχοαπορροφητικών.

Τα χαρακτηριστικά του ήχου είναι η **ένταση** και η **συχνότητα**. Η μονάδα μέτρησης του μέτρου ηχομόνωσης είναι το dB (desibel) και η μέτρηση της υποκειμενικής αίσθησης του ήχου γίνεται σε Phon. Στον πίνακα 16.1 παρουσιάζεται η κλίμακα των εντάσεων του ήχου.

Πίνακας 16.1. Κλίμακα έντασης ήχων σε Phon

0	Θόρυβος μόλις που ακούγεται
>20	Ψίθυρος
20 - 30	Θόρυβος αναπνοής
40 - 50	Θόρυβος σε κλειστούς χώρους από δρόμους μέσης Κυκλοφορίας
65 - 75	Συνομιλία, ραδιόφωνο, τηλεόραση σε ένταση δωματίου
75 - 85	Κινητήρας αυτοκινήτου υπό πλήρη ή μέση απόδοση
90 - 100	Ορχήστρα σε αίθουσα συναυλιών
100 - 120	Θόρυβος αεροπλάνου σε απόσταση 50m
>120	Όριο πόνου

Οι ήχοι ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσής τους διακρίνονται σε αερόφερτους και σε κτυπογενείς.

Τα ηχοαπορροφητικά υλικά χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται καλή ακουστική (θέατρα, χώροι συνεδριάσεων, χώροι μουσικών εκδηλώσεων κ.ά.). Τα υλικά αυτά διακρίνονται:

- (α) Σε πορώδη, που περιλαμβάνουν πλάκες από συμπιεσμένες ορυκτές ίνες, μοριοσανίδες, πλάκες τύπου Heraklith, τάπητες, μοκέτες και προπετάσματα.
- (β) Στις διάτρητες ή ανάγλυφες πλάκες, που περιλαμβάνουν τις γυψοσανίδες, πλάκες από ασβεστοκονίαμα, πλάκες από τσιμεντοκονίαμα, διάτρητα ελάσματα και διάτρητους οπτοπλίνθους.
- (γ) Στις μεμβράνες που μπορούν να συνδεδεούνται από την ταλάντωση. Τα ηχοαπορροφητικά υλικά αποτελούνται από ξύλινα φατνώματα ή μοριοσανίδες, που τοποθετούνται σε μικρή απόσταση από τον τοίχο. Το κενό που δημιουργείται μεταξύ του τοίχου και των ηχοαπορροφητικών υλικών, μπορεί να γεμίσει με ινώδη υλικά.

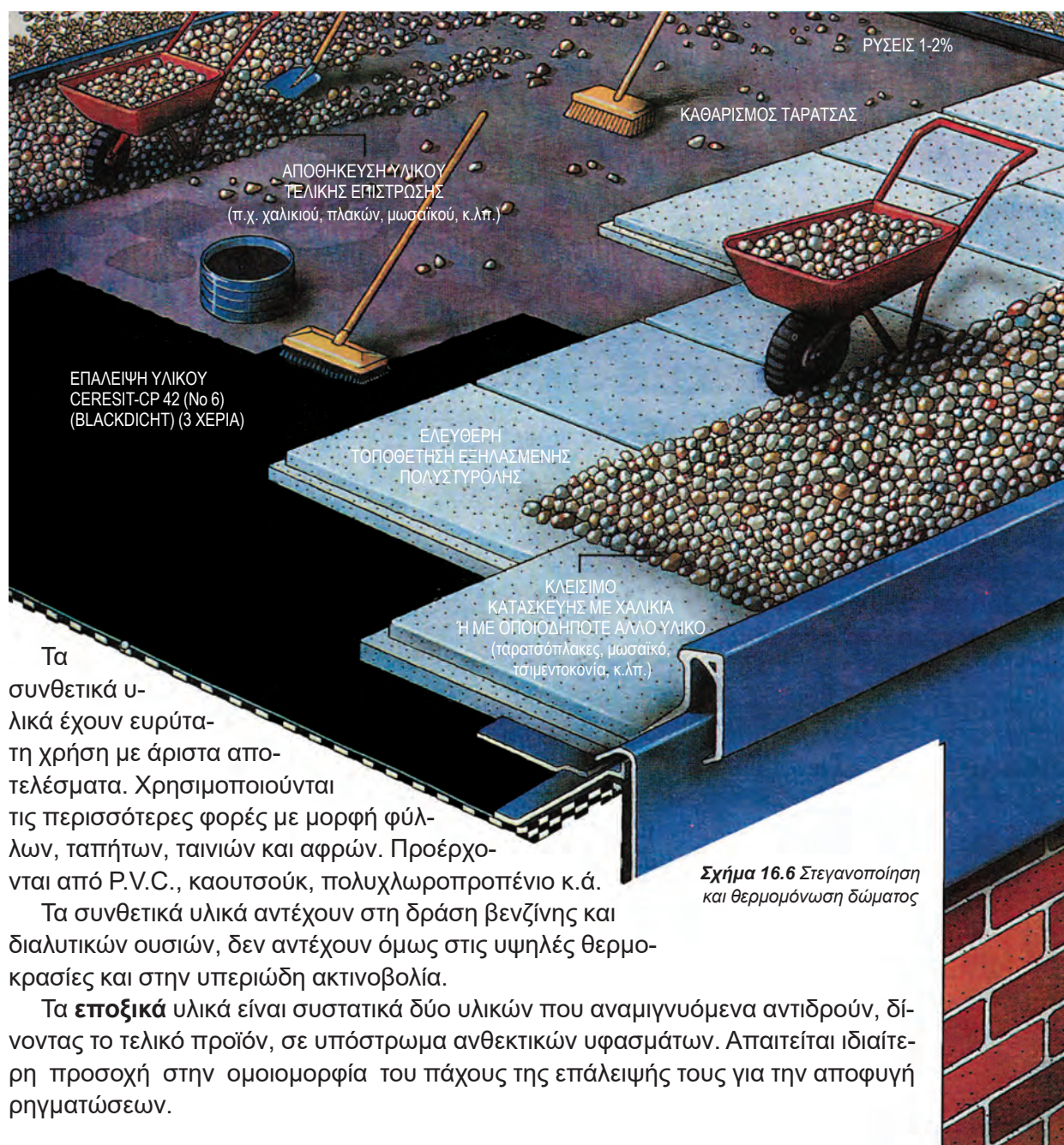
16.6. Στεγανωτικά

Η υγρασία επιδρά δυσμενώς σε όλα τα δομικά υλικά. Καταστρέφει την θερμομονωτική τους ικανότητα και δημιουργεί άσχημες συνθήκες στους εσωτερικούς χώρους, λόγω της εμφανιζόμενης υγρασίας. Οι πρώτες ενδείξεις της υγρασίας εμφανίζονται στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων με φουσκώματα των χρωμάτων, κηλίδες, αποσάθρωση των επιφανειών τοπικά.

Η στεγάνωση έχει στόχο την προφύλαξη των δομικών στοιχείων στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό.

Τα στεγανωτικά υλικά διακρίνονται σε:

- ασφαλικά υλικά, άσφαλτοι, πίσσες (βλέπε ασφαλικά υλικά)
- συνθετικά υλικά



Σχήμα 16.6 Στεγανοποίηση και θερμομόνωση δώματος

Τα συνθετικά υλικά έχουν ευρύτατη χρήση με άριστα αποτελέσματα. Χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές με μορφή φύλλων, ταπήτων, ταινιών και αφρών. Προέρχονται από Ρ.Υ.Σ., καουτσούκ, πολυχλωροπροπένιο κ.ά.

Τα συνθετικά υλικά αντέχουν στη δράση βενζίνης και διαλυτικών ουσιών, δεν αντέχουν όμως στις υψηλές θερμοκρασίες και στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Τα **εποξικά** υλικά είναι συστατικά δύο υλικών που αναμιγνυόμενα αντιδρούν, δίνοντας το τελικό προϊόν, σε υπόστρωμα ανθεκτικών υφασμάτων. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ομοιομορφία του πάχους της επάλειψής τους για την αποφυγή ρηγματώσεων.

16.7. Ποιοτικός έλεγχος στα μονωτικά υλικά

Στην επιλογή ενός μονωτικού υλικού πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι συντελεστές θερμοαγωγιμότητας, ο συντελεστής αντίστασης στη διαπίδυση υδρατμών, που δείχνει την ευαισθησία του υλικού να αφήσει την υγρασία να το διαπεράσει, η μηχανική του αντοχή, η αντίστασή του στη φωτιά και ο συντελεστής θερμικής διαστολής του. Όλα τα παραπάνω ελέγχονται στα εργαστήρια.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιοι λόγοι επέβαλαν την ανάγκη χρήσης των μονωτικών υλικών στις κατασκευές; Σε ποιες κατηγορίες αυτά διαιρούνται;
2. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται ο βαθμός θερμομόνωσης ενός κτιρίου; Ποια στοιχεία του θερμομονώνονται και πού τοποθετούνται σ' αυτά τα μονωτικά υλικά;
3. Ποιο είναι το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των θερμομονωτικών υλικών και πόσο αυτό επηρεάζεται από την υγρασία;
4. Να δώσετε τον ορισμό του συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λ . Αναφέρετε πέντε υλικά που έχουν τον μικρότερο συντελεστή λ .
5. Ποια είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του ήχου και πώς αυτά μετρούνται; Αναφέρατε θορύβους >75 στην κλίμακα Phon.
6. Πώς αντιλαμβανόμαστε την ύπαρξη υγρασίας στην οικοδομή και πώς την αντιμετωπίζουμε;
7. Ποια είναι τα συνθετικά υλικά στεγάνωσης και ποιο το κύριο μειονέκτημά τους;
8. Ποιοι λόγοι απαγόρευσαν τη χρήση αμιαντοτσιμέντου ως δομικού υλικού;

ΠΛΑΣΤΙΚΑ - ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Τα πλαστικά είναι προϊόντα οργανικής σύνθεσης
και παράγονται σε βιομηχανικές μονάδες
με πολυμερισμό.

Λόγω της ρευστότητάς τους
παίρνουν οποιοδήποτε σχήμα
(σωλήνες, διακόπτες, κουφώματα κ.ά.).
Χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην οικοδομική,
γιατί έχουν μεγάλη αντοχή
στις καιρικές συνθήκες,
μικρή αγωγιμότητα
και υδατοαπορροφητικότητα.
Έχουν καλή συμβατότητα με το ξύλο,
τα ασφαλτικά και τα κεραμικά.
Το κόστος τους κυμαίνεται
ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους.

17. ΠΛΑΣΤΙΚΑ-ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Τα **πλαστικά** είναι μία κατηγορία δομικών υλικών με πλήθος εφαρμογών. Παρουσιάζουν διαφορές ως προς την κατάστασή τους (στερεή, υγρή), τη χρήση τους και τη μορφή τους.

Η ονομασία τους οφείλεται στην εύκολη μορφοποίησή τους (πλαστικοποίηση) επειδή αυτά ρευστοποιούνται σε μέτριες θερμοκρασίες.

Τα πλαστικά έχουν οργανική σύνθεση και αποτελούνται από πλέγματα στοιχείων όπως ο άνθρακας (C), το οξυγόνο (O), το άζωτο (N), το υδρογόνο (H), το χλώριο (Cl) και το πυρίτιο (Si).

Το μοναδικό κοινό χαρακτηριστικό των πλαστικών είναι τα μεγάλα μόριά τους. Τα μεγαλομόρια υπάρχουν και σε φυσικά προϊόντα, όπως η κυτταρίνη του ξύλου, το πλουϊσοπρένιο του φυσικού καουτσούκ και οι πρωτεΐνες του μαλλιού.

Η σύνθεσή τους έχει συνήθως μία μόνο ρητίνη φυσική ή τεχνητή.

Ως πρώτη ύλη (μονομερές) για την παραγωγή τους χρησιμοποιείται το αργό πετρέλαιο ή η βενζίνη, το μεθάνιο, τα αιθυλένιο ή το προπυλένιο ή και άλλες οργανικές φυσικές ουσίες.

Η χημική αντίδραση που οδηγεί στη δημιουργία των μεγαλομορίων ονομάζεται πολυμερισμός και δημιουργεί ένα μεγαλομόριο (πολυμερές) με τελείως διαφορετικές ιδιότητες από το μονομερές, από όπου παρασκευάστηκε.

17.1. Χαρακτηριστικά

Τα βασικά χαρακτηριστικά των πλαστικών είναι:

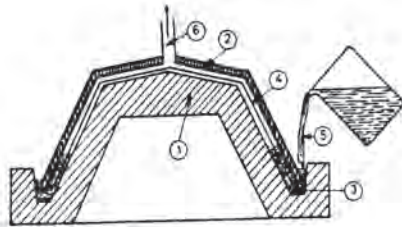
- η ικανότητά τους να σκληραίνουν ανάλογα με τη θερμοκρασία
- η ευκολία με την οποία μορφοποιούνται
- το μικρό τους βάρος
- η μικρή υδατοαπορροφητικότητά τους
- η μικρή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα
- η μεγάλη αντοχή τους σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες
- οι καλές μηχανικές τους ιδιότητες, οι οποίες όμως χάνονται σε πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές θερμοκρασίες και στην έκθεσή τους στην υπεριώδη ακτινοβολία.

17.2. Παραγωγή

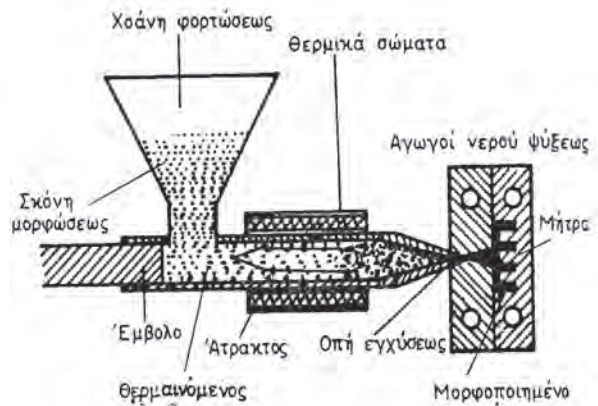
Τα πλαστικά παράγονται σε βιομηχανικές μονάδες με τις παρακάτω μεθόδους:

- Πολυμερισμός με πολυσυμπύκνωση
- Πολυμερισμός με προσθήκη

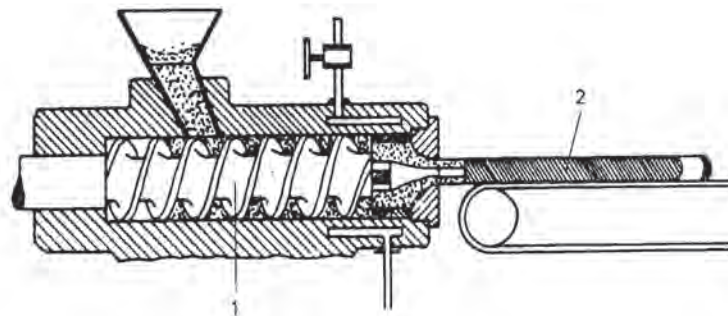
Για παράδειγμα, για την παρασκευή του χλωριούχου πολυβινιλίου, γνωστού ως P.V.C χρησιμοποιείται το αιθυλένιο (C_2H_4), που είναι ένα αέριο προερχόμενο από την απόσταξη του πετρελαίου, και το αέριο χλώριο (Cl_2). Από την ένωση προκύπτει το χλωριούχο βινύλιο $CH_2 = CHCl$ το οποίο είναι μονομερές. Με πολυμερισμό αυτού παρασκευάζεται το P.V.C.



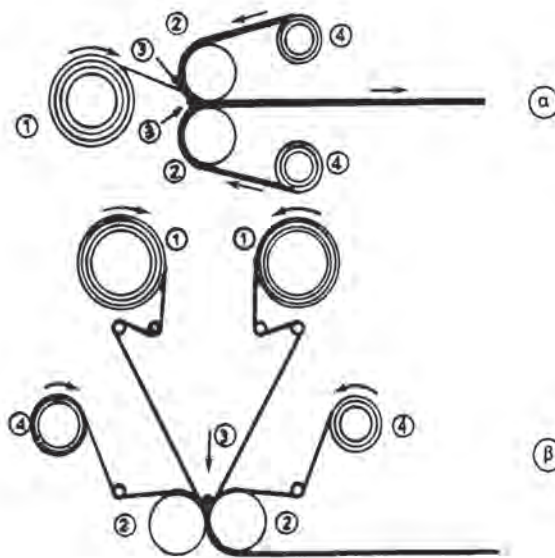
Σχήμα 17.1 Μόρφωση με χύτευση πλαστικών φύλλων



Σχήμα 17.2 Μόρφωση με έγχυση



Σχήμα 17.3 Μόρφωση με τη μέθοδο της εκβολής



Σχήμα 17.4 Κατασκευή πλαστικού υλικού με εμποτισμό και έλαση

Οι συμπληρωματικές ουσίες που χρησιμοποιούνται, εκτός της ρητίνης, για να βελτιώσουν τις ιδιότητες αυτές είναι:

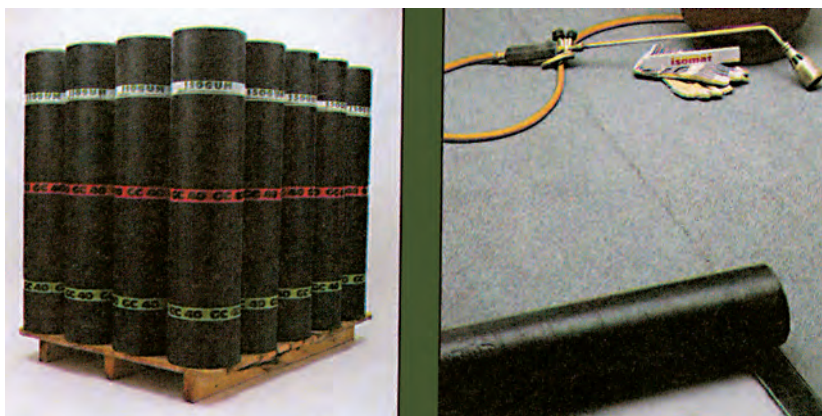
- Οι καταλύτες. Είναι χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση των ρητινών (επιτάχυνση - επιβράδυνση)
- Οι ελαστικοποιητικές ουσίες χρησιμοποιούνται για να δώσουν στις ρητίνες πλαστικότητα και τη δυνατότητα να μπορούν αυτές να μορφοποιηθούν
- Οι χρωστικές ουσίες χρησιμοποιούνται για να δώσουν κάποιο επιθυμητό χρώμα στο τελικό προϊόν
- Διάφορες προσμίξεις με στόκο που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή διαφόρων αντικειμένων

Η μορφοποίηση των πλαστικών εξαρτάται από τις ρεολογικές ιδιότητες. Γίνεται με συμπίεση, χύτευση, έκχυση, έλαση και εμποτισμό φυλλόμορφων υλικών. Μετά τη μορφοποίηση ακολουθούν μηχανικές κατεργασίες για να δώσουν το τελικό προϊόν.

17.3. Κατηγορίες πλαστικών

- (α) Φυσικά πλαστικά. Βρίσκονται στη φύση και χρησιμοποιούνται αφού πρώτα κατεργαστούν. Φυσικά προϊόντα είναι η ρητίνη των δένδρων, το ορυκτό καουτσούκ και οι φυτικές ή ορυκτές γόμες.
- (β) Μεταποιημένα πλαστικά. Παράγονται από φυσικά μεγαλομόρια ή από φυτικές και οργανικές ύλες. Αυτά είναι παράγωγα της κυτταρίνης του ξύλου και του βάμβακα (ο σελλουλοΐτης, το σελοφάν, η βισκόζη κ.ά.) και πλαστικά από επεξεργασία διαφόρων πρωτεϊνών.
- (γ) Πλαστικά από χημικές ενώσεις. Τα πλαστικά παράγονται από λιθάνθρακες, λιγνίτες και πετρέλαιο. Τέτοια πλαστικά είναι τα πλαστικά της φαινόλης - φορμαλδεΐδης, της ουρίας - μελαμίνης κ.ά.
- (δ) Θερμοπλαστικά. Τα θερμοπλαστικά μπορούν να αντεπεξέλθουν σε επανειλημμένες επεξεργασίες. Με θέρμανση αποκτούν πλαστικότητα και είναι δυνατόν να μορφοποιηθούν σε διάφορα σχήματα.
- (ε) Θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά. Τα πλαστικά αυτά διατίθενται σε υγρή κατάσταση και με την θέρμανση αποκτούν μεγάλη σκληρότητα, αλλά δεν επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση όταν ψυχθούν.

- (στ) Ελαστομερή πλαστικά. Τα πλαστικά αυτά είναι ρητίνες που, λόγω της ιδιαίτερης δομής των μορίων τους, δεν επηρεάζονται από τις υψηλές θερμοκρασίες (καουτσούκ). Χρησιμοποιούνται για στεγανοποιητικά και ως υλικό πλήρωσης αρμών (σχήμα 17.5).



Σχήμα 17.5 Στεγανοποιητικά οροφών

17.4. Ιδιότητες των πλαστικών

Τα πλαστικά έχουν πολύ μικρή θερμική αγωγιμότητα, ικανότητα ηλεκτρικής μόνωσης, αντοχή στη διάβρωση, σταθερότητα όγκου και μικρή απορροφητικότητα.

Όπως όλα τα οργανικά υλικά χωρίς προσμίξεις, είναι εύφλεκτα. Με διάφορες προσμίξεις έχουν χρόνο αντίστασης στη φωτιά που μπορεί να φτάσει και τα 90 min. Ο χρόνος φόρτισης και ο ρυθμός της επηρεάζουν τις μηχανικές τους ιδιότητες.

17.5. Χρήσεις

Στην οικοδομική έχουν πολύ μεγάλη χρήση και χρησιμοποιούνται:

(α) για βελτίωση των κονιαμάτων που έχουν βάση το τσιμέντο (σχήμα 17.6).

(β) για παρασκευή συνδετικών κονιαμάτων παλαιού και νέου σκυροδέματος, για ενίσχυση και επιδιόρθωση παλαιών οικοδομών.

(γ) σε κονιάματα επιχρίσεων.



Σχήμα 17.6 Βιομηχανικό δάπεδο από σκυρόδεμα και βελτιωτικού σκυροδέματος

17.6. Συνθετικές ρητίνες

Κατηγορίες συνθετικών ρητινών είναι:

(α) Ακόρεστος πολυεστέρας (UP), που χρησιμοποιείται στις κατασκευές σκυροδέματος και άλλων δομικών κατασκευών.

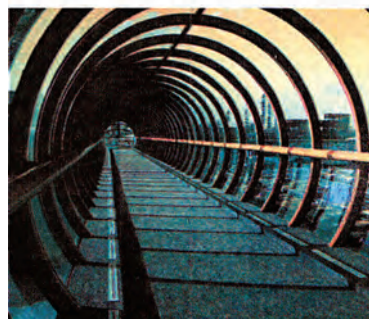
(β) Εποξικές ρητίνες (EP) υψηλής αντοχής για επισκευή ρωγμών στο σκυρόδεμα που προκλήθηκαν από σεισμό.

(γ) Η πολυουρεθάνη (PUR) που χρησιμοποιείται για επιστρώσεις αθλητικών γηπέδων.

Χρήσεις των συνθετικών ρητινών είναι:

(α) Χρήση για κατασκευή κυματοειδών πλακών από P.V.C., PMMA (ακρυλικό γυαλί) και GFK (εποξικές ρητίνες ενισχυμένες με υαλονήματα), για κάλυψη ελαφρών κατασκευών (σχήμα 17.7).

(β) Χρήση για κατασκευή διαφανών θόλων διαφόρων διαστάσεων από πολυανθρακικές ρητίνες (PC) και ακρυλικό γυαλί (PMMA).



Σχήμα 17.7 Διαφανή σκέπαστρα



Σχήμα 17.8 Λούκια

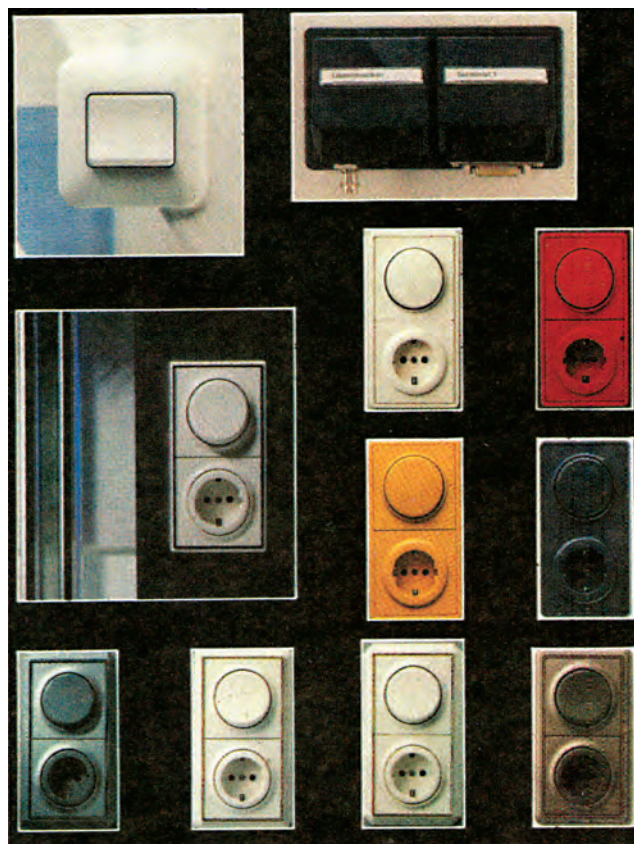


Σχήμα 17.9 Σωλήνες P.V.C.



Σχήμα 17.10 Συνθετικό κούφωμα

- (γ) Για την κατασκευή στοιχείων αποστράγγισης στεγών (λούκια) από P.V.C.
- (δ) Για την παρασκευή πλαστικών κουφωμάτων από P.V.C. που διατίθενται από διάφορα profil (σχήμα 17.10). Για μεγάλα ανοίγματα χρησιμοποιούνται μεταλλικά profil με επένδυση P.V.C.



Σχήμα 17.11 Ηλεκτρικοί διακόπτες

(ε) Για την κατασκευή διακοπών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων από ρητίνες φαινόλης φορμαλδεΰδης ή ουρίας - φορμαλδεΰδης (σχήμα 17.11).

(στ) Για την παρασκευή πλαστικών καναλιών για διέλευση ηλεκτρικών αγωγών.

(ζ) Για την κατασκευή σωλήνων νερού από P.V.C. ή πολυαιθυλάνιο (PE) και σωλήνων αποχέτευσης από πολυπροπυλένιο (PP) και συμπολυμερή (ABS) ή (ASA) του πολυστυρενίου (PS) (σχήμα 17.9).

(η) Για την κατασκευή πλαστικοτύπων για πλάκες τύπου Zollner (σχήμα 17.12).



Σχήμα 17.12 Πλαστικότυποι

17.7. Πλαστικά προστασίας από το νερό (υδατομονωτικά)

Στην μόνωση όλων των έργων από το νερό τα πλαστικά είναι αναντικατάστατα. Έχουν αντικαταστήσει τα ασφαλικά υλικά. Οι σημαντικότερες εφαρμογές τους είναι:

(α) Η προστασία των πρηνών από τις καταστροφές που μπορούν να τους προκαλέσουν οι βροχές (σχήμα 17. 13).

(β) Η στεγανοποίηση των υπογείων χώρων.

(γ) Η στεγανοποίηση πισίνας ή υδατοδεξαμενής.

Η έρευνα συνεχίζεται για ανακάλυψη νέων υλικών και νέων μεθόδων κατασκευής και βελτίωσης των ήδη υπαρχόντων.

Η ιδιότητα των πλαστικών να μην αλλοιώνονται και να μην διασπώνται, έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούν αυτά να ανακυκλωθούν. Η έρευνα έχει επικεντρωθεί στη δημιουργία πλαστικών με διασπώμενους ή ανακυκλούμενους τύπους σε όλες τις κατηγορίες.



Σχήμα 17.13 Προστασία πρηνών με χρήση υδατομονωτικών

17.8. Ποιοτικός έλεγχος

Ο ποιοτικός έλεγχος γίνεται σε εξειδικευμένα εργαστήρια, λόγω του πολυσύνθετου των πολυμερών.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια τα βασικά χαρακτηριστικά των πλαστικών; Από ποιο απ' αυτά πήραν το όνομά τους; Ποιο είναι το μειονέκτημά τους;
2. Ποιοι είναι οι καταλύτες και σε τι χρησιμεύουν στον πολυμερισμό;
3. Ποια είναι τα φυσικά πλαστικά και ποια τα πλαστικά από χημικές ενώσεις; Ποια πλαστικά δεν επηρεάζονται από υψηλές θερμοκρασίες;
4. Αναφέρατε τις κύριες ιδιότητες των πλαστικών και πού χρησιμοποιούνται τα πλαστικά στις κατασκευές.
5. Ποιες είναι οι συνθετικές ρητίνες και πού αυτές χρησιμοποιούνται;
6. Πού χρησιμοποιούνται τα υδρομονωτικά;
7. Πώς γίνεται η ανακύκλωση των πλαστικών;

ΧΡΩΜΑΤΑ - ΒΕΡΝΙΚΙΑ

Η ανάγκη για προστασία
των επιφανειών των δομικών στοιχείων,
λόγοι υγιεινής,
καθώς και η ομορφιά
και η φωτεινότητα στους χώρους του κτηρίου
επέβαλαν τη χρήση των χρωμάτων.
Με τα χρώματα η ζωή στις μεγαλουπόλεις
γίνεται καλύτερη.
Τα χρώματα είναι υγρά
και χρησιμοποιούνται
σε όλες τις επιφάνειες των δομικών υλικών,
με τα οποία έχουν άριστη συμβατότητα.
Τα χρώματα παρασκευάζονται
από χρωστικές ουσίες
και ένα διαλυτικό.

18. ΧΡΩΜΑΤΑ - ΒΕΡΝΙΚΙΑ

Τα **χρώματα** και τα **βερνίκια** ανήκουν σε μια κατηγορία υλικών, που χρησιμοποιούνται σε υγρή κατάσταση για την επικάλυψη των επιφανειών των δομικών στοιχείων (μέταλλα, ξύλα, σκυρόδεμα, σοβάς, φυσικές πέτρες) δημιουργώντας μια λεπτή μεμβράνη πάχους από 0.05 έως 0.5mm.

Οι καιρικές μεταβολές και οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς των έργων. Ο βασικότερος και απλούστερος τρόπος προστασίας αυτών των δομικών στοιχείων είναι η κάλυψη της επιφάνειάς τους με ένα χρώμα ή βερνίκι. Η κάλυψη αυτή μπορεί να προστατέψει το υλικό βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα.

Η προστασία αυτή εξαρτάται από το είδος του χρώματος - βερνικιού που θα χρησιμοποιηθεί, το είδος του υλικού που πρόκειται να προστατευθεί και την έκταση των διαβρωτικών παραγόντων που επικρατούν στην υπό εξέταση περιοχή, που θα εκτελεσθεί το έργο. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται καλύτερη αισθητική ως προς την εμφάνιση των υλικών, εξασφάλιση εύκολου καθαρισμού των επιφανειών τους και καλύτερες συνθήκες υγιεινής (αποφυγή ανάπτυξης βακτηριδίων, μυκήτων κ.ά.).

Για την ικανοποιητικότερη απόδοσή του ένα χρώμα, εκτός από την αντοχή του στις εξωτερικές επιδράσεις (ήλιος, βροχή, αέρας, αλλαγές θερμοκρασίας), πρέπει να έχει ισχυρή πρόσφυση στην επιφάνεια που εφαρμόζεται και σχετική ελαστικότητα, ακολουθώντας τις συστολές και διαστολές του υλικού.



Τα χρώματα είναι γνωστά υλικά από τους προϊστορικούς χρόνους, η δε πηγή τους ήταν χρωστικές ουσίες φυτικής ή ορυκτής προέλευσης. Οι Βαβυλώνιοι, οι Αιγύπτιοι και αργότερα οι Έλληνες και οι Ρωμαίοι έβαφαν το εσωτερικό των κτηρίων για λόγους αισθητικής εμφάνισής του και για λόγους υγιεινής. Χρησιμοποιούσαν υδατοδιαλυτές ουσίες που τις διέλυαν σε νερό.

Κατά τους Βυζαντινούς χρόνους και την Αναγέννηση αναπτύχθηκαν μέθοδοι παρασκευής χρωμάτων και βερνικιών. Η βιομηχανική παραγωγή των χρωμάτων άρχισε τον 18° αιώνα. Η εξέλιξη της έρευνας στον τομέα των πλαστικών έδωσε σημαντική ώθηση στην παρασκευή νέων χρωστικών ουσιών.

Σήμερα με τον όρο **χρώμα** ορίζουμε κάθε υλικό που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση και περιέχει μια ουσία διαλυμένη ή σε διασπορά σε ένα υγρό μέσο. Τα χρώματα είναι γενικά αδιαφανή.

Με τον όρο **βερνίκι** ορίζουμε το υλικό που αποτελείται από ρητινώδη ύλη και είναι διαλυμένη ή βρίσκεται σε διασπορά σε ξηραινόμενο έλαιο.

Τα βερνίκια είναι γενικά διαφανή αφήνοντας να φαίνονται οι λεπτομέρειες της επιφάνειας που καλύπτουν.

18.1. Σύσταση των χρωμάτων - βερνικιών

18.1.1. Χρώματα

Τα δύο βασικά συστατικά ενός χρώματος είναι η **χρωστική ουσία** και ο **φορέας**, δηλαδή η υγρή φάση μέσα στην οποία είναι διασπαρμένη η χρωστική ουσία. Επίσης, το χρώμα μπορεί να περιέχει στη σύνθεσή του μια ποσότητα διαλυτικού, ή στεγνωτικού και μέσα πλήρωσης.

Η χρωστική ουσία μπορεί να είναι είτε σε μορφή αιωρήματος λεπτών κόκκων (<0.05mm) είτε με τη μορφή διαλύματος. Η προέλευσή της μπορεί να είναι φυσική ή συνθετική, οργανική ή ανόργανη.

Το σύνολο των ανόργανων χρωστικών των χρωμάτων έχουν ως φορέα την υδράσβεστο (υδροχρώματα) ή ένα τύπο ελαίου (ελαιοχρώματα) και αποτελούνται από οξείδια ή άλατα μετάλλων. Οι οργανικές χρωστικές (πλαστικά χρώματα) δεν έχουν τη διάρκεια και σταθερότητα των ανόργανων.

Οι ανόργανες χρωστικές χρησιμοποιούνται όπως λαμβάνονται από τη φύση (φυσικές ανόργανες) ή αφού υποβληθούν σε τριβή (τεχνητές ανόργανες).

Στην κατηγορία των φυσικών ανόργανων ανήκουν η ώχρα, η κιμωλία, ο γραφίτης κ.ά. Στα τεχνητά ανόργανα ανήκουν το οξείδιο του μολύβδου, το λευκό του ψευδαργύρου (τσίγκος), το λευκό του μολύβδου (στουπέτσι) κ.ά.

Η πιο γνωστή οργανική χρωστική είναι η αιθάλη (φούμο).

Ώχρα: Άργιλος με περιεκτικότητα >15% σε οξείδιο του σιδήρου. Κίτρινη χρωστική ουσία που χρησιμοποιείται σε υδροχρώματα και χρώματα κόλλας.

Κιμωλία: Ανθρακικό ασβέστιο λευκού χρώματος. Χρησιμοποιείται ως μέσο πλήρωσης.

Γραφίτης: Χρησιμοποιείται κυρίως για παραγωγή αντισκωριακών χρωμάτων.

Λευκό του μολύβδου: Λευκή χρωστική με μεγάλη καλυπτική ικανότητα ανθεκτική στο φως και τα αλκάλια αλλά τοξική. Χρησιμοποιείται για τον χρωματισμό ξύλινων και μεταλλικών επιφανειών.

Λευκό του ψευδαργύρου: Λευκή χρωστική με καλή καλυπτική ικανότητα, ανθεκτική στην ηλιακή ακτινοβολία.

Οξείδιο του μολύβδου: Κόκκινη χρωστική, τοξική. Χρησιμοποιείται για την προστασία μεταλλικών επιφανειών από τη σκουριά.

Αιθάλη: Άνθρακας που λαμβάνεται από ατελή καύση υδρογονανθράκων. Μαύρη χρωστική, ανθεκτική στα οξέα. Χρησιμοποιείται σε όλα τα είδη των χρωμάτων.

Οι **φορείς** αποτελούν το μέσο διασποράς της χρωστικής επιτυγχάνοντας και την πρόσφυση της χρωστικής πάνω στην επιφάνεια εφαρμογής. Οι κυριότεροι φορείς είναι:

(α) Το νερό. Με το νερό παρασκευάζονται υδατοδιαλυτά χρώματα. Η συνδετική ύλη που χρησιμοποιείται είναι οι ανόργανες ουσίες, όπως ο ασβέστης, το τσιμέντο, η υδράσβεστος και η υδρύαλος, και οι οργανικές, όπως οι κόλλες και οι συνθετικές ρητίνες. Σε περίπτωση χρήσης της υδρασβέστου συνίσταται και η χρήση μιας μικρής ποσότητας κόλλας για την υποβοήθηση της συγκόλλησης των κόκκων του ασβέστη μεταξύ τους και με την επιφάνεια εφαρμογής.

(β) Τα έλαια. Τα έλαια χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ελαιοχρωμάτων και βερνικιών. Τα έλαια αυτά είναι ακόρεστα και ξηραίνονται όταν έρθουν σε επαφή με την ατμόσφαιρα. Οι κυριότεροι τύποι ελαίων που χρησιμοποιούνται είναι:

Λινέλαιο: προέρχεται από τους σπόρους του λίνου. Χρησιμοποιείται ευρύτατα για την παρασκευή χρωμάτων και βερνικιών.

Κικινέλαιο: Χρησιμοποιείται για την παρασκευή βερνικιών από κυτταρίνη λόγω της διαλυτότητάς του στην αλκοόλη.

Έλαιο του κινεζόδενδρου: για βερνίκια ταχείας ξήρανσης. Άλλα έλαια χρησιμοποιούνται σε μικρότερη έκταση, όπως έλαια πίσσας, γαϊάνθρακα, το ξυλέλαιο από δέντρο TEAK, το σογιέλαιο κ.ά.

18.2. Διαλυτικά - Μέσα πλήρωσης - Στεγνωτικά

18.2.1. Διαλυτικά

Τα **διαλυτικά** είναι οργανικοί διαλύτες, που χρησιμοποιούνται για να προσδώσουν στα χρώματα και στα βερνίκια την κατάλληλη ρευστότητα και τα οποία εξατμίζονται μετά την εφαρμογή τους στην χρωματιζόμενη επιφάνεια.

Με την κατάλληλη ρευστότητα επιδιώκεται η ευκολία στον χειρισμό του χρώματος, το ζητούμενο πάχος κάθε στρώσης, η εκλογή συγκεκριμένου εργαλείου για τη βαφή και τέλος η δημιουργία της επιθυμητής εμφάνισης της επιφάνειας.

Οι βασικότεροι τύποι είναι το τερεβινθέλαιο (νέφτι) που προέρχεται από την απόσταξη της ρητίνης του πεύκου και ένα ελαφρό κλάσμα του πετρελαίου γνωστό ως white spirit.

18.2.2. Μέσα πλήρωσης

Τα μέσα **πλήρωσης** είναι κατά κανόνα ορυκτά σε σκόνη, όπως ο ασβεστόλιθος, ο βαρυτίνης, η πυριτική άμμος, ο καολίνης, η μίκα που αυξάνουν την καλυπτική ικανότητα των χρωμάτων κάνοντάς τα περισσότερο παχύρρευστα.

18.2.3. Στεγνωτικά

Τα **στεγνωτικά** είναι ουσίες που επιταχύνουν τις αντιδράσεις οξειδωσης και συντελούν στο γρήγορο στέγνωμα των χρωμάτων.

Σήμερα χρησιμοποιούνται ουσίες που είναι αδιάλυτες στο νερό αλλά διαλυτές στα έλαια και στα παράγωγα της πίσσας και του πετρελαίου.

18.2.4. Είδη χρωμάτων και βερνικιών

Τα βερνίκια και τα χρώματα κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την πρώτη ύλη παρασκευής τους. Τα χρώματα παρασκευάζονται στα εργοστάσια σε βασικούς χρωματισμούς και ο τεχνίτης απλώς τα αναμιγνύει για να επιτύχει τον επιθυμητό χρωματισμό καθώς επίσης και την απαιτούμενη ρευστότητα.

- (α) Τα ασβεστοχρώματα, παρασκευάζονται στο εργοτάξιο με μίξη ασβέστου και νερού και εφαρμόζεται πάνω σε φρέσκα επιχρίσματα. Για αύξηση της συγκολλητικής ικανότητας της υδρασβέστου προστίθεται μικρή ποσότητα λινελαίου.
- (β) Τα τσιμεντοχρώματα, μπορούν να παρασκευαστούν στο εργοτάξιο με βασικό συνδετικό υλικό το λευκό τσιμέντο και μικρή ποσότητα ασβέστου. Έχουν εφαρμογή στα εμφανή σκυροδέματα (σχήμα 18.1).
- (γ) Τα χρώματα υδρύαλου, χρησιμοποιούνται σε πορώδεις επιφάνειες, επιχρίσματα ασβέστου, τσιμέντου, τούβλα και ξύλο. Η υδρύαλος αποτελείτο συνδετικό μέσο και αναμιγνύεται με λευκές ή χρωματιστές χρωστικές. Είναι ανθεκτικά σε καιρικές μεταβολές, στα καυσαέρια και στην υγρασία.
- (δ) Τα χρώματα με κόλλα, παρασκευάζονται με μια χρωστική ουσία (κιμωλία) νερό και διάλυμα κόλλας κυτταρίνης. Είναι ανθεκτικά σε τριβές αλλά υδατοδιαλυτά με περιορισμένη διάρκεια ζωής. Δεν χρησιμοποιούνται σε κουζίνες, λουτρά και εξωτερικές επιφάνειες.
- (ε) Τα χρώματα καζεΐνης, παρασκευάζονται από καζεΐνη και νερό με βάση από νάτριο ή αμμωνία. Δεν χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές επιφάνειες.
- (στ) Τα χρώματα διασποράς, ή πολυμερή γαλακτώματα ή πλαστικά χρώματα. Είναι μια κατηγορία που εξελίχθηκε τα τελευταία χρόνια. Σήμερα κυκλοφορούν σε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων και ειδών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πάσης φύσεως επιφάνεια. Τα συνδετικά μέσα των χρωμάτων αυτών έχουν ως βάση συνθετικές ρητίνες και τα χρώματα έχουν μεγάλη αντοχή σε καιρικές μεταβολές.

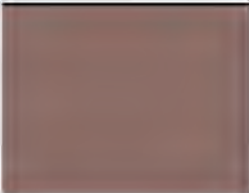
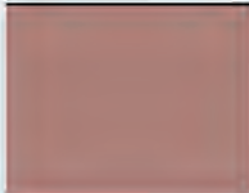
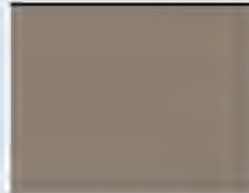
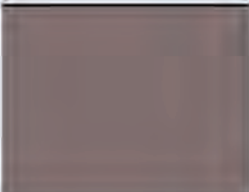
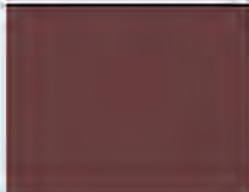
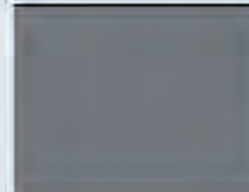
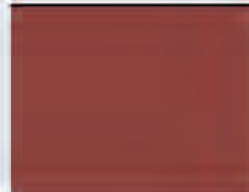
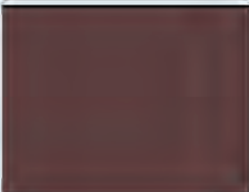
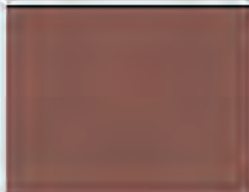
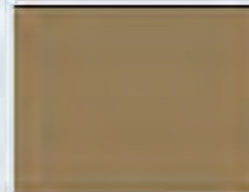
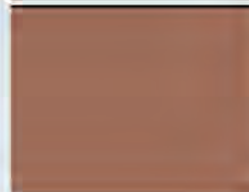
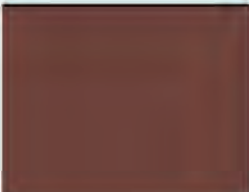
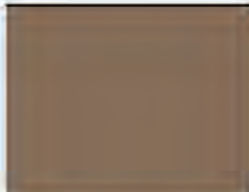
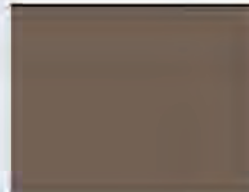
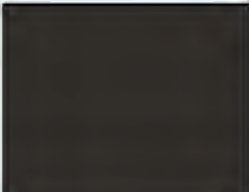
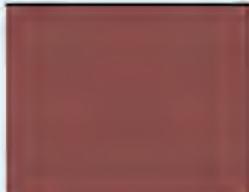
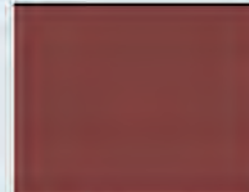
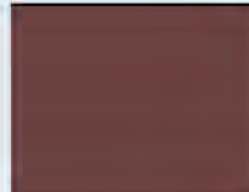
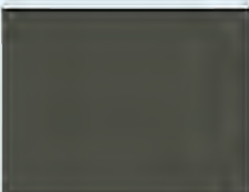
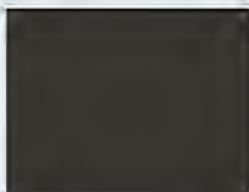
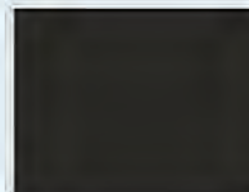
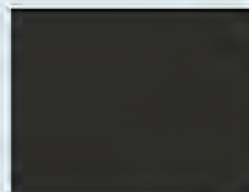
Οι συνθετικές ρητίνες που χρησιμοποιούνται είναι:

- Οξικό πολυβινύλιο
- Πολυστυρένιο
- Ακρυλικές ρητίνες.

Για χρώματα με χρήση σε εσωτερικούς τοίχους έχουν θεσπιστεί συγκεκριμένες προδιαγραφές και μέθοδοι ελέγχου από Γερμανικό Οργανισμό. Σύμφωνα με αυτές το πλαστικό χρώμα χαρακτηρίζεται από την ανθεκτικότητά του σε πλύσιμο, σκούπισμα κ.ά.

- (ζ) Τα ελαιοχρώματα, είναι τα παλαιότερα χρησιμοποιούμενα χρώματα πληρώντας τους βασικούς στόχους των χρωματισμών, την προστασία των δομικών υλικών. Αποτελούνται από ένα ξηραίνόμενο έλαιο (λινέλαιο), μια χρωστική ουσία και κατά περίπτωση διαλυτικές και στεγνωτικές ύλες. Δεν είναι υδατοπερατά, αφού σχηματίζουν μια μεμβράνη με εξαιρετική συνοχή και ευκαμψία.
- (η) Βερνίκια και χρώματα με ρητίνες, παρασκευάζονται από μια συνθετική ρητίνη, λινέλαιο και μια χρωστική. Τα διαφανή βερνίκια χρησιμοποιούνται σε μεγάλη έκταση για αύξηση της αντοχής

ΧΡΩΜΑΤΑ - ΒΕΡΝΙΚΙΑ

			
5130 *Spring Beige	5234 **Summer Beige	0288 **Autumn Beige	6063 *Winter Beige
			
3987 **Porcelain Grey	4821 **Shady Red	1266 *Cool Grey	5238 ***Sunbaked Clay
			
C-29 Dusty Mauve	C-11 Desert Sand	C-20 Limestone	C-25 Sombrero Buff
			
C-26 Antique Cork	C-12 Mesa Beige	C-21 Adobe Tan	C-15 Coachella Sand
			
C-27 Westwood Brown	C-13 Tawny Pink	C-22 Coral Red	C-32 Quarry Red
			
C-31 Shadow Slate	C-14 French Grey	C-24 Charcoal	C-34 Dark Grey

Σχήμα 18.1 Τσιμεντοχρώματα

διαφόρων επιχρώσεων ξύλινων κατασκευών, όπου είναι επιθυμητό να παραμείνουν ορατά τα νερά του ξύλου. Τα έγχρωμα βερνίκια καλούνται σμαλτώματα. Σ' αυτά χρησιμοποιούνται χρωστικές υψηλής ποιότητας σε φορέα από άχρωμα βερνίκια.

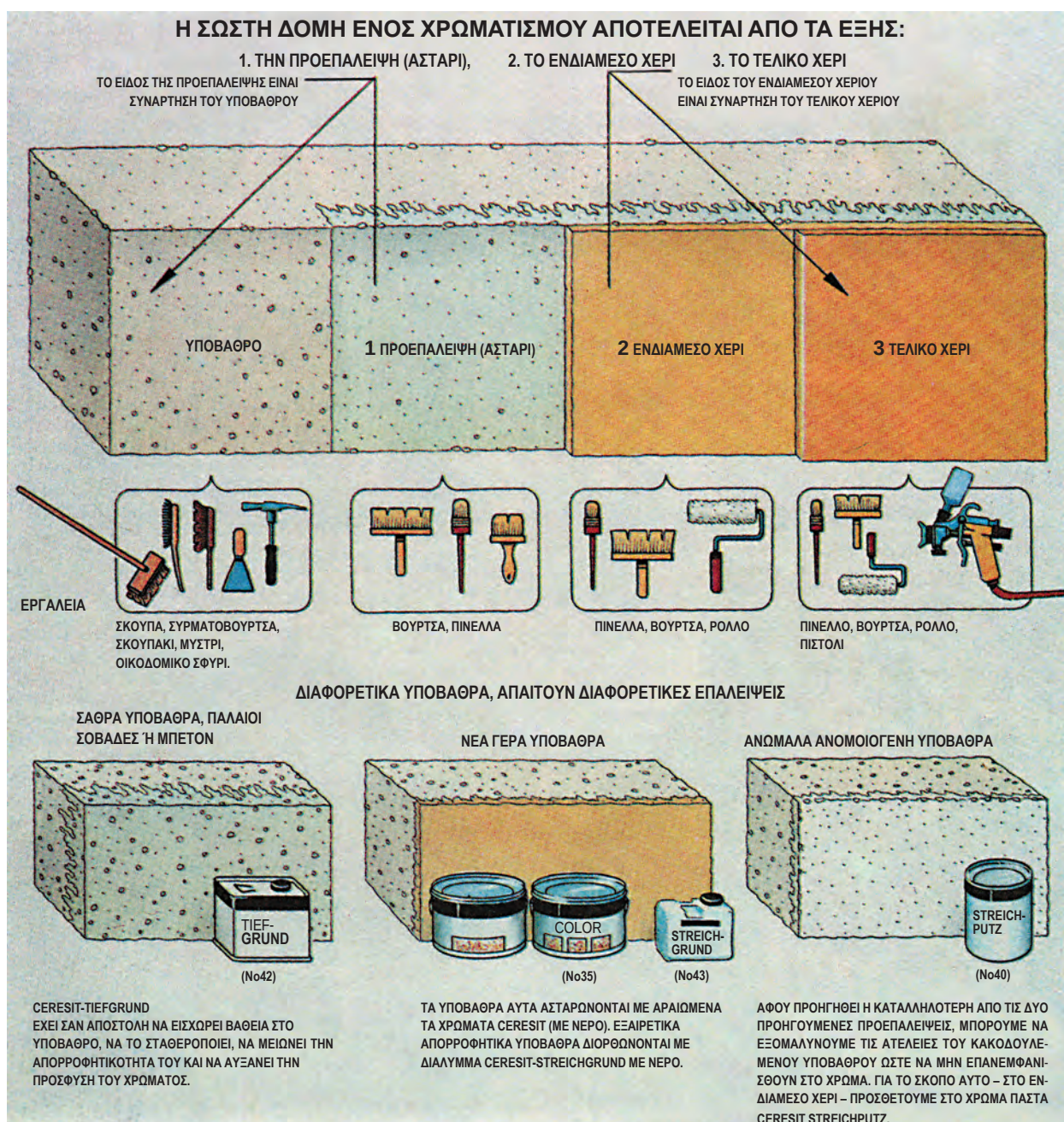
- (θ) Βερνίκια και χρώματα χωρίς έλαια. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χρώματα, βερνίκια και χρώματα αλκοόλης με φυσικές ή συνθετικές ρητίνες και ένα διαλυτικό χωρίς ξηραινόμενα έλαια. Παρουσιάζουν εξαιρετική λάμψη αλλά μειωμένη αντοχή και χρησιμοποιούνται στον χρωματισμό των επίπλων.
- (ι) Τα διαλύματα βινυλικών ρητινών. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη αντοχή σε καιρικές συνθήκες, σε χημικούς και διαλυτικούς παράγοντες και μεγάλη διάρκεια ζωής. Δεν έχουν οσμή και γεύση.
- (κ) Τα διαλύματα συνθετικού και χλωριωμένου ελαστικού, παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις χημικές δράσεις, καιρικές συνθήκες και αλκαλικότητα του περιβάλλοντος. Χρησιμοποιούνται για βαφές υγρών χώρων (πισίνες) με εφαρμογή πολλαπλών στρώσεων.
- (λ) Εποξικές ρητίνες, χρησιμοποιούνται είτε με ξηραινόμενα έλαια είτε με χρήση καταλύτη. Έχουν μεγάλη αντοχή και διάρκεια ζωής και έχουν μεγάλη χρήση ως επιδιορθωτικά σε πολλά δομικά υλικά.
- (μ) Ρητίνες σιλικόνης. Έχουν πυρασφαλή συμπεριφορά (δεν υφίστανται καμιά μεταβολή σε θερμοκρασία άνω των 400°C) και είναι υδρόφοβες. Χρησιμοποιούνται για στεγανές επαλείψεις έργων από σκυρόδεμα, λίθους, οπτόπλινθους κ.ά. χωρίς να επηρεάζεται η εμφάνισή τους λόγω της διαφάνειάς της.
- (ν) Βερνίκια και χρώματα από ασφαλτικά υλικά. Παρασκευάζονται με βάση τα ασφαλτικά υλικά που διαλύονται σε νέφτι ή άλλο διαλυτικό. Έχουν υδατοστεγανότητα με ισχυρή πρόσφυση στο ξύλο και το μέταλλο.

18.3. Ιδιότητες των χρωμάτων

- Απόχρωση
- Ειδικό βάρος
- Χρόνος εφαρμογής
- Θερμοκρασία εφαρμογής
- Θερμοκρασιακή αντοχή (ανάφλεξη)
- Στεγανοποίηση (Υδατοπερατότητα)
- Αντοχή σε παγετό
- Αντοχή σε γήρανση
- Συρρίκνωση
- Αντοχή σε συμπίεση (θλίψη)
- Αντοχή σε κάμψη (εφελκυσμός)
- Αντοχή σε απόσπαση (πρόσφυση)
- Αντοχή σε απόσπαση στο νερό
- Τοξικότητα
- Εύφλεκτο
- Στιλπνότητα

- Μεταβολή όγκου
- Αντοχή σε υπεριώδη ακτινοβολία
- Υδατοαπορρόφηση (7 ημέρες)
- Αντίσταση σε φωτιά
- Σκληρότητα

18.4. Εφαρμογή χρώματος



Σχήμα 18.2 Δομή χρωματισμού

Η προπαρασκευή και η ποιότητα της επιφάνειας πάνω στην οποία εφαρμόζεται το χρώμα έχουν μεγάλη σημασία για την ποιότητα και τη διάρκεια του χρωματισμού. Οι επιφάνειες πρέπει να είναι απαλλαγμένες από μικρορωγμές, ανωμαλίες, λίπη, ακαθαρσίες και υπολείμματα παλαιών χρωματισμών.

Σε περίπτωση χρήσης ελαιοχρωμάτων και βερνικιών οι επιφάνειες πρέπει να είναι ξηρές.

Οι μεταλλικές επιφάνειες καθαρίζονται από τη σκουριά και τα λίπη με χρήση αμμοβολής, συρματοβούτσας, φλόγας ασετυλίνης και αραιά διαλύματα οξέων κατά περίπτωση. Μετά την κατεργασία αυτή, εφαρμόζεται ένα πρώτο στρώμα φωσφορικού άλατος ή άλλης αντισκωριακής σύνθεσης πριν τη χρήση της χρωστικής ουσίας.

Οι ξύλινες επιφάνειες καθαρίζονται με σμυριδόπανο και κάψιμο, οι μικρορωγμές γεμίζονται με στόκο και οι ρόζοι καλύπτονται με γομμαλάκα. Κατόπιν εφαρμόζεται το προκαταρκτικό στρώμα χωρίς την προσθήκη χρωστικής.

Τέλος, στις επιφάνειες επιχρισμάτων και σκυροδέματος η εφαρμογή του χρώματος γίνεται μετά τον καθαρισμό και ορισμένες φορές με χρήση διαλύματος θειϊκού ψευδαργύρου για εξουδετέρωση της αλκαλικής αντίδρασης της ασβέστου.

Η εφαρμογή του χρώματος γίνεται με διάφορες βούρτσες, ρολλούς και ψεκασμό. Ο χρωματισμός με βούρτσα δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα με την οικονομικότερη χρήση του χρώματος αλλά με υψηλότερο κόστος εργασίας (σχήμα 18.2).

18.5. Επιλογή χρώματος - βερνικιών

Η επιλογή του χρώματος - βερνικιών γίνεται για μια εφαρμογή μετά από την συνεκτίμηση παραγόντων, όπως το είδος της επιφάνειας, περιβαλλοντικές συνθήκες, τρόπος εφαρμογής, κόστος υλικού και διάρκεια ζωής του υλικού.

Λόγω της επίδρασης των χρωμάτων στα συναισθήματά μας, η επιλογή των αποχρώσεων των χρωμάτων που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να στοχεύει στη δημιουργία ευχάριστου χρωματικού περιβάλλοντος (αρμονία).

18.6. Βλάβες επίχρωσης

Οι συνηθέστερες βλάβες που εμφανίζονται είναι οι εξής:

- (α) Ρηγμάτωση. Εμφανίζεται όταν η πρώτη στρώση της επίχρωσης δεν είναι πολύ λεπτή. Δημιουργείται λόγω θερμικών μεταβολών και η μεμβράνη δεν μπορεί να ακολουθήσει τις δημιουργούμενες παραμορφώσεις.
- (β) Ξεφλούδισμα. Οφείλεται σε κακή πρόσφυση του χρώματος στην εφαρμοζόμενη επιφάνεια και ανεπαρκή ελαστικότητα της μεμβράνης.
- (γ) Φυσαλίδες. Σχηματίζονται σε υγρές επιφάνειες ή όταν το διαλυτικό κάθε στρώσης δεν έχει εξατμιστεί πλήρως πριν την εφαρμογή της επόμενης στρώσης.
- (δ) Θάμβωμα. Οφείλεται σε χρήση μεγάλης ποσότητας διαλυτικού ή κακής σύνθεσης του βερνικιού.

(ε) Απανθίσεις. Δημιουργούνται από υδατοδιαλυτά άλατα που βρίσκονται στην προς βαφή επιφάνεια.

18.7. Πυροπροστασία και ο ρόλος των χρωμάτων

Πυράντοχα χρώματα είναι αυτά που αντέχουν στην φωτιά. Η πιο συνηθισμένη χρήση τους είναι για βαφή επιφανειών που αν και θερμαίνονται κατά τη λειτουργία τους, για παράδειγμα σε μέρη μηχανών ή σωλήνες καυσαερίων, δεν καίγονται.

Αντίθετα τα χρώματα πυροπροστασίας καίγονται κατά τη διάρκεια της φωτιάς σταματώντας την εξάπλωσή της.

Τα πυράντοχα χρώματα περιέχουν πιγμέντα (pigments) σκόνη ψευδαργύρου, αλουμινίου, νικελίου κ.ά.

Σήμερα στην Ελλάδα για τα διάφορα κτήρια ισχύει ο κανονισμός Πυροπροστασίας, όπως καθορίζεται με το Π.Δ. 71/88 (βασικός κανονισμός).

18.8. Ποιοτικός έλεγχος

Για τον ποιοτικό έλεγχο των πρώτων υλών και την ταυτοποίηση του δείγματος με τον μάρτυρα, χρησιμοποιούμε την φασματογραφία (φάσμα υπερύθρων).

(α) Η καλυπτική ικανότητα εξαρτάται από τον βαθμό λεπτότητας της χρωστικής και από το είδος και την ομοιογένεια της διασποράς. Ο έλεγχος γίνεται με βαφή μιας διάφανης επιφάνειας που φωτίζεται από πίσω και την οπτική εξέταση της ομοιογένειας του στρώματος που σχηματίζεται.

(β) Η ικανότητα ξήρανσης και σκλήρυνσης της μεμβράνης γίνεται με μέτρηση του χρόνου από την στιγμή επάλειψης του χρώματος στην επιφάνεια μέχρι και την σκλήρυνση της μεμβράνης.

(γ) Το ιξώδες και η διαλυτικότητα είναι χαρακτηριστικά που προσδιορίζουν τον τρόπο εφαρμογής του χρώματος (ψεκασμός, πινέλο κ.ά.) Ο έλεγχος γίνεται στο εργαστήριο με μέτρηση σε ειδική συσκευή του χρόνου εκροής μιας ορισμένης ποσότητας υλικού.

(δ) Η πρόσφυση, εξαρτάται από τη φύση του χρώματος ή του βερνικιού και από το είδος του υλικού των στοιχείων στα οποία θα βαφτεί καθώς και από την κατάσταση της επιφάνειάς του (στεγνή, πορώδης, λεία κ.ά.). Ελέγχεται στο εργοτάξιο με επικόλληση ταινίας επί της επιφάνειας του χρώματος και με αποκόλληση αυτής παρακολουθείται η αποκόλληση του χρώματος.

(ε) Ευκαμψία είναι η ικανότητα του χρώματος να παρακολουθεί τις παραμορφώσεις της κάτω επιφάνειας, πάνω στην οποία είναι κολλημένη. Πρακτικά βάφεται μία ράβδος μετάλλου και παρακολουθούμε το χρώμα μετά την κάμψη της.

(στ) Ανακλαστική ικανότητα. Η ικανότητα που έχει ένα χρώμα να ανακλά το φως λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν όταν απαιτείται για λόγους εργονομίας η δημιουργία καλού φωτισμού. Ο συντελεστής ανάκλασης κυμαίνεται πάνω από 65% για το λευκό χρώμα και μόνο 3% για το μαύρο χρώμα.

18.9. Προδιαγραφές - πρότυπα ΕΛΟΤ

- Δειγματοληψία υλικών και χρώματος
- Δοκιμή χάραξης
- Δοκιμή ευκαμψίας
- Δοκιμή κάμψης
- Δοκιμή φαινομένου ξήρανσης - χρόνου
- Δοκιμή αντοχής σε τριβή
- Καθορισμός σημείου ανάφλεξης
- Αντοχή στο νερό - υγρασία
- Αντοχή σε υγρή ατμόσφαιρα που περιέχει CO₂
- Πάχος υμένα
- Προσδιορισμός ιξώδους - χρόνου ροής - πυκνότητας
- Αντοχή στο φως
- Προσδιορισμός δείκτη διάθλασης
- Επίδραση θερμότητας
- Δοκιμή εφαρμογής πάνω σε μεγάλη επιφάνεια
- Οπτική σύγκριση απόχρωσης
- Προσδιορισμός αποχρώσεων
- Μέτρηση της στιλπνότητας
- Αξιολόγηση της συμβατότητας ενός προϊόντος με την επιφάνεια στην οποία θα επιστρωθεί
- Αντοχή σε ψύξη - απόψυξη
- Συνεκτικότητα χρωμάτων
- Δοκιμή αποκόλλησης για τον έλεγχο της πρόσφυσης
- Δοκιμή αντοχής σε καυσαέρια
- Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε μόλυβδο

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Δώστε τον ορισμό του χρώματος και του βερνικιού.
2. Ποια τα βασικά συστατικά του χρώματος και σε ποιες κατηγορίες διαιρούνται αυτά; (Σε κάθε ένα απ' τα συστατικά να αναφερθούν οι κατηγορίες και τα πιο γνωστά συστατικά ανά κατηγορία).
3. Ποια είναι διαλυτικά και ποια τα μέσα πλήρωσης των χρωμάτων; Αναφέρατε τα κυριότερα και σε τι χρησιμοποιούνται;
4. Ποια τα είδη των χρωμάτων και βερνικιών που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικές επιφάνειες δομικών στοιχείων;
5. Αναφέρατε τις ιδιότητες που θα πρέπει να ικανοποιούν τα χρώματα που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικά στοιχεία.
6. Ποιες είναι οι ιδιότητες που πρέπει να έχει το χρώμα που θα χρησιμοποιηθεί σε περιοχή με υψηλή υγρασία ή μέσα στο νερό, ώστε να έχει ικανοποιητικά αποτελέσματα;
7. Ποιες είναι οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι επιφάνειες, που πρόκειται να βαφούν; Ποιες είναι οι προεργασίες που απαιτούνται σ' αυτές;
8. Αναφέρατε συνηθέστερες βλάβες επίχρωσης. Πώς δημιουργούνται αυτές;
9. Τι ονομάζουμε πυράντοχα χρώματα; Τι περιέχουν αυτά και πώς συμπεριφέρονται;
10. Πώς ελέγχουμε στο εργοτάξιο τα χρώματα;

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- «Δομικά υλικά», τόμοι Α΄ & Β΄, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενιδίου, Αθήνα 1995.
- «Τεχνολογία δομικών υλικών», Λεγάκη Α. Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενιδίου, Αθήνα 1997.
- «Τεχνολογία δομικών υλικών», Παπαβούδη Δ., Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα 1998.
- «Δομική Τέχνη Ι», Γεωργιάδου Ζ., Αθήνα 1997.
- «Δομικά υλικά», Τριανταφύλλου Α., Πάτρα 1997.
- «Αντοχή υλικών», Γκρος Γ., Αθήνα 1982.
- «Beton Calender», Εκδόσεις Γκιούρδα 1984.
- «Τεχνολογία σκυροδέματος», Οικονόμου Χ., Β΄ έκδοση 1993.
- «Ειδικά σκυροδέματα», Οικονόμου Χ., Εκδόσεις Φοίβος, 1999.
- «Ανθεκτικότητα οπλισμένου σκυροδέματος», Τάσιος Θ. και Αληγιζάκη Κ., Αθήνα 1993.
- «Αρχιτεκτονική τεχνολογία», Τσινίκας Ν., Β΄ έκδοση, εκδόσεις University Studio Press.
- ACI Manual of concrete Practice, USA, 1996.
- DIN 1045
- «Κανονισμός τιμμένων για έργα από σκυρόδεμα».
- «Κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος», Αθήνα 1997.
- ΕΛΟΤ EN ISO 9001, 1994.
- «Κανονισμός για την μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα», Αθήνα 1991.
- «Concrete Masonry Handbook», Portland cement association:
- «Concrete admixtures Handbook», Ramachenden V., USA.
- «Διατάξεις ελέγχου ποιότητας», Βουδικλάρης Ο., Μαρσέλλος Ν., έκδοση Ε.Ε. Ερευνών και Σκυροδέματος.
- «Το έτοιμο σκυρόδεμα», Λίτινας Ν., Εισήγηση συνεδρίου Τ.Ε.Ε., 1985.
- «Χρήση Η/Υ στην παραγωγή ετοιμού σκυροδέματος», Λίτινας Ν., Εισήγηση συνεδρίου Τ.Ε.Ε., 1994.
- «Προδιαγραφές και μέθοδοι ελέγχου για τα αδρανή υλικά σκυροδέματος και οδοποιίας», Λίτινας Ν., Ημερίδα Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών, Αχαΐα 1998.
- «Πρώτη ενημέρωση για το σχέδιο Ευρωπαϊκού Κανονισμού για την κατασκευή έργων από σκυρόδεμα και αντίστοιχοι Ελληνικοί Κανονισμοί», Λίτινας Ν., Ημερίδα Τ.Ε.Ε., 1999.

ΑΡΘΡΑ

Περιοδικό ΚΤΙΡΙΟ

- «Επιχρίσματα - βαφές», ειδικό τεύχος, 1998.
- «Κουφώματα», ειδικό τεύχος, 1999.
- «Ξύλινα δάπεδα», ειδικό τεύχος, 1998.
- «Κουφώματα», Εφαρμογές '98, σελ. 171.
- «Ψευδοροφές», Εφαρμογές '98, σελ. 89.
- «Μόνωση», Εφαρμογές '98, σελ. 127.
- «Θερμομονωτικά τούβλα», τεύχος 31, σελ. 35.
- «Προκατασκευή δομικών στοιχείων από σκυρόδεμα», τεύχος 32, σελ. 31.

«Βιομηχανικά δάπεδα σκυροδέματος», τεύχος 45, σελ. 47.
«Μεταλλικές κατασκευές από χάλυβα: το υλικό, οι συνδέσεις, οι σύγχρονες τάσεις», τεύχος 83, σελ. 64.
«Διακοσμητικές Βαφές», Τσιώρα Δήμητρα, τεύχος 104 σελ. 73.
«Τσιμεντόλιθοι», Ευσταθιάδη Μ., τεύχος 105 σελ. 35.
«Ξύλινα δάπεδα σε υπαίθριους χώρους», Οικονομάκη Έφη, τεύχος 107, σελ. 57.
«Σύνθετα κουφώματα ξύλου - αλουμινίου», Τσιώρα Δήμητρα, τεύχος 110, σελ. 83.
«Χαλύβδινες κατασκευές στα κτίρια», Τριανταφύλλου Κατερίνα, τεύχος 111, σελ. 55.
«Ελαφρά χωρίσματα με γυψοσανίδα», Τσιώρα Δήμητρα, τεύχος 111, σελ. 63.
«Διάβρωση σιδηρού οπλισμού και ανοξειδωτος χάλυβας», Μαυροειδή Παναγιώτα, τεύχος 112, σελ. 49.
«Επενδύσεις και επιστρώσεις με φυσικές πέτρες», Τσιώρα Δήμητρα, τεύχος 115, σελ. 63.
«Προκατασκευασμένες πλάκες σκυροδέματος», Τριανταφύλλου Κατερίνα, τεύχος 116, σελ. 51.
«Επισκευή με χρήση ρητινών στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος με βλάβες από σεισμό»,
Καραγιάννης Χ. Γ., Χαλιόρης Κ., Επιστημονική έκδοση Γ΄ 98.
«Ενίσχυση σκυροδέματος με ράβδους από σύνθετα υλικά», Κώνστα - Γδούτου Μ., Σιδερής Κ. Κ.,
Επιστημονική έκδοση Β΄ 98.

Δελτίο Συλλόγου Πολιτικών Μηχανικών:

«Ξύλινες κατασκευές , παθολογία και συντήρηση», Τουλιάτος Π.
«Το αλουμίνιο ως υλικό κατασκευής κουφωμάτων», Φωκάς Α.
«Υλικά και κατασκευές θερμομόνωσης», Κουμούσης Β.
«Πυροπροστασία και ο ρόλος των χρωμάτων», Ρουχωτάς Σ.
«Ποιότητα και πιστοποίηση δομικών προϊόντων», Τζεκάκης Ε.

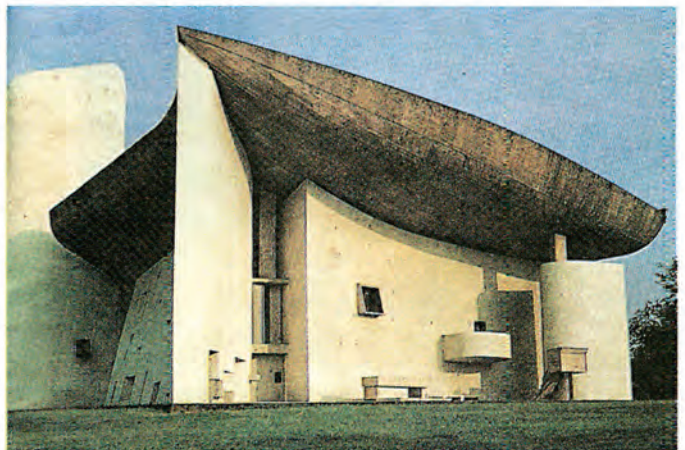
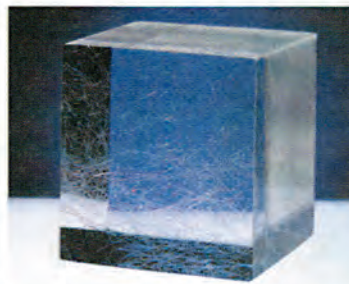
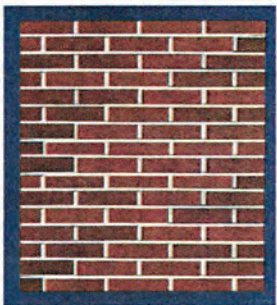
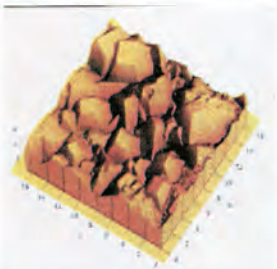
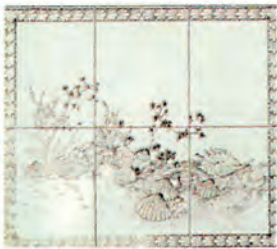
Εργοταξιακά θέματα

«Το ελαφρό σκυρόδεμα», Κόπαλλα Λ.
«Ασφαλτικές μεμβράνες», Cozzi C.
«Γυάλινες προσόψεις - Εξωτερικές επενδύσεις», Mangerotte A.

Βιοτεχνικά θέματα

Το ελληνικό μάρμαρο
Κουφώματα αλουμινίου

Περιοδικά Τιτάνες



Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0131
ISBN 978-960-06-2913-2

